



Type Certificate

Applicant: REFU Elektronik GmbH
Address: Marktstraße 185, 72793 Pfullingen, Germany

Type of power generating unit	Grid-tied photovoltaic and battery inverter with connection box		REFUsoI / REFUstor (for details see <i>Supplement of certificate</i> on p.2)	
	Max. apparent power:		88 kVA ¹⁾	
Technical data:	Nominal output AC voltage:		400 V ¹⁾	
	Nominal frequency:		50 Hz	
Technical data determined by measurements:	Max. active power $P_{E_{max}}$ / Max. active power peak P_{600}		(for details see <i>Supplement of certificate</i> on p.2)	
	Firmware version:		310-01-06-35-S	
Validated type model:	Model file:		REFU_TG4.zip	
	Identification number (MD5):		582445af419417efa64b7a376de86b36	

Grid connection regulation: VDE-AR-N 4110:2018-11 – Technical requirements for the connection and operation of customer installations to the medium voltage network (TCR medium voltage) [1]

Pertinent standards / Guidelines: Technical guidelines:
FGW TR 3 Rev. 25 [2], FGW TR 4 Rev. 09 [3], FGW TR 8 Rev. 09 [4]

The power generating units, stated in the certificate, were tested and certified according to the technical guidelines referenced to the grid connection regulation. The electrical characteristics fulfil the requirements of the grid connection regulation with deviations:

- Quasi-steady-state operation
- Dynamic network stability (reactive current characteristic according to TCR medium voltage)
- Active power output and network security management
- Protection technology and protection settings on generating unit level
- Power quality

The manufacturer has provided proof of certification of the quality management system of his production facility in accordance with ISO 9001

Restrictions, deviations or notes on usage: see *Supplement of Certificate* on p.3.

¹⁾ For details see *Supplement of Certificate* on p.2.

The certificate includes the following information:

- technical data of the power generating unit, the auxiliary equipment used and the software version used;
- schematic structure of the power generating units;
- summarized information on the properties of the power generating unit.

The certificate is comprised of 103 pages (including Annex of 99 pages).

BV project number : 18TH0270
Certificate no. : U22-0514
Issued : 2022-08-30

Certification scheme : NSOP-0032-DEU-ZE-V01
Valid until : 2027-06-01

Certification body

Alf ASSENKAMP



Certification body of Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH accredited according to DIN EN ISO/IEC 17065

A partial representation of the certificate requires the written approval of Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH



**BUREAU
VERITAS**

Supplement of Certificate (U22-0514)

Type of power generating unit:

Technical data:

Technical data determined by measurements:

Firmware version:

Grid-tied photovoltaic inverter	REFUsoI 100K 880P100
Nominal active output power:	88 kW ²⁾
Max. apparent power:	88 kVA ²⁾
Nominal output AC voltage:	400 V ²⁾ Voltage range 200V ³⁾ – 400V
Nominal frequency:	50 Hz
Max. active power $P_{E_{max}}$ / Max. active power peak P_{600} ⁴⁾ :	1,01 p.u. / 89,245 kW ⁴⁾
Firmware version:	310-01-06-35-S

Type of power generating unit:

Technical data:

Firmware version:

Grid-tied battery inverter	REFUstor 88K 420P088	REFUstor 100K 421P100	REFUstor 50K 421P050 /REFUstor 50K 420P050
Nominal active output power:	88 kW ²⁾	88 kW ²⁾	50 kW
Max. apparent power:	88 kVA ²⁾	88 kVA ²⁾	50 kVA
Nominal output AC voltage:	400 V ²⁾ Voltage range 200V ³⁾ – 400V	400 V ²⁾ Voltage range 200V ³⁾ – 400V	400 V Voltage range 200V ³⁾ – 400V (420P050) 200V ³⁾ – 400V (421P050)
Nominal frequency:	50 Hz		
Firmware version:	310-01-06-35-S		

- ¹⁾ The family behaviour is certified for a nominal output AC voltage up to 400V, L-L and a corresponding nominal power as stated. Inverters within the family are able to operate at voltages up to 480V, L-L and a corresponding maximum active /apparent power of 100kW /100kVA.
- ²⁾ The type behaviour is certified up to a nominal output AC voltage of 400V, L-L and a corresponding nominal power as stated. The inverter is able to operate at voltages up 480V and a corresponding maximum active /apparent power of 100kW /100kVA.
- ³⁾ The minimum certified nominal output AC voltage is 200V, L-L.
The minimum nominal output AC voltage at which the inverter is able to operate is 180V, L-L.
- ⁴⁾ The $P_{E_{max}}$ is the highest 10-min mean of the active power of a power generating unit defined according to VDE-AR-N 4110:2018 [1]. The P_{600} is the maximum active power peak of the overall system (averaging period 10 min) defined according to FGW TR 3 Rev. 25 [2].
The stated values on the front page of this certificate were determined according to test 4.1.1, FGW TR 3 Rev. 25 [2].
The active power results of the REFUsoI 88K 880P100 can be applied to the REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 and REFUstor 50K 421P050/REFUstor 50K(scaled by $P_{n, \text{not measured}} / P_{n, \text{REFUsoI (88K 880P100)}}$).

The certificate is comprised of 103 pages (including Annex of 99 pages).

BV project number : 18TH0270
Certificate no. : U22-0514
Issued : 2022-08-30

Certification scheme : NSOP-0032-DEU-ZE-V01
Valid until : 2027-06-01

Certification body

Alf ASSENKAMP



Certification body of Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH accredited according to DIN EN ISO/IEC 17065

A partial representation of the certificate requires the written approval of Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH



Restrictions, deviations or notes on usage:

- Only one interface for specifying active power is implemented on the PGU. Separate specifying active power by grid operators and direct sellers is not possible. Prioritization of different setpoints must be carried out on the plant level e.g. in the superimposed PGS controller.
- In order to achieve a gradient of active power increase / decrease rate of 0,33 % PrE/s, the respective parameter must be set to a value that is greater than 0,33 % PrE/s.
- The functionality *active power adjustment as a function of frequency* is not implemented on the grid-tied battery inverters. This function needs to be implemented on the plant control level.
The functionality *active power adjustment as a function of overfrequency* is implemented in the grid-tied photovoltaic inverter REFUSol. The functionality *active power adjustment as a function of underfrequency* must be implemented on the plant control level.
- The PGUs in the series do not provide test terminals for on-site testing. For necessary on-site testing, a separate test terminal must be installed additionally.
- The Q(U) characteristic settable in the inverter must be shifted by -3%P_n in order to get the actual Q(U) characteristic.
- The PGUs in the series provide the control functions of Q(P) control and Q with voltage limitation function but these were not tested according to TG3 Rev. 25. These functions must be implemented on the PGS controller level if required on the plant level.

The certificate is comprised of 103 pages (including Annex of 99 pages).

BV project number : 18TH0270
Certificate no. : U22-0514
Issued : 2022-08-30

Certification scheme : NSOP-0032-DEU-ZE-V01
Valid until : 2027-06-01



Certification body

Alf ASSENKAMP



Certification body of Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH accredited according to DIN EN ISO/IEC 17065

A partial representation of the certificate requires the written approval of Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH

Description of the revisions of certificate U22-0514

Rev. 0	First issue
Rev. 1	General Changes: • <i>Firmware version</i> updated. • <i>Simulation model</i> updated. • <i>Restrictions, deviations and notes on usage</i> updated. Changes in the certificate annexes: • <i>Annex 1 – Guidelines, test reports and documents</i> ◦ Reference [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [14], [15] and [16] updated. • <i>Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)</i> updated. • <i>Annex 3 – Extract from the test report</i> updated. • <i>Annex 4 – Validated simulation model</i> updated. • <i>Annex 5 – Certification-relevant parameters</i> updated.

Annexes included in certificate U22-0514

No.	Contents	Page
1	Annex 1 – Guidelines, test reports and documents	2
2	Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)	4
2.1	Technical data of the power generating unit (Manufacturer's data)	4
2.2	Description of the power generating unit	9
2.3	Description of software version and interfaces	14
3	Annex 3 – Extract from the test report	17
3.1	Power quality	17
3.2	Active power	42
3.3	Reactive power	47
3.4	Protection system (on PGU level)	57
3.5	Self-protection	61
3.6	Quasi-static operation	62
3.7	Fault ride through capability	63
3.8	Short-circuit current contributions	64
4	Annex 4 – Validated simulation model	74
4.1	General information about the simulation model [7]:	74
4.2	Description of the PGU simulation model [7]:	76
4.3	Model parameters [7]	79
4.4	Model application guide [7]	87
4.5	Scope of the validation and plausibility tests [7]	89
4.6	Results of Validating simulation models (PGU) [7]	90
5	Annex 5 – Certification-relevant parameters	92

1. Annex 1 – Guidelines, test reports and documents

This certificate is based on following guidelines, test reports and documents:

Reference	Guidelines
[1]	Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung), VDE-AR-N 4110:2018-11 / <i>Technical requirements for the connection and operation of customer installations to the medium voltage network (TCR medium voltage), VDE-AR-N 4110:2018-11</i>
[2]	Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und –anlagen TEIL 3 (TR3), Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz, Revision 25, Stand 01.09.2018 / <i>Technical Guidelines for Power Generating Units and Systems PART 3 (TG3), Determination of the Electrical Characteristics of Power Generating Units and Systems, Storage Systems as well for their Components in Medium-, High- and Extra-High Voltage Grids, Revision 25, Dated 01/09/2018</i>
[3]	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 09, Stand 01.02.2019 / <i>Technical Guidelines for Power Generating Units and Systems PART 4 (TG4), Demands on Modelling and Validating Simulation Models of the Electrical Characteristics of Power Generating Units and Systems, Storage Systems as well as their Components, Revision 09, Dated 01/02/2019</i>
[4]	Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten, -anlagen und Speicher sowie für deren Komponenten TEIL 8 (TR8), Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Stromnetz, Revision 09, Stand 01.02.2019 / <i>Technical Guidelines for for Power Generating Units, Systems and Storage Systems as well as for their Components PART 8 (TG8), Determination of the Electrical Characteristics of Power Generating Units and Systems, Storage Systems as well for their Components in Medium-, High- and Extra-High Voltage Grids, Revision 09, Dated 01/02/2019</i>
[5]	Kurzschlussströme in Drehstromnetzen Teil 0: Berechnung der Ströme, DIN EN 60909-0 (VDE 0102):2016-12 / <i>Short-circuit currents in three-phase a.c. systems Part 0: Calculation of currents (IEC 60909-0:2016)</i>

Reference	Test reports
[6]	18TH0270_TR3_1 TG3 test report according to FGW TG3 Rev.25, issued by Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH on 18. Aug. 2022
[7]	18TH0270_TR4_1 TG4 test report according to FGW TG4 Rev.09, issued by Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH on 16. Aug. 2022
[8]	18TH0270_TR8_1 TG8 evaluation report according to FGW TG8 Rev.09, issued by Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH on 19. Aug.2022
[9]	18TH0270_TR3_0_excerpt-part_1_1 Extract from the TG3 test report, issued by Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH on 18. Aug. 2022
[10]	18TH0270_TR3_0_excerpt-part_2_1 Extract from the TG3 test report, issued by Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH on 18. Aug. 2022
[11]	18TH0270_TR3_0_excerpt-part_3_1 Extract from the TG3 test report, issued by Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH on 18. Aug. 2022

1. Annex 1 – Guidelines, test reports and documents

The compliance to the grid connection regulation of the power generating units is shown by the results in the test report (18TH0270_TR3_1) which includes all type tests stated in the certificate. The type tests were conducted by Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH.

The compliance to the grid connection regulation of the simulation models is verified by the validation report (18TH0270_TR4_1). The simulations were conducted by Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH.

The summary of the grid connection regulation compliant certification of the units

- REFUsol 100K 880P100
- REFUstor 88K 420P088
- REFUstor 100K 421P100
- REFUstor 50K 421P050
- REFUstor 50K 420P050

is stated in the certification report (18TH0270_TR8_1).

Reference	Certification-relevant documents provided by manufacturer
[12]	Manufacturer's certificate on specific data of a Photovoltaic Converter, dated 18. Aug. 2022: F.0_xxx_xxx_TR3_Manufacturer certificate_880P100_V04 Manufacturer's certificate on specific data of a Photovoltaic Converter, dated 18. Aug. 2022: F.0_xxx_xxx_TR3_Manufacturer certificate_42xPxxx_V04
[13]	Manufacturer's declaration on type testing, dated 23. May 2022: F.1_xxx_xxx_Declaration of manufacturer on type testing_V03
[14]	Parameter list, V6.0, dated 18. Aug 2022: F.2_REFUsol_REFUstor_TR3_Parameter list_V06
[15]	Manufacturer's declaration for compliance to technical requirements of the VDE-AR-N 4110:2018-11, dated 17. Aug. 2022: F.4_42x_880_Declaration of manufacturer_V07
[16]	P_Q_Tabellen_880P_420P_421P_graph_2022-08-18_für BV_v08

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

2.1. Technical data of the power generating unit (Manufacturer's data)

The manufacturer of the PV-Converter confirms that the PV-Converter whose power quality is measured and depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to its technical data

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten eines Photovoltaik-Wechselrichters vom Typ
880P100.020 (REFUsol 100K)

Manufacturer's certificate on specific data of a Photovoltaic Converter of the type
880P100.020 (REFUsol 100K)

Datum / Date: 2022-08-18

Seite/Page 5/6

1	Allgemeines und Ausgangsgrößen	General and Output values
1	Hersteller REFU Elektronik GmbH	manufacturer
2	Typenbezeichnung 880P100.020	type name
3	Einspeisung (einphasig/dreiphasig) 3 ~	no. of phases (single-phase/three-phase)
4	Nennscheinleistung 88	kVA rated apparent power
5	Nennwirkleistung 88	kW rated active power
6	AC-Nennspannung 400	V rated AC-voltage
7	AC-Nennfrequenz 50/60	Hz rated frequency
8	Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom (I _p nach IEC 60909-0) 0.128	kA contribution to initial short circuit current (I _p according to IEC 60909-0)
2	DC Eingangsgrößen	DC Input
1	Min. MPP-Spannung 585	V min. MPP voltage
2	Max. MPP-Spannung 1000	V max. MPP voltage
3	Max. PV-Eingangsspannung 1100	V max. DC input voltage
4	Max. PV-Eingangsstrom 155	A max. DC input current
5	Max. Modulleistung -	kW _p max. peak power
3	Wechselrichter-Leistungsteil	Converter-Power section
1	Hersteller REFU Elektronik GmbH	manufacturer
2	Typenbezeichnung 880P100.020	type name
3	Nennscheinleistung 88 (400 V)	kVA rated apparent power
4	Art (HF/NF-Trafo, trafolos) trafolos	generic type (HF/LF-transformer, without)
5	Taktfrequenz 24	kHz pulse rate of inverter
6	Art der Leistungsregelung (MPPT) MPPT	generic type of power control (MPPT)
7	Software-Version 310-01-06-35-S	software version
4	Sonstige elektrische Komponenten	Other electric components
1	Art der Netzkopplung -	generic type of interconnection
2	- Hersteller -	- manufacturer
3	- Typenbezeichnung -	- type
4	Netzschutz integriert (Ja/Nein) JA	integrated grid protection (Yes/No)
5	Netzschutzhersteller REFU Elektronik GmbH	grid protection manufacturer
6	- Typenbezeichnung -	- type
7	Typenbezeichnung der Abschalteneinheit (angesteuert vom Netzschutz) -	circuit breaker type controlled by the grid protection
8	Oberschwingungsfilter (ja/nein) yes	harmonic filter (yes/no)
5	Typenprüfung	Type test
1	Prüfbehörde -	testing authority
2	Aktenzeichen -	reference
3	Seriennummer des Wechselrichters -	serial number of converter

Anschrift des Herstellers
Address of manufacturer

REFU Elektronik GmbH
Marktstr. 185
D - 72793 Pfullingen

Stempel, Datum, Unterschrift
stamp, date, signature

Der Hersteller des PV-Wechselrichters bestätigt, dass der PV-Wechselrichter, dessen elektrischen Eigenschaften in den Prüfberichten abgebildet sind, hinsichtlich seiner technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten eines Photovoltaik-Wechselrichters vom Typ 421P100.010 (REFUstor 100K)			
Manufacturer's certificate on specific data of a Photovoltaic Converter of the type 421P100.010 (REFUstor 100K)			
Datum / Date: 2022-08-18			Seite/Page 1/6
1	Allgemeines und Ausgangsgrößen	General and Output values	
1	Hersteller REFU Storage Systems GmbH	manufacturer	
2	Typenbezeichnung 421P100.010	type name	
3	Einspeisung (einphasig/dreiphasig) 3 ~	no. of phases (single-phase/three-phase)	
4	Nennscheinleistung 88	kVA rated apparent power	
5	Nennwirkleistung 88	kW rated active power	
6	AC-Nennspannung 400	V rated AC-voltage	
7	AC-Nennfrequenz 50/60	Hz rated frequency	
8	Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom (I _p nach IEC 60909-0) 0.128	kA contribution to initial short circuit current (I _p according to IEC 60909-0)	
2	DC Eingangsgrößen	DC Input	
1	Min. MPP-Spannung 585	V min. MPP voltage	
2	Max. MPP-Spannung 900	V max. MPP voltage	
3	Max. PV-Eingangsspannung 1000	V max. DC input voltage	
4	Max. PV-Eingangsstrom 153	A max. DC input current	
5	Max. Modulleistung -	kW _p max. peak power	
3	Wechselrichter-Leistungsteil	Converter-Power section	
1	Hersteller REFU Storage Systems GmbH	manufacturer	
2	Typenbezeichnung 421P100.010	type name	
3	Nennscheinleistung 88	kVA rated apparent power	
4	Art (HF/NF-Trafo, trafolos) trafolos	generic type (HF/LF-transformer, without)	
5	Taktfrequenz 24	kHz pulse rate of inverter	
6	Art der Leistungsregelung (MPPT) - (battery inv.)	generic type of power control (MPPT)	
7	Software-Version 310-01-06-35-S	software version	
4	Sonstige elektrische Komponenten	Other electric components	
1	Art der Netzkopplung -	generic type of interconnection	
2	- Hersteller -	- manufacturer	
3	- Typenbezeichnung -	- type	
4	Netzschutz integriert (Ja/Nein) JA	integrated grid protection (Yes/No)	
5	Netzschutzhersteller REFU Storage Systems GmbH	grid protection manufacturer	
6	- Typenbezeichnung -	- type	
7	Typenbezeichnung der Abschalteinheit (angesteuert vom Netzschutz) -	circuit breaker type controlled by the grid protection	
8	Oberschwingungsfilter (ja/nein) yes	harmonic filter (yes/no)	
5	Typenprüfung	Type test	
1	Prüfbehörde -	testing authority	
2	Aktenzeichen -	reference	
3	Seriennummer des Wechselrichters -	serial number of converter	

Anschrift des Herstellers
Address of manufacturer

REFU Storage Systems GmbH
Marktstr. 185
72793 Pfullingen

Stempel, Datum, Unterschrift
stamp, date, signature

Der Hersteller des PV-Wechselrichters bestätigt, dass der PV-Wechselrichter, dessen elektrischen Eigenschaften in den Prüfberichten abgebildet sind, hinsichtlich seiner technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.

The manufacturer of the PV-Converter confirms that the PV-Converter whose power quality is measured and depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to its technical data

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten eines Photovoltaik-Wechselrichters vom Typ 421P050.010 (REFUstor 50K) Manufacturer's certificate on specific data of a Photovoltaic Converter of the type 421P050.020 (REFUstor 50K)			
Datum / Date: 2022-08-18			Seite/Page 2/6
1 Allgemeines und Ausgangsgrößen		General and Output values	
1	Hersteller	REFU Storage Systems GmbH	manufacturer
2	Typenbezeichnung	421P050.010	type name
3	Einspeisung (einphasig/dreiphasig)	3 ~	no. of phases (single-phase/three-phase)
4	Nennscheinleistung	50	kVA rated apparent power
5	Nennwirkleistung	50	kW rated active power
6	AC-Nennspannung	400	V rated AC-voltage
7	AC-Nennfrequenz	50/60	Hz rated frequency
8	Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom (ip nach IEC 60909-0)	0.128	kA contribution to initial short circuit current (ip according to IEC 60909-0)
2 DC Eingangsgrößen		DC Input	
1	Min. MPP-Spannung	555	V min. MPP voltage
2	Max. MPP-Spannung	900	V max. MPP voltage
3	Max. PV-Eingangsspannung	1000	V max. DC input voltage
4	Max. PV-Eingangsstrom	155	A max. DC input current
5	Max. Modulleistung	-	kWp max. peak power
3 Wechselrichter-Leistungsteil		Converter-Power section	
1	Hersteller	REFU Storage Systems GmbH	manufacturer
2	Typenbezeichnung	421P050.010	type name
3	Nennscheinleistung	50	kVA rated apparent power
4	Art (HF/NF-Trafo, trafolos)	trafolos	generic type (HF/LF-transformer, without)
5	Taktfrequenz	24	kHz pulse rate of inverter
6	Art der Leistungsregelung (MPPT)	- (battery inv.)	generic type of power control (MPPT)
7	Software-Version	310-01-06-35-S	software version
4 Sonstige elektrische Komponenten		Other electric components	
1	Art der Netzkopplung	-	generic type of interconnection
2	- Hersteller	-	- manufacturer
3	- Typenbezeichnung	-	- type
4	Netzschutz integriert (Ja/Nein)	JA	integrated grid protection (Yes/No)
5	Netzschutzhersteller	REFU Storage Systems GmbH	grid protection manufacturer
6	- Typenbezeichnung	-	- type
7	Typenbezeichnung der Abschalteneinheit (angesteuert vom Netzschutz)	-	circuit breaker type controlled by the grid protection
8	Oberschwingungsfilter (ja/nein)	yes	harmonic filter (yes/no)
5 Typenprüfung		Type test	
1	Prüfbehörde		testing authority
2	Aktenzeichen		reference
3	Seriennummer des Wechselrichters		serial number of converter

Anschrift des Herstellers
Address of manufacturer

REFU Storage Systems GmbH
Marktstr. 185
72793 Pfullingen

Stempel, Datum, Unterschrift
stamp, date, signature

Der Hersteller des PV-Wechselrichters bestätigt, dass der PV-Wechselrichter, dessen elektrischen Eigenschaften in den Prüfberichten abgebildet sind, hinsichtlich seiner technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.

The manufacturer of the PV-Converter confirms that the PV-Converter whose power quality is measured and depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to its technical data

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten eines Photovoltaik-Wechselrichters vom Typ 420P050.020 (REFUstor 50K)			
Manufacturer's certificate on specific data of a Photovoltaic Converter of the type 420P050.020 (REFUstor 50K)			
Datum / Date: 2022-08-18			
			Seite/Pag 3/6
1 Allgemeines und Ausgangsgrößen		General and Output values	
1 Hersteller	REFU Storage Systems GmbH	manufacturer	
2 Typenbezeichnung	420P050.020	type name	
3 Einspeisung (einphasig/dreiphasig)	3 ~	no. of phases (single-phase/three-phase)	
4 Nennscheinleistung	50	kVA	rated apparent power
5 Nennwirkleistung	50	kW	rated active power
6 AC-Nennspannung	400	V	rated AC-voltage
7 AC-Nennfrequenz	50/60	Hz	rated frequency
8 Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom (I _p nach IEC 60909-0)	0.128	kA	contribution to initial short circuit current (I _p according to IEC 60909-0)
2 DC Eingangsgrößen		DC Input	
1 Min. MPP-Spannung	555	V	min. MPP voltage
2 Max. MPP-Spannung	900	V	max. MPP voltage
3 Max. PV-Eingangsspannung	1000	V	max. DC input voltage
4 Max. PV-Eingangsstrom	155	A	max. DC input current
5 Max. Modulleistung	-	kW _p	max. peak power
3 Wechselrichter-Leistungsteil		Converter-Power section	
1 Hersteller	REFU Storage Systems GmbH	manufacturer	
2 Typenbezeichnung	420P050.020	type name	
3 Nennscheinleistung	50	kVA	rated apparent power
4 Art (HF/NF-Trafo, trafolos)	trafolos	generic type (HF/LF-transformer, without)	
5 Taktfrequenz	24	kHz	pulse rate of inverter
6 Art der Leistungsregelung (MPPT)	- (battery inv.)	generic type of power control (MPPT)	
7 Software-Version	310-01-06-35-S	software version	
4 Sonstige elektrische Komponenten		Other electric components	
1 Art der Netzkopplung	-	generic type of interconnection	
2 - Hersteller	-	- manufacturer	
3 - Typenbezeichnung	-	- type	
4 Netzschutz integriert (Ja/Nein)	JA	integrated grid protection (Yes/No)	
5 Netzschutzhersteller	REFU Storage Systems GmbH	grid protection manufacturer	
6 - Typenbezeichnung	-	- type	
7 Typenbezeichnung der Abschalteinheit (angesteuert vom Netzschutz)	-	circuit breaker type controlled by the grid protection	
8 Oberschwingungsfilter (ja/nein)	yes	harmonic filter (yes/no)	
5 Typenprüfung		Type test	
1 Prüfbehörde		testing authority	
2 Aktenzeichen		reference	
3 Seriennummer des Wechselrichters		serial number of converter	

Anschrift des Herstellers
Address of manufacturer

REFU Storage Systems GmbH
Marktstr. 185
72793 Pfülfingen

Stempel, Datum, Unterschrift
stamp, date, signature

Der Hersteller des PV-Wechselrichters bestätigt, dass der PV-Wechselrichter, dessen elektrischen Eigenschaften in den Prüfberichten abgebildet sind, hinsichtlich seiner technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

The manufacturer of the PV-Converter confirms that the PV-Converter whose power quality is measured and depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to its technical data		
Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten eines Photovoltaik-Wechselrichters vom Typ 420P088.020 (REFUstor 88K)		
Manufacturer's certificate on specific data of a Photovoltaic Converter of the type 420P088.020 (REFUstor 88K)		
Datum / Date: 2022-08-18		Seite/Page 4/6
1 Allgemeines und Ausgangsgrößen		General and Output values
1 Hersteller	REFU Storage Systems GmbH	manufacturer
2 Typenbezeichnung	420P088.020	type name
3 Einspeisung (einphasig/dreiphasig)	3 ~	no. of phases (single-phase/three-phase)
4 Nennscheinleistung	88	kVA rated apparent power
5 Nennwirkleistung	88	kW rated active power
6 AC-Nennspannung	400	V rated AC-voltage
7 AC-Nennfrequenz	50/60	Hz rated frequency
8 Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom (I _p nach IEC 60909-0)	0.128	kA contribution to initial short circuit current (I _p according to IEC 60909-0)
2 DC Eingangsgrößen		DC Input
1 Min. MPP-Spannung	858	V min. MPP voltage
2 Max. MPP-Spannung	900	V max. MPP voltage
3 Max. PV-Eingangsspannung	1000	V max. DC input voltage
4 Max. PV-Eingangsstrom	153	A max. DC input current
5 Max. Modulleistung	-	kW _p max. peak power
3 Wechselrichter-Leistungsteil		Converter-Power section
1 Hersteller	REFU Storage Systems GmbH	manufacturer
2 Typenbezeichnung	420P088.020	type name
3 Nennscheinleistung	88	kVA rated apparent power
4 Art (HF/NF-Trafo, trafolos)	trafolos	generic type (HF/LF-transformer, without)
5 Taktfrequenz	24	kHz pulse rate of inverter
6 Art der Leistungsregelung (MPPT)	- (battery inv.)	generic type of power control (MPPT)
7 Software-Version	310-01-06-35-S	software version
4 Sonstige elektrische Komponenten		Other electric components
1 Art der Netzkopplung	-	generic type of interconnection
2 - Hersteller	-	- manufacturer
3 - Typenbezeichnung	-	- type
4 Netzschutz integriert (Ja/Nein)	JA	integrated grid protection (Yes/No)
5 Netzschutzhersteller	REFU Storage Systems GmbH	grid protection manufacturer
6 - Typenbezeichnung	-	- type
7 Typenbezeichnung der Abschalteinheit (angesteuert vom Netzschutz)	-	circuit breaker type controlled by the grid protection
8 Oberschwingungsfilter (ja/nein)	yes	harmonic filter (yes/no)
5 Typenprüfung		Type test
1 Prüfbehörde		testing authority
2 Aktenzeichen		reference
3 Seriennummer des Wechselrichters		serial number of converter

Anschrift des Herstellers REFU Storage Systems GmbH
Address of manufacturer Marktstr. 185
72793 Pfullingen

Stempel, Datum, Unterschrift
stamp, date, signature

Der Hersteller des PV-Wechselrichters bestätigt, dass der PV-Wechselrichter, dessen elektrischen Eigenschaften in den Prüfberichten abgebildet sind, hinsichtlich seiner technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.

Figure 1 – Manufacturer's certificate on specific data from [12]

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

2.2. Description of the power generating unit

Description of the power circuit (Figure 2, Figure 3 & Figure 4)

The Solar converter converts DC voltage into AC voltage.

The input and output are protected by SPDs to earth. The unit is providing EMC filtering at the PV input and output towards mains. The unit does not provide galvanic separation from input to output (transformerless). The output is switched off redundantly by the high power switching bridge and two relays in series. This assures that the opening of the output circuit will also operate in case of a single error.

The REFUsol 100K 880P100 is a bidirectional photovoltaic inverter. The REFUstor xxK 420P0xx is identical in hardware and uses a same software to act as a bidirectional battery inverter that is used to connect a battery instead of photovoltaics.

Power electronic inverter for injection of direct current generated by means of photovoltaic panels into the public AC grid or storage system with power electronic converter for feeding power generated by battery modules into the public AC grid (discharging operation mode, PGU) or draw energy from the public AC grid to charge the battery (charging operation mode, Load).

The battery- and solar inverters convert DC current into AC current.

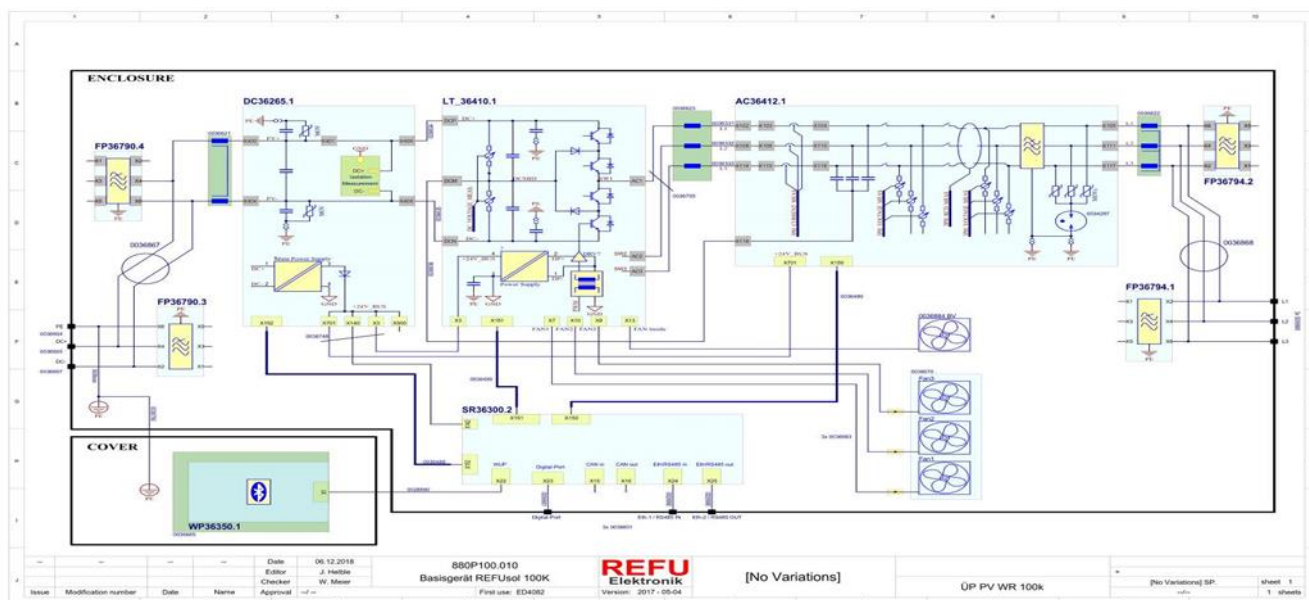


Figure 2 – Block diagram of the PV Inverter

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

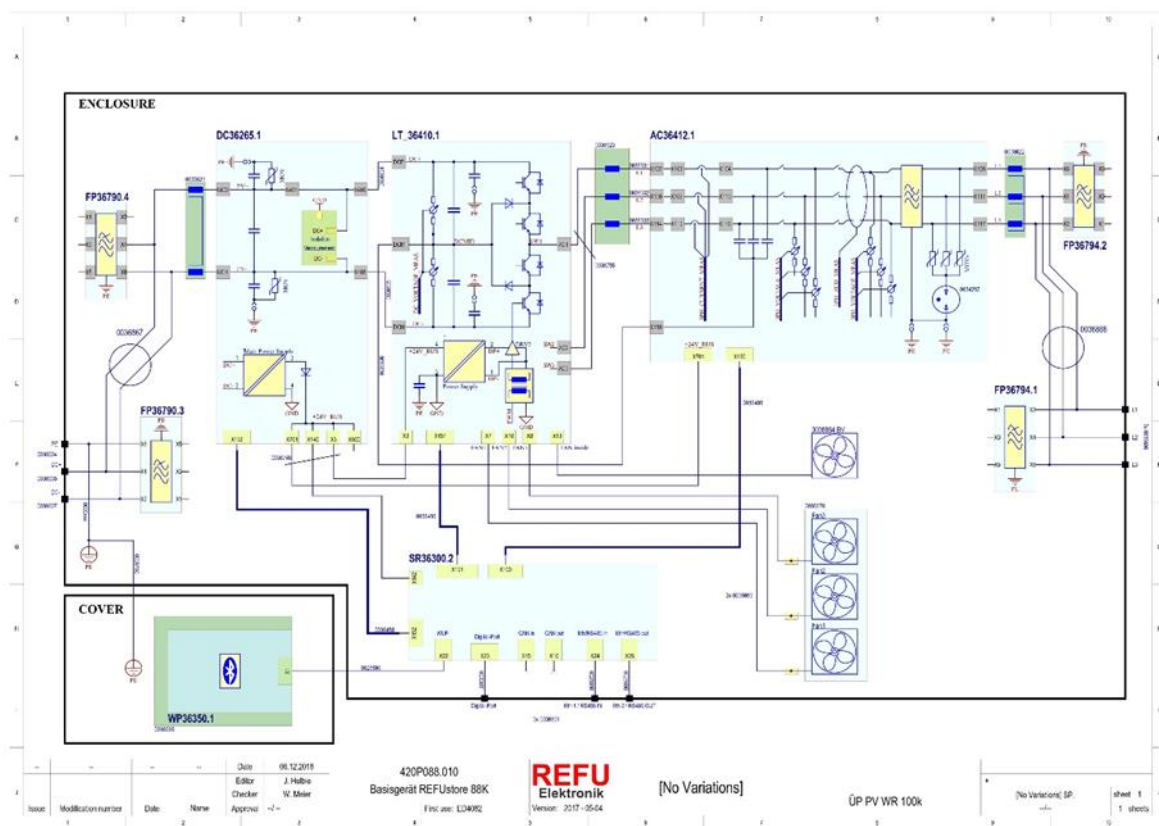


Figure 3 – Block diagram of the battery inverter

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

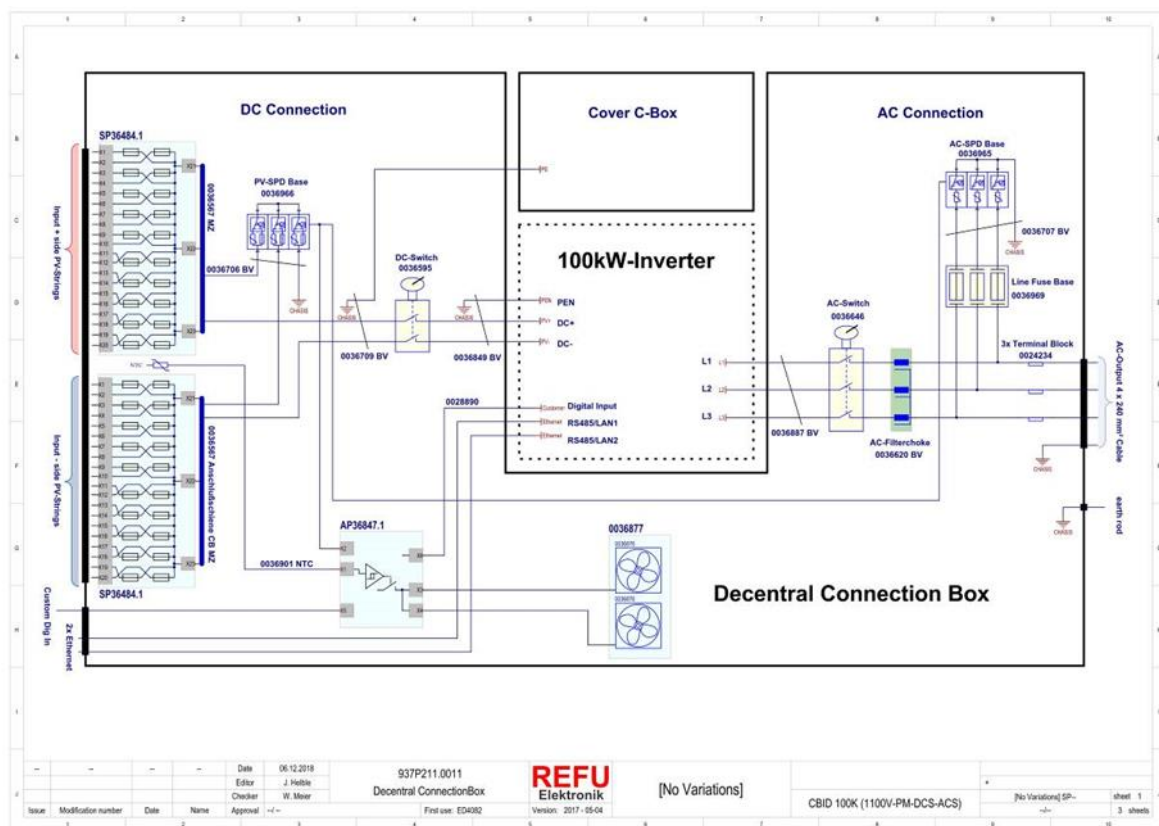
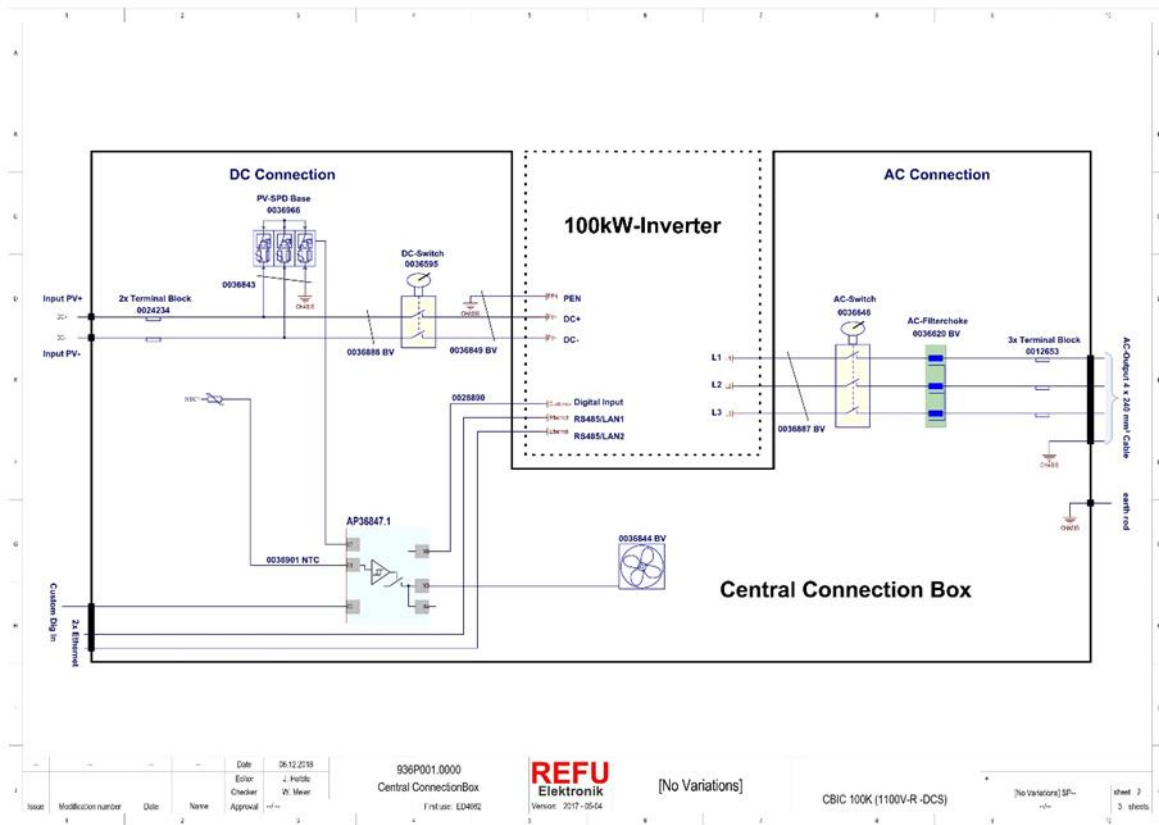


Figure 4 – Block diagram Connection boxes

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

Description of the differences of the models within a series:

The REFUSol 100K 880P100 is a photovoltaic inverter. The REFUstor 88K 420P088 uses a same software and firmware version to act as a bidirectional battery inverter that is used to connect a battery instead of photovoltaics.

The hardware difference between REFUSol 880P100 and REFUstor 421P100 is:

421P100 has additional a.c. line from a.c. board to d.c board (additional auxiliary grid voltage supply)

two d.c precharge relays and different variants, one with pre - charging for 421P100 (DC37000.1) and one without precharging (DC37000.2) for 420P088 and 880P100

Equipped with DC precharge relays: REFUstor 100K (421P100) and REFUstor 50K (421P050).

Without DC precharge relays: REFUSol 100K (880P100) / REFUstor 88K (420P088) / REFUstor 50K (420P050).

For the REFUSol 100K (880P100) there is a Central Connection Box (CBIC 100K (936P001.xxxx)) and a Decentral Connection Box (CBID 100K (937P221.xxxx)). The PV strings can be connected directly in the decentral Connection Box. A DC combiner box is required for the centralized connection box.

For the REFUstor units, there is a Battery Connection Box (CBBS 88K (940P300.0000)).

Description of a typical installation (Figure 5) (Manufacturer's data):

The REFUSol unit is usually connected to a PV system on the DC side. The AC side is connected to the available mains supply.

The REFUstor unit is usually connected to a battery system on the DC side. The AC side is connected to the available mains supply.

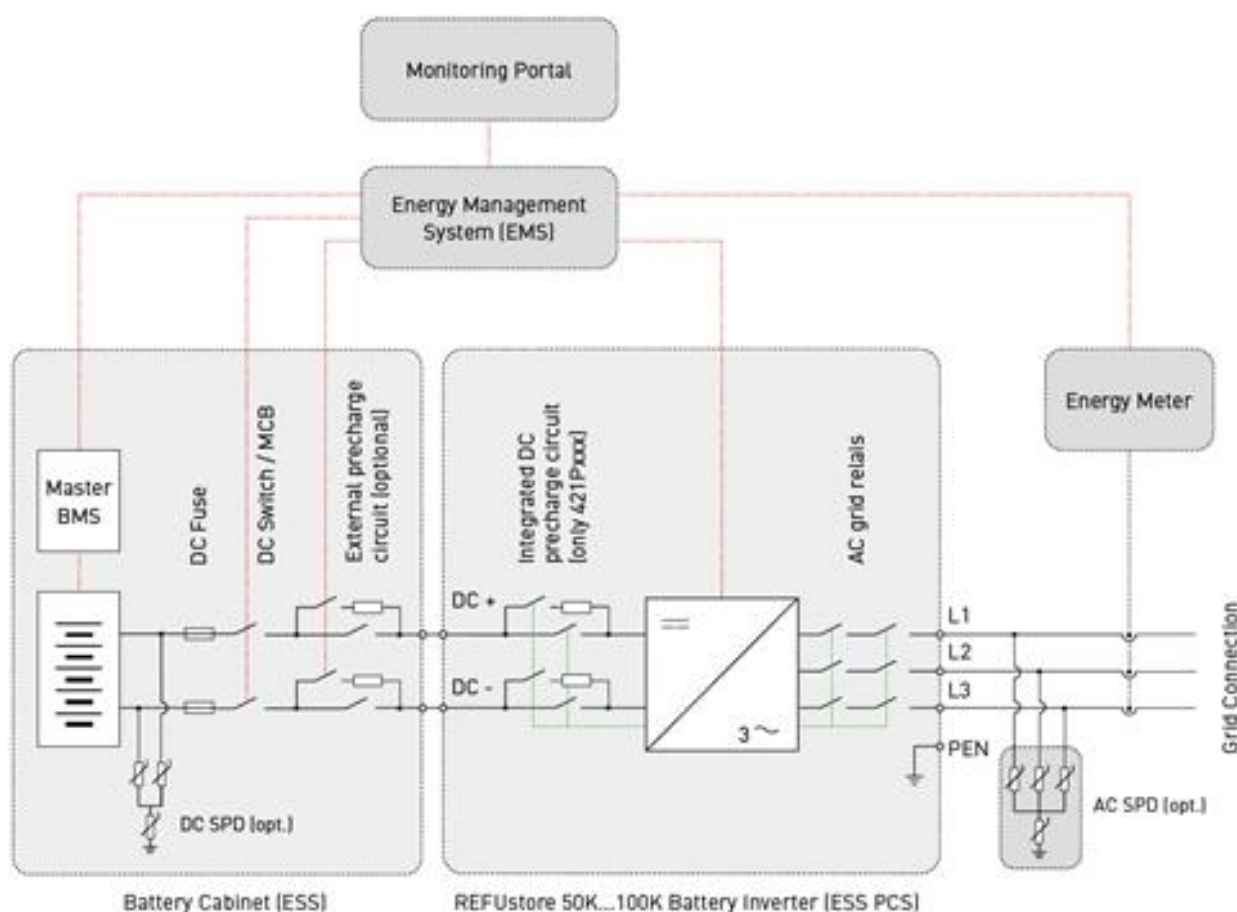


Figure 5 – Scheme of an installation

Description of the connection to the remote-control receiver (Manufacturer's data):

The ripple control receiver is connected to an external data acquisition device via a digital input.

The corresponding conversion of the power setpoint can be specified via the logical linking of the registers.

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

2.3. Description of software version and interfaces

Following is the software and firmware version used for the TG3 testing [14]:

4. Main Components of the regulating system	
Main components of the control system with firmware and software	
Main component(s) of the control system (Hardware on which the control software is operated)	SR36300.2
Firmware version (clear identification of the firmware)	310-01-06-35-S.zip
☐ The parameters can be read out using the following software.	
Name:	REFUvis
Version:	1.8.0.23

Figure 6 – Software and firmware version used for the TG3 testing from [14]

Note:

All models are using the same firmware. The parameterization is dependent on the several types, all within one firmware. The Software to change the parameters is called REFUset.

if not specified otherwise, the following applies:

(Any updates have influence on the verified AC electrical behaviour of the PGU need to be informed and approved by Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH.)

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

Following are the interfaces provided on the PGU level for active and reactive power setting, and behaviour of the PGU in the event of a communication failure with the PGS controller [15]:

Die Arten der Sollwertvorgabe und Schnittstellen zur Regelung der Blindleistungsbereitstellung sind dokumentiert. Angabe der Q-Übergangsfunktion über eine Sprungantwort für die Schnittstellen/Sollwert-Kombinationen. / <i>The types of setpoint value specifications and interfaces for control of the reactive power provision are documented.</i> <i>The types of setpoint value specifications and interfaces for control of the reactive power provision are documented.</i>	The following interfaces (RS485, Ethernet) and corresponding software tools (REFUset for all interfaces,) or PGS controllers (REFUcontrol) are available for setting / controlling active and reactive power. There are no differences regarding the setpoint accuracy and settling / response times between the interfaces / software tools: Hereby, the pick up of a new setpoint of Q and cosφ is guaranteed within 10 s. The pick up of a new setpoint of P is guaranteed within 1 s.
Im Falle einer Kommunikationsstörung zum EZA Regler können EZE mit einem vorgegebenen Wert bzw. Verfahren betrieben werden. / <i>In the event the communication with the PGS controller is disturbed, PGU can be operated with a predefined value or process.</i>	The Power limitation setpoint P1162.0 can be changed to a preset value (P1216.0) in case of a communication error. The Q-setpoint values will be kept in case of a communication loss. When the heartbeat control is activated, the unit will switch off in case of a communication error. (P1770.0-1773.0)

Herstellererklärung zur Einhaltung der technischen Anforderungen der VDE-AR-N 4110:2018-11 / VDE-AR-N 4120:2018-11
Manufacturer's declaration for compliance to technical requirements of the VDE-AR-N 4110:2018-11 / VDE-AR-N 4120:2018-11
Datum / Date: 2022-08-17



Anforderung / Requirement	Erklärung / Declaration
4. Wirkleistung / Active power Angabe zu Schnittstellen zur Wirkleistungsvorgabe (Netzbetreiber, Direktvermarkter) getrennt umgesetzt sowie konzeptionell überprüft, ob niedrigster Wirkleistungswert übernommen wird (auch bei sich zeitlich überschneidenden Vorgaben). / <i>Details of interfaces for specifying active power (grid operator, direct seller) implemented separately as well as the concept checked to make sure lowest active power value is accepted (even if specifications overlap in time).</i> Sind Schnittstellen zur Wirkleistungsvorgabe (Netzbetreiber, Direktvermarkter) getrennt umgesetzt? Ob niedrigster Wirkleistungswert übernommen wird (auch bei sich zeitlich überschneidenden Vorgaben)? / <i>If interfaces for specifying active power (grid operator, direct seller) implemented separately? If lowest active power value is accepted (even if specifications overlap in time).</i>	There are no separate interfaces for specifying active power by the grid operator and the direct seller For the use of this control, the PGU plant controller or the energy management controller, respectively, has to be used. Generally is the P-derating function with the lowest P-setpoint prioritised. There are no separate interfaces for specifying active power by the grid operator and the direct seller For the use of this control, the PGU plant controller or the energy management controller, respectively, has to be used. Generally the P-derating function with the lowest P-setpoint will be prioritised.

Figure 7 – Interfaces provided on the PGU level for active and reactive power setting from [15]

2. Annex 2 – Technical characteristics of the power generating unit (Manufacturer's data)

In the event the communication with the PGS controller is disturbed, the PGU will check continuously if further command receives from the PGS controller, if not it will provide active and reactive power according to the predefined parameters through the function of *Communication disconnection fail-safe* (see parameters 102 – 107 in Annex 5):

Im Falle einer Kommunikationsstörung zum EZA Regler können EZE mit einem vorgegebenen Wert bzw. Verfahren betrieben werden. / <i>In the event the communication with the PGS controller is disturbed, PGU can be operated with a predefined value or process.</i>	The Power limitation setpoint P1162.0 can be changed to a <u>preset</u> value (P1216.0) in case of a communication error. The Q-setpoint values will be kept in case of a communication loss. When the heartbeat control is activated, the unit will switch off in case of a communication error. (P1770.0-1773.0)
---	---

Figure 8 – Behaviour of the PGU in the event of a communication failure with the PGS controller [15]

3. Annex 3 – Extract from the test report

3.1. Power quality



Page 9 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3 Power quality characteristics / Netrückwirkungen				
4.3.2 Switching operations / Schalthandlungen				
Case of switching operation / Art der Schalthandlung	Start-up at $P_{\text{available}} < 10\%P_n$ / Einschalten bei $P_{\text{verfügbar}} < 10\%P_n$			
Max. number of switching operations / Max. Anzahl Schalthandlungen, N_{10} (Manufacturer's data / Herstellerangabe)	20			
Max. number of switching operations / Max. Anzahl Schalthandlungen, N_{120} (Manufacturer's data / Herstellerangabe)	240			
Grid impedance angle / Netzimpedanzwinkel, ψ_k	30°	50°	70°	85°
Flicker step factor / Flickerformfaktor, $k_f(\psi_k)$	0,03	0,03	0,03	0,03
Voltage change factor / Spannungsänderungsfaktor, $k_u(\psi_k)$	0,34	0,33	0,30	0,28
Case of switching operation / Art der Schalthandlung	Start-up at $P_{\text{available}} = 100\%P_n$ / Einschalten bei $P_{\text{verfügbar}} = 100\%P_n$			
Max. number of switching operations / Max. Anzahl Schalthandlungen, N_{10} (Manufacturer's data / Herstellerangabe)	20			
Max. number of switching operations / Max. Anzahl Schalthandlungen, N_{120} (Manufacturer's data / Herstellerangabe)	240			
Grid impedance angle / Netzimpedanzwinkel, ψ_k	30°	50°	70°	85°
Flicker step factor / Flickerformfaktor, $k_f(\psi_k)$	0,06	0,05	0,04	0,03
Voltage change factor / Spannungsänderungsfaktor, $k_u(\psi_k)$	1,19	1,02	0,75	0,51
Case of switching operation / Art der Schalthandlung	Service disconnection at rated power / Serviceabschaltung bei Nennleistung			
Max. number of switching operations / Max. Anzahl Schalthandlungen, N_{10} (Manufacturer's data / Herstellerangabe)	1			

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 10 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3 Power quality characteristics / Netrückwirkungen

Max. number of switching operations / <i>Max. Anzahl Schalthandlungen</i> , N_{120} (Manufacturer's data / <i>Herstellerangabe</i>)	12			
Grid impedance angle / <i>Netzimpedanzwinkel</i> , ψ_k	30°	50°	70°	85°
Flicker step factor / <i>Flickerformfaktor</i> , $k_f(\psi_k)$	0,90	0,72	0,47	0,25
Voltage change factor / <i>Spannungsänderungsfaktor</i> , $k_u(\psi_k)$	1,17	0,98	0,71	0,49

Note / Anmerkung:

The tests were conducted on the REFUsol 100K 880P100. /

Die Prüfungen wurden am REFUsol 100K 880P100 durchgeführt.

$S_{k, fid}/S_n$ in the fictitious grid was set to / *Das Kurzschlussverhältnis im fiktiven Netz wurde gesetzt zu: 20*

For the same SCR $S_{k, fid}/S_n$ in the fictitious grid, the flicker step and voltage change factors of the REFUsol 100K 880P100 can be applied to REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 directly and for REFUstor 50K 421P050 / REFUstor 50K 420P050 scaled (by the factor

$P_{max, notmeasure} / P_{max, REFUsol 100K 880P100}$).

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 12 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3.3 Flicker												
REFUso1 100K 880P100 @ 50% with connection box @ 400V												
P in %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Max
Netzimpedanzwinkel/ Network impedance phase angle ψ_k	Flicker coefficient / Flickerkoeffizient, $c(\psi_k)$											
30	0,23	0,25	0,25	0,28	0,45	0,6	0,87	0,69	2,45	2,01	2,17	2,45
50	0,25	0,29	0,25	0,29	0,42	0,59	0,82	0,74	1,96	1,62	1,73	1,96
70	0,29	0,32	0,26	0,3	0,38	0,58	0,79	0,78	1,39	1,18	1,19	1,39
85	0,3	0,33	0,26	0,31	0,38	0,58	0,79	0,81	1,13	0,97	0,91	1,13
REFUso1 100K 880P100 @ 180V with connection Box												
P in %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Max
Netzimpedanzwinkel/ Network impedance phase angle ψ_k	Flicker coefficient / Flickerkoeffizient, $c(\psi_k)$											
30	0,33	0,32	0,57	0,86	1,15	1,11	1,52	1,60	1,60	1,35	1,24	1,60
50	0,38	0,39	0,83	1,26	1,71	1,65	2,29	2,38	2,43	2,02	1,74	2,43
70	0,43	0,45	1,00	1,52	2,09	2,02	2,82	2,93	3,05	2,49	2,09	3,05
85	0,46	0,47	1,06	1,61	2,23	2,17	3,02	3,16	3,31	2,67	2,20	3,31
REFUstore 88K 420P088 @ 400V with connection Box												
P in %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Max
Netzimpedanzwinkel/ Network impedance phase angle ψ_k	Flicker coefficient / Flickerkoeffizient, $c(\psi_k)$											
30	0,23	0,24	0,26	0,31	0,55	0,71	1,01	0,77	2,44	1,92	2,07	2,44
50	0,23	0,26	0,25	0,30	0,48	0,65	0,89	0,74	1,96	1,57	1,67	1,96
70	0,25	0,28	0,24	0,29	0,41	0,58	0,77	0,71	1,38	1,13	1,18	1,38
85	0,26	0,28	0,25	0,29	0,38	0,54	0,72	0,69	1,07	0,92	0,90	1,07
REFUstore 88K 420P088 @ 180V with connection Box												
P in %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Max
Netzimpedanzwinkel/ Network impedance phase angle ψ_k	Flicker coefficient / Flickerkoeffizient, $c(\psi_k)$											
30	0,38	0,43	0,46	0,69	1,11	1,30	1,12	1,53	1,58	1,99	2,43	2,43
50	0,50	0,57	0,63	1,04	1,61	1,96	1,57	2,21	2,18	2,65	3,50	3,50
70	0,60	0,68	0,75	1,28	1,93	2,42	1,87	2,68	2,60	3,14	4,23	4,23
85	0,63	0,72	0,79	1,37	2,07	2,61	1,97	2,85	2,75	3,29	4,48	4,48

Note / Anmerkung:

$S_{k,flc}/S_n$ in the fictitious grid was set to / Das Kurzschlussverhältnis im fiktiven Netz wurde gesetzt zu: 20

The flicker coefficient, $c(\psi_k)$ results of the REFUso1 100K 880P100 can be applied to REFUstore 88K 420P088, REFUstore 100K 421P100 directly and for REFUstore 50K 421P050 / REFUstore 50K 420P050 scaled (by the factor $P_{max, notmeasured} / P_{max, REFUso1 100K 880P100}$).

The flicker coefficient, $c(\psi_k)$ for one inverter model operated at 400V AC can be transferred to the same inverter model operated at a different AC voltage by the factor $P_{max, V notmeasured} / P_{max, 400V}$

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 13 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3.4 Harmonics / Oberschwingungen												
REFUso1 100K 880P100 @ 180V with connection Box												
P/P _n [%]	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
Order / Ordnung	I _n [%I _{ref}] [I _{ref} = 128,3A]											
2	0,05	0,15	0,17	0,18	0,20	0,20	0,20	0,22	0,21	0,23	0,06	0,23
3	0,05	0,09	0,08	0,06	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07	0,10	0,11	0,11
4	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,04	0,07
5	0,57	1,27	1,59	1,59	1,51	1,42	1,34	1,23	1,12	1,03	1,04	1,59
6	0,05	0,10	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,02	0,10
7	0,62	0,75	1,13	1,18	1,14	1,08	1,05	0,97	0,86	0,78	0,82	1,18
8	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05
9	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05
10	0,04	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
11	0,69	0,69	0,70	0,82	0,81	0,80	0,77	0,73	0,66	0,62	0,61	0,82
12	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
13	0,61	0,78	0,62	0,71	0,72	0,70	0,71	0,68	0,61	0,55	0,58	0,78
14	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04
15	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,06
16	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
17	0,52	0,75	0,56	0,59	0,61	0,60	0,60	0,58	0,54	0,52	0,52	0,75
18	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
19	0,63	0,68	0,54	0,53	0,54	0,54	0,54	0,53	0,49	0,47	0,48	0,68
20	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03
21	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
22	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
23	0,34	0,53	0,51	0,42	0,43	0,43	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,53
24	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
25	0,39	0,43	0,43	0,35	0,35	0,35	0,37	0,38	0,37	0,38	0,39	0,43
26	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
27	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
28	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
29	0,16	0,27	0,28	0,20	0,21	0,22	0,24	0,26	0,30	0,31	0,31	0,31
30	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
31	0,22	0,22	0,20	0,14	0,14	0,14	0,16	0,19	0,21	0,23	0,23	0,23
32	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
33	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04
34	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
35	0,07	0,28	0,12	0,06	0,05	0,04	0,05	0,07	0,12	0,13	0,12	0,28
36	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
37	0,29	0,30	0,14	0,07	0,06	0,04	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,30
38	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
39	0,04	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06
40	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
41	0,16	0,24	0,18	0,12	0,11	0,09	0,08	0,05	0,02	0,02	0,04	0,24
42	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
43	0,31	0,17	0,16	0,12	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	0,05	0,07	0,31
44	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
45	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
46	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
47	0,10	0,09	0,15	0,13	0,13	0,13	0,12	0,10	0,08	0,09	0,10	0,15
48	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
49	0,10	0,06	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,10	0,09	0,09	0,10	0,12
50	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
THC [%I _{ref}]	1,68	2,28	2,46	2,49	2,43	2,34	2,27	2,15	1,97	1,86	1,88	2,49

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 14 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Interharmonics at continuous operation / <i>Zwischenharmonische im Normalbetrieb</i>												
REFUso1 100K 880P100 @ 180V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [Hz]	I _h [%I _{ref}]											
75	0,06	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,16	0,14	0,14	0,16
125	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07
175	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,08
225	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07
275	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07
325	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07
375	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07
425	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,07
475	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,07
525	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06
575	0,06	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06
625	0,05	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05
675	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06
725	0,06	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,06
775	0,06	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06
825	0,06	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06
875	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
925	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
975	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
1025	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04
1075	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04
1125	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1175	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1225	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
1275	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03
1325	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1375	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03
1425	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
1475	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
1525	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
1575	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03
1625	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
1675	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03
1725	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
1775	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04
1825	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
1875	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,05
1925	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04
1975	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 15 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Higher Frequencies components / Höhere Frequenzen im Normalbetrieb												
REFUso1 100K 880P100 @ 180V with connection Box												
P/P _n [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [kHz]	I _h [%I _{ref}]											
2,1	0,35	0,28	0,23	0,16	0,16	0,14	0,13	0,10	0,07	0,06	0,08	0,35
2,3	0,12	0,10	0,15	0,13	0,13	0,13	0,12	0,10	0,09	0,09	0,10	0,15
2,5	0,11	0,07	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,09	0,09	0,11	0,12
2,7	0,18	0,03	0,07	0,10	0,13	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,13	0,18
2,9	0,17	0,05	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,17
3,1	0,24	0,09	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,24
3,3	0,28	0,21	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,05	0,28
3,5	0,22	0,14	0,07	0,07	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,22
3,7	0,16	0,12	0,08	0,08	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,16
3,9	0,14	0,09	0,11	0,14	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,08	0,08	0,15
4,1	0,15	0,12	0,10	0,13	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15
4,3	0,18	0,12	0,09	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,17	0,15	0,17	0,18
4,5	0,21	0,12	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,09	0,11	0,11	0,13	0,21
4,7	0,07	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,09	0,07	0,05	0,09
4,9	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,07	0,13	0,08	0,13
5,1	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,08	0,12	0,12
5,3	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,09	0,09
5,5	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05	0,05
5,7	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
5,9	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
6,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
6,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,5	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
6,7	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
6,9	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
7,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Note / Anmerkung:

The stated harmonics are maximum values of all 3 phases. / Die angegebenen Harmonischenwerte sind Maximalwerte über alle 3 Phasen.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 16 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3.4 Harmonics / Oberschwingungen												
REFUso1 100K 880P100 @ 400V with connection Box												
P/P _n [%]	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
Order / Ordnung	I _n [%I _{ref}] [I _{ref} = 127,5A]											
2	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
3	0,06	0,07	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,19	0,19
4	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
5	0,27	0,58	1,13	1,29	1,15	1,02	1,00	1,05	1,18	1,25	1,30	1,30
6	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05
7	0,26	0,12	0,39	0,67	0,60	0,39	0,31	0,35	0,47	0,50	0,53	0,67
8	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
9	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,07
10	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
11	0,50	0,40	0,19	0,43	0,39	0,33	0,35	0,36	0,21	0,14	0,09	0,50
12	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
13	0,66	0,81	0,64	0,74	0,70	0,64	0,67	0,64	0,49	0,45	0,41	0,81
14	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
15	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07
16	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03
17	0,18	0,13	0,16	0,36	0,42	0,50	0,55	0,54	0,41	0,33	0,28	0,55
18	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
19	0,24	0,27	0,10	0,19	0,27	0,30	0,33	0,33	0,24	0,20	0,16	0,33
20	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
21	0,06	0,07	0,09	0,08	0,11	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,11
22	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
23	0,41	0,25	0,34	0,22	0,10	0,08	0,14	0,17	0,14	0,13	0,18	0,41
24	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
25	0,21	0,08	0,18	0,17	0,08	0,06	0,12	0,11	0,15	0,15	0,19	0,21
26	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
27	0,15	0,17	0,12	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,13	0,12	0,11	0,17
28	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
29	0,33	0,42	0,42	0,47	0,49	0,43	0,36	0,33	0,16	0,11	0,13	0,49
30	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
31	0,46	0,44	0,42	0,45	0,45	0,38	0,31	0,27	0,14	0,11	0,08	0,46
32	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
33	0,07	0,10	0,15	0,14	0,14	0,12	0,09	0,06	0,06	0,10	0,12	0,15
34	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
35	0,06	0,18	0,14	0,08	0,06	0,07	0,13	0,16	0,08	0,07	0,11	0,18
36	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
37	0,29	0,19	0,15	0,10	0,06	0,08	0,13	0,16	0,08	0,09	0,14	0,29
38	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
39	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,06	0,04	0,03	0,04	0,09
40	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
41	0,30	0,36	0,34	0,28	0,24	0,17	0,12	0,10	0,12	0,14	0,15	0,36
42	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
43	0,36	0,29	0,32	0,26	0,21	0,15	0,10	0,08	0,08	0,10	0,12	0,36
44	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
45	0,04	0,06	0,07	0,07	0,06	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
46	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
47	0,18	0,11	0,16	0,13	0,11	0,10	0,10	0,11	0,09	0,11	0,13	0,18
48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
49	0,11	0,06	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,09	0,10	0,11	0,12
50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
THC [%I _{ref}]	1,36	1,44	1,67	1,94	1,80	1,60	1,58	1,60	1,53	1,54	1,59	1,94

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 17 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Interharmonics at continuous operation / <i>Zwischenharmonische im Normalbetrieb</i>												
REFUso1 100K 880P100 @ 400V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [Hz]	I _h [%I _{ref}]											
75	0,02	0,02	0,04	0,06	0,10	0,10	0,15	0,19	0,19	0,25	0,23	0,25
125	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05
175	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
225	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
275	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
325	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
375	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
425	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
475	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
525	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
575	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
625	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
675	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
725	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
775	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
825	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
875	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
925	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
975	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1025	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1075	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1125	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1175	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1225	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1275	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1325	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1375	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1425	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1475	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1525	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1575	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1625	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1675	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1725	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1775	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
1825	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03
1875	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
1925	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1975	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 18 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Higher Frequencies components / Höhere Frequenzen im Normalbetrieb												
REFUso1 100K 880P100 @ 400V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [kHz]	I _h [%I _{ref}]											
2,1	0,46	0,45	0,46	0,38	0,32	0,23	0,15	0,13	0,15	0,17	0,19	0,46
2,3	0,19	0,13	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,13	0,19
2,5	0,12	0,07	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,10	0,11	0,13	0,13
2,7	0,21	0,23	0,09	0,14	0,15	0,10	0,07	0,07	0,09	0,10	0,11	0,23
2,9	0,08	0,11	0,06	0,08	0,10	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,11
3,1	0,07	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,09
3,3	0,10	0,08	0,10	0,13	0,12	0,10	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,13
3,5	0,05	0,11	0,07	0,10	0,08	0,06	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09	0,11
3,7	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,06	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,10
3,9	0,14	0,07	0,07	0,11	0,11	0,14	0,15	0,16	0,15	0,13	0,11	0,16
4,1	0,11	0,09	0,05	0,05	0,07	0,12	0,13	0,11	0,09	0,10	0,10	0,13
4,3	0,17	0,11	0,07	0,05	0,07	0,11	0,13	0,11	0,09	0,11	0,12	0,17
4,5	0,10	0,07	0,06	0,04	0,07	0,08	0,05	0,05	0,07	0,10	0,11	0,11
4,7	0,04	0,06	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08	0,07	0,08
4,9	0,06	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,08
5,1	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05
5,3	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
5,5	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
5,7	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
5,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
6,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,3	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
6,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Note / Anmerkung:

The stated harmonics are maximum values of all 3 phases. / Die angegebenen Harmonischenwerte sind Maximalwerte über alle 3 Phasen.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 19 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3.4 Harmonics / Oberschwingungen												
REFUstor 88K 420P088 @ 400V with connection Box												
P/P _n [%]	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
Order / Ordnung	I _h [%I _{ref}][I _{ref} = 127,5A]											
2	0,11	0,14	0,17	0,17	0,19	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21
3	0,11	0,13	0,20	0,21	0,21	0,20	0,16	0,14	0,15	0,25	0,15	0,25
4	0,07	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
5	0,04	0,26	0,87	0,84	0,65	0,37	0,30	0,37	0,45	0,48	0,53	0,87
6	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,07
7	0,38	0,20	0,49	0,57	0,46	0,28	0,25	0,31	0,32	0,34	0,42	0,57
8	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
9	0,04	0,08	0,08	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,07	0,06	0,08
10	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
11	0,43	0,35	0,17	0,31	0,28	0,16	0,07	0,11	0,12	0,15	0,16	0,43
12	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05
13	0,39	0,45	0,11	0,24	0,20	0,09	0,06	0,07	0,06	0,08	0,10	0,45
14	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03
15	0,02	0,05	0,08	0,04	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,08
16	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04
17	0,34	0,43	0,21	0,22	0,18	0,08	0,02	0,04	0,03	0,04	0,05	0,43
18	0,04	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
19	0,40	0,38	0,27	0,20	0,18	0,09	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,40
20	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
21	0,06	0,04	0,04	0,05	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,06
22	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
23	0,40	0,36	0,44	0,27	0,20	0,13	0,06	0,07	0,06	0,08	0,10	0,44
24	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
25	0,47	0,37	0,43	0,26	0,20	0,12	0,07	0,06	0,09	0,09	0,11	0,47
26	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
27	0,05	0,08	0,08	0,06	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,08
28	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
29	0,32	0,49	0,45	0,28	0,20	0,14	0,08	0,08	0,10	0,11	0,13	0,49
30	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
31	0,44	0,46	0,42	0,28	0,21	0,14	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,46
32	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
33	0,05	0,06	0,09	0,05	0,05	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,09
34	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
35	0,28	0,32	0,35	0,24	0,17	0,13	0,09	0,09	0,10	0,11	0,14	0,35
36	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
37	0,43	0,30	0,32	0,24	0,18	0,13	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15	0,43
38	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
39	0,07	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,07
40	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
41	0,28	0,29	0,24	0,18	0,14	0,12	0,09	0,08	0,09	0,11	0,13	0,29
42	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
43	0,28	0,19	0,21	0,18	0,15	0,12	0,09	0,10	0,11	0,12	0,15	0,28
44	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
45	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05
46	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
47	0,22	0,07	0,13	0,14	0,12	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,13	0,22
48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
49	0,10	0,07	0,09	0,12	0,12	0,10	0,08	0,09	0,09	0,10	0,12	0,12
50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
THC [%I _{ref}]	1,41	1,38	1,54	1,37	1,10	0,72	0,56	0,64	0,71	0,79	0,87	1,54

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 20 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Interharmonics at continuous operation / <i>Zwischenharmonische im Normalbetrieb</i>												
REFUstor 88K 420P088 @ 400V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [Hz]	I _h [%I _{ref}]											
75	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,10	0,13	0,12	0,14	0,14	0,15	0,15
125	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
175	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
225	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
275	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
325	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
375	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
425	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
475	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
525	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
575	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
625	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
675	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
725	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
775	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
825	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
875	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
925	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
975	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1025	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
1075	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
1125	0,03	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
1175	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1225	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
1275	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
1325	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
1375	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
1425	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
1475	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1525	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
1575	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
1625	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
1675	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
1725	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
1775	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1825	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
1875	0,04	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04
1925	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
1975	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 21 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Higher Frequencies components / Höhere Frequenzen im Normalbetrieb												
REFUstor 88K 420P088 @ 400V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [kHz]	I _h [%I _{ref}]											
2,1	0,35	0,33	0,31	0,24	0,20	0,17	0,13	0,13	0,15	0,17	0,20	0,35
2,3	0,23	0,08	0,13	0,14	0,12	0,11	0,09	0,09	0,10	0,11	0,13	0,23
2,5	0,11	0,07	0,09	0,12	0,12	0,10	0,08	0,09	0,10	0,10	0,12	0,12
2,7	0,18	0,12	0,09	0,12	0,13	0,12	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,18
2,9	0,07	0,06	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09
3,1	0,10	0,05	0,07	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,10
3,3	0,13	0,06	0,06	0,09	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,13
3,5	0,08	0,11	0,05	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,11
3,7	0,16	0,12	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,16
3,9	0,23	0,19	0,07	0,12	0,16	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,12	0,23
4,1	0,18	0,14	0,08	0,08	0,13	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,18
4,3	0,26	0,12	0,09	0,09	0,09	0,13	0,17	0,18	0,17	0,18	0,15	0,26
4,5	0,17	0,11	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,09	0,12	0,10	0,09	0,17
4,7	0,06	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,06	0,08
4,9	0,08	0,03	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,08	0,09	0,09
5,1	0,05	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,10	0,10
5,3	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,06	0,06
5,5	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
5,7	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03
5,9	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
6,1	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
6,3	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
6,5	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
6,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
7,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Note / Anmerkung:

The stated harmonics are maximum values of all 3 phases. / Die angegebenen Harmonischenwerte sind Maximalwerte über alle 3 Phasen.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 22 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3.4 Harmonics / Oberschwingungen

REFUstor 88K 420P088 @ 180V with connection Box

P/P _n [%]	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
Order / Ordnung	I _h [%I _{ref}][I _{ref} =128.3A]											
2	0,05	0,09	0,06	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,05	0,09
3	0,07	0,09	0,09	0,06	0,05	0,05	0,06	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10
4	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
5	0,36	1,14	1,40	1,40	1,34	1,25	1,16	1,06	0,98	0,90	0,87	1,40
6	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06
7	0,50	0,64	0,95	0,98	0,97	0,92	0,87	0,76	0,69	0,62	0,62	0,98
8	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
9	0,06	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,06	0,06
10	0,03	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
11	0,75	0,42	0,56	0,65	0,65	0,63	0,60	0,54	0,50	0,45	0,43	0,75
12	0,03	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
13	0,47	0,50	0,48	0,56	0,57	0,56	0,54	0,50	0,46	0,41	0,39	0,57
14	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
15	0,06	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,06
16	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
17	0,51	0,59	0,42	0,46	0,47	0,48	0,47	0,45	0,44	0,39	0,38	0,59
18	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
19	0,46	0,55	0,41	0,42	0,44	0,45	0,45	0,43	0,41	0,37	0,34	0,55
20	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
21	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	0,04
22	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
23	0,41	0,43	0,39	0,34	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,35	0,43
24	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
25	0,44	0,37	0,35	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33	0,32	0,32	0,44
26	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
27	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
28	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
29	0,24	0,29	0,26	0,21	0,22	0,24	0,25	0,27	0,28	0,28	0,28	0,29
30	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
31	0,26	0,23	0,19	0,14	0,15	0,16	0,18	0,22	0,22	0,22	0,23	0,26
32	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
33	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
34	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
35	0,03	0,14	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,16	0,16	0,16
36	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
37	0,15	0,14	0,05	0,04	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,15
38	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
39	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
40	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
41	0,08	0,14	0,05	0,03	0,03	0,02	0,01	0,04	0,04	0,07	0,06	0,14
42	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
43	0,15	0,12	0,06	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,15
44	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
45	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
46	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
47	0,10	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,10
48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
49	0,11	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,03	0,04	0,11
50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
THC [%I _{ref}]	1,50	1,83	2,04	2,09	2,05	1,98	1,88	1,74	1,64	1,51	1,47	2,09

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 23 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Interharmonics at continuous operation / Zwischenharmonische im Normalbetrieb												
REFUstor 88K 420P088 @ 180V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [Hz]	I _h [%I _{ref}]											
75	0,04	0,05	0,05	0,06	0,09	0,11	0,10	0,13	0,14	0,14	0,18	0,18
125	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
175	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
225	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
275	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
325	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
375	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
425	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
475	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
525	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
575	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
625	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
675	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
725	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
775	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
825	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
875	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
925	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
975	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1025	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
1075	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02
1125	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1175	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1225	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1275	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1325	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1375	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1425	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1475	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1525	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1575	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1625	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1675	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1725	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1775	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1825	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1875	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1925	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
1975	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 24 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Higher Frequencies components / Höhere Frequenzen im Normalbetrieb												
REFUstor 88K 420P088 @ 180V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [kHz]	I _h [%I _{ref}]											
2,1	0,17	0,18	0,08	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,08	0,07	0,18
2,3	0,10	0,09	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	0,10
2,5	0,11	0,06	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,11
2,7	0,11	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,11
2,9	0,08	0,05	0,04	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08
3,1	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
3,3	0,08	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08
3,5	0,06	0,07	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,07
3,7	0,11	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,11
3,9	0,12	0,09	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,12
4,1	0,07	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,07
4,3	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03	0,07
4,5	0,06	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06
4,7	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,05
4,9	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,04	0,06
5,1	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,06
5,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04
5,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
5,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Note / Anmerkung:

The stated harmonics are maximum values of all 3 phases. / Die angegebenen Harmonischenwerte sind Maximalwerte über alle 3 Phasen.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 25 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3.4 Harmonics / Oberschwingungen

REFUstor 100K 421P100 with connection Box @400V

P/P _n [%]	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
Order / Ordnung	I _h [%I _{ref}] [I _{ref} = 127.5A]											
2	0,06	0,07	0,08	0,08	0,11	0,16	0,18	0,23	0,24	0,27	0,06	0,27
3	0,09	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,09
4	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,03	0,09
5	0,19	0,16	0,24	0,16	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,24
6	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,07	0,08	0,01	0,08
7	0,13	0,04	0,21	0,13	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,21
8	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,01	0,05
9	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
10	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,02	0,05
11	0,20	0,09	0,22	0,19	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15	0,16	0,22
12	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,01	0,04
13	0,21	0,18	0,20	0,20	0,18	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,21
14	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,01	0,04
15	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
16	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,01	0,04
17	0,15	0,27	0,13	0,26	0,24	0,24	0,24	0,23	0,21	0,22	0,24	0,27
18	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,04
19	0,19	0,24	0,09	0,28	0,28	0,27	0,27	0,26	0,23	0,22	0,25	0,28
20	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,04
21	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
22	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03
23	0,20	0,06	0,09	0,33	0,38	0,38	0,39	0,39	0,38	0,36	0,38	0,39
24	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05
25	0,18	0,13	0,08	0,34	0,43	0,44	0,46	0,47	0,44	0,42	0,45	0,47
26	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,04
27	0,03	0,05	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05
28	0,02	0,05	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05
29	0,07	0,19	0,09	0,20	0,27	0,28	0,28	0,27	0,27	0,28	0,33	0,33
30	0,03	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04
31	0,13	0,28	0,08	0,14	0,22	0,24	0,28	0,33	0,34	0,36	0,42	0,42
32	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
33	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
34	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
35	0,11	0,10	0,09	0,08	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,26	0,26
36	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
37	0,03	0,02	0,09	0,06	0,11	0,12	0,13	0,15	0,18	0,20	0,26	0,26
38	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
39	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
40	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
41	0,04	0,08	0,07	0,04	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,18	0,18
42	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
43	0,05	0,07	0,07	0,03	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,15	0,15
44	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
45	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
46	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
47	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,15	0,15
48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
49	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05
50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
THC [%I _{ref}]	0,58	0,63	0,54	0,76	0,87	0,88	0,92	0,95	0,95	0,96	1,03	1,03

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 26 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Interharmonics at continuous operation / <i>Zwischenharmonische im Normalbetrieb</i>												
REFUstor 100K 421P100 with connection Box @400V												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [Hz]	I _h [%I _{ref}]											
75	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,21	0,25	0,30	0,34	0,38	0,14	0,38
125	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,03	0,12
175	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,02	0,08
225	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,02	0,06
275	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,01	0,05
325	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,01	0,04
375	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,01	0,04
425	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03
475	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03
525	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03
575	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03
625	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03
675	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
725	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
775	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
825	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
875	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03
925	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03
975	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03
1025	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
1075	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
1125	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04
1175	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
1225	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,02	0,05
1275	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,02	0,05
1325	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
1375	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
1425	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04
1475	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
1525	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04
1575	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04
1625	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1675	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1725	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
1775	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
1825	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
1875	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
1925	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1975	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 27 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Higher Frequencies components / Höhere Frequenzen im Normalbetrieb												
REFUstor 100K 421P100 with connection Box @400V												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [kHz]	I _h [%I _{ref}]											
2,1	0,06	0,10	0,10	0,05	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	0,24	0,24
2,3	0,04	0,05	0,05	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,15	0,15
2,5	0,03	0,04	0,05	0,03	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09
2,7	0,03	0,06	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09
2,9	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06
3,1	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
3,3	0,02	0,05	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,07
3,5	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
3,7	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
3,9	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06
4,1	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05
4,3	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06
4,5	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,07	0,07
4,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
4,9	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05
5,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05
5,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,08
5,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,09
5,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,06
5,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,04
6,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03
6,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
6,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
6,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
6,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
7,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Note / Anmerkung:

The stated harmonics are maximum values of all 3 phases. / Die angegebenen Harmonischenwerte sind Maximalwerte über alle 3 Phasen.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 28 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3.4 Harmonics / Oberschwingungen												
REFUstor 50K 420P050 / 421P050 @ 400V with connection Box												
P/P _n [%]	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
Order / Ordnung	I _h [%I _{ref}][I _{ref} = 72.5A]											
2	0,04	0,15	0,17	0,15	0,15	0,14	0,13	0,14	0,15	0,15	0,14	0,17
3	0,07	0,07	0,05	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
4	0,07	0,02	0,09	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,09
5	0,32	0,57	0,83	1,42	1,60	1,54	1,41	1,22	1,03	0,87	0,77	1,60
6	0,10	0,15	0,09	0,09	0,09	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,15
7	0,31	0,12	0,33	0,69	0,98	1,04	1,00	0,87	0,72	0,61	0,55	1,04
8	0,03	0,05	0,03	0,06	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,07
9	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05
10	0,03	0,05	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07
11	0,76	0,91	0,04	0,13	0,31	0,47	0,55	0,49	0,40	0,31	0,24	0,91
12	0,08	0,08	0,06	0,06	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,08
13	0,67	0,63	0,30	0,09	0,16	0,35	0,43	0,37	0,29	0,21	0,15	0,67
14	0,01	0,03	0,04	0,07	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07
15	0,03	0,04	0,04	0,06	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06
16	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
17	0,38	0,60	0,66	0,30	0,15	0,23	0,30	0,25	0,20	0,12	0,06	0,66
18	0,04	0,02	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06
19	0,46	0,48	0,65	0,39	0,18	0,22	0,26	0,22	0,17	0,11	0,06	0,65
20	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,05
21	0,07	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07
22	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
23	0,54	0,50	0,45	0,53	0,35	0,28	0,25	0,22	0,17	0,11	0,07	0,54
24	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
25	0,60	0,73	0,41	0,55	0,41	0,29	0,24	0,21	0,17	0,12	0,08	0,73
26	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04
27	0,07	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,10
28	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
29	0,40	0,69	0,51	0,52	0,52	0,34	0,25	0,22	0,18	0,14	0,10	0,69
30	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
31	0,67	0,48	0,53	0,47	0,49	0,31	0,21	0,19	0,16	0,12	0,09	0,67
32	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
33	0,10	0,08	0,11	0,10	0,09	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,11
34	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
35	0,41	0,45	0,52	0,47	0,47	0,31	0,21	0,18	0,17	0,13	0,10	0,52
36	0,06	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,06
37	0,65	0,50	0,43	0,43	0,39	0,26	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,65
38	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
39	0,10	0,10	0,08	0,10	0,07	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,10
40	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
41	0,34	0,41	0,36	0,39	0,31	0,22	0,17	0,15	0,14	0,11	0,09	0,41
42	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
43	0,46	0,25	0,29	0,31	0,23	0,17	0,14	0,13	0,12	0,09	0,09	0,46
44	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
45	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,10
46	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
47	0,38	0,15	0,21	0,19	0,16	0,13	0,14	0,13	0,12	0,10	0,08	0,38
48	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
49	0,27	0,15	0,15	0,12	0,11	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,27
50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
THC [%I _{ref}]	2,01	2,11	1,87	2,15	2,27	2,15	2,02	1,76	1,48	1,22	1,05	2,27

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 29 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Interharmonics at continuous operation / Zwischenharmonische im Normalbetrieb												
REFUstor 50K 420P050 / 421P050 @ 400V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [Hz]	I _h [%I _{ref}]											
75	0,04	0,06	0,08	0,08	0,11	0,16	0,19	0,25	0,26	0,31	0,33	0,33
125	0,04	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,09	0,09	0,09
175	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06
225	0,04	0,05	0,06	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06
275	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
325	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
375	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04
425	0,05	0,07	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07
475	0,02	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,05
525	0,04	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,06
575	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
625	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04
675	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04
725	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,06
775	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04
825	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,05
875	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
925	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
975	0,05	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05
1025	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05
1075	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05
1125	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,04
1175	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1225	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1275	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05
1325	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05
1375	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05
1425	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04
1475	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1525	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1575	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04
1625	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03
1675	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04
1725	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
1775	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03
1825	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03
1875	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
1925	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1975	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 30 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Higher Frequencies components / Höhere Frequenzen im Normalbetrieb												
REFUstor 50K 420P050 / 421P050 @ 400V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [kHz]	I _h [%I _{ref}]											
2,1	0,51	0,45	0,42	0,46	0,37	0,26	0,21	0,19	0,17	0,14	0,12	0,51
2,3	0,38	0,15	0,21	0,19	0,16	0,14	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09	0,38
2,5	0,28	0,15	0,15	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,28
2,7	0,25	0,14	0,12	0,09	0,10	0,12	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,25
2,9	0,17	0,05	0,08	0,10	0,08	0,09	0,10	0,09	0,09	0,07	0,07	0,17
3,1	0,08	0,04	0,08	0,10	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,10
3,3	0,10	0,05	0,09	0,12	0,11	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,12
3,5	0,06	0,07	0,04	0,07	0,08	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,10
3,7	0,10	0,07	0,04	0,06	0,08	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,10
3,9	0,11	0,13	0,07	0,05	0,10	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,14
4,1	0,11	0,15	0,06	0,06	0,06	0,11	0,13	0,14	0,14	0,13	0,12	0,15
4,3	0,14	0,13	0,07	0,04	0,04	0,08	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14
4,5	0,13	0,10	0,08	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,13
4,7	0,06	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06
4,9	0,06	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06
5,1	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04
5,3	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
5,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Note / Anmerkung:

The stated harmonics are maximum values of all 3 phases. / Die angegebenen Harmonischenwerte sind Maximalwerte über alle 3 Phasen.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 31 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3.4 Harmonics / Oberschwingungen												
REFUstor 50K 420P050 / 421P050 @ 180V with connection Box												
P/P _n [%]	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
Order / Ordnung	I _n [%I _{ref}] [I _{ref} = 128.3A]											
2	0,03	0,04	0,06	0,08	0,12	0,11	0,12	0,14	0,10	0,11	0,13	0,14
3	0,09	0,09	0,10	0,12	0,15	0,16	0,17	0,20	0,23	0,29	0,26	0,29
4	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07
5	0,51	0,72	0,68	0,64	0,75	0,88	0,94	0,95	0,97	1,02	1,05	1,05
6	0,02	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
7	0,49	0,83	0,72	0,67	0,66	0,81	0,84	0,91	0,92	0,97	0,98	0,98
8	0,03	0,04	0,06	0,04	0,06	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,07
9	0,04	0,05	0,10	0,08	0,13	0,11	0,11	0,08	0,10	0,11	0,11	0,13
10	0,03	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06
11	0,70	1,34	1,32	1,31	1,32	1,46	1,47	1,45	1,30	1,25	1,14	1,47
12	0,03	0,04	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
13	0,77	0,98	0,96	0,95	1,01	1,21	1,19	1,18	1,03	0,98	0,85	1,21
14	0,03	0,03	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
15	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,13	0,10	0,13
16	0,02	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,04	0,06
17	0,65	0,48	0,22	0,23	0,30	0,27	0,28	0,32	0,39	0,43	0,45	0,65
18	0,03	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
19	0,20	0,35	0,29	0,25	0,31	0,26	0,33	0,39	0,60	0,70	0,79	0,79
20	0,02	0,03	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05
21	0,05	0,07	0,10	0,07	0,11	0,13	0,09	0,11	0,11	0,10	0,09	0,13
22	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
23	0,52	0,74	0,95	0,89	0,91	0,75	0,66	0,62	0,72	0,72	0,71	0,95
24	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05
25	0,41	0,65	0,83	0,75	0,74	0,69	0,64	0,64	0,80	0,87	0,95	0,95
26	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05
27	0,06	0,08	0,05	0,10	0,14	0,18	0,21	0,20	0,20	0,19	0,15	0,21
28	0,03	0,06	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,06
29	0,29	0,53	0,15	0,26	0,41	0,71	0,80	0,85	0,94	0,85	0,60	0,94
30	0,03	0,06	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06
31	0,22	0,37	0,08	0,14	0,19	0,45	0,51	0,53	0,59	0,56	0,42	0,59
32	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05
33	0,18	0,23	0,25	0,23	0,20	0,19	0,14	0,10	0,11	0,13	0,12	0,25
34	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,05	0,04	0,05
35	0,39	0,37	0,35	0,35	0,18	0,23	0,21	0,21	0,27	0,30	0,31	0,39
36	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05
37	0,30	0,21	0,34	0,37	0,22	0,09	0,15	0,26	0,39	0,44	0,47	0,47
38	0,02	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
39	0,07	0,08	0,11	0,11	0,12	0,09	0,09	0,12	0,20	0,23	0,23	0,23
40	0,02	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
41	0,24	0,27	0,19	0,23	0,30	0,31	0,30	0,30	0,26	0,27	0,30	0,31
42	0,02	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
43	0,18	0,20	0,13	0,15	0,21	0,24	0,22	0,25	0,32	0,32	0,29	0,32
44	0,02	0,02	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05
45	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	0,12
46	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
47	0,23	0,12	0,11	0,10	0,07	0,09	0,10	0,13	0,26	0,26	0,20	0,26
48	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
49	0,23	0,08	0,16	0,16	0,14	0,09	0,09	0,09	0,18	0,18	0,14	0,23
50	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
THC [%I _{ref}]	1,77	2,48	2,43	2,36	2,44	2,71	2,75	2,79	2,85	2,89	2,77	2,89

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 32 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Interharmonics at continuous operation / <i>Zwischenharmonische im Normalbetrieb</i>												
REFUstor 50K 420P050 / 421P050 @ 180V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [Hz]	I _h [%I _{ref}]											
75	0,03	0,10	0,29	0,47	0,76	0,62	0,67	0,70	0,49	0,59	0,71	0,76
125	0,03	0,05	0,08	0,12	0,19	0,16	0,19	0,20	0,20	0,19	0,21	0,21
175	0,03	0,05	0,07	0,09	0,12	0,10	0,10	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
225	0,03	0,06	0,11	0,13	0,16	0,14	0,15	0,15	0,16	0,14	0,15	0,16
275	0,03	0,06	0,09	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11
325	0,03	0,06	0,11	0,11	0,13	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,13
375	0,03	0,06	0,10	0,08	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,10
425	0,03	0,05	0,09	0,07	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
475	0,03	0,05	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
525	0,03	0,05	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,09	0,10	0,09	0,11
575	0,03	0,05	0,11	0,09	0,10	0,10	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11
625	0,03	0,04	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,11
675	0,03	0,04	0,11	0,09	0,10	0,10	0,11	0,10	0,08	0,09	0,09	0,11
725	0,03	0,04	0,09	0,06	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09
775	0,03	0,04	0,09	0,06	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09
825	0,03	0,05	0,10	0,09	0,08	0,09	0,10	0,09	0,07	0,09	0,08	0,10
875	0,03	0,05	0,09	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,07	0,09	0,08	0,10
925	0,03	0,05	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,08	0,08	0,09
975	0,03	0,04	0,10	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,07	0,08	0,08	0,10
1025	0,03	0,04	0,08	0,05	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08
1075	0,03	0,04	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
1125	0,03	0,05	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,09
1175	0,03	0,05	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08
1225	0,04	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08
1275	0,04	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08
1325	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07
1375	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07
1425	0,04	0,06	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08
1475	0,04	0,06	0,04	0,05	0,07	0,06	0,05	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08
1525	0,04	0,05	0,04	0,05	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
1575	0,04	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08	0,08	0,08
1625	0,03	0,04	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07
1675	0,04	0,04	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07
1725	0,04	0,04	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08	0,07	0,08
1775	0,03	0,04	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08	0,08	0,08
1825	0,04	0,04	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08
1875	0,03	0,04	0,08	0,08	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,08	0,08	0,08
1925	0,03	0,03	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07
1975	0,03	0,03	0,07	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 33 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

Higher Frequencies components / Höhere Frequenzen im Normalbetrieb												
REFUstor 50K 420P050 / 421P050 @ 180V with connection Box												
P/P _n [%]	0 - 5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f [kHz]	I _h [%I _{ref}]											
2,1	0,30	0,35	0,28	0,31	0,39	0,41	0,39	0,41	0,44	0,45	0,44	0,45
2,3	0,25	0,16	0,18	0,15	0,14	0,17	0,19	0,20	0,31	0,30	0,25	0,31
2,5	0,24	0,13	0,20	0,20	0,17	0,14	0,15	0,16	0,21	0,22	0,19	0,24
2,7	0,26	0,29	0,22	0,24	0,25	0,24	0,25	0,25	0,22	0,20	0,22	0,29
2,9	0,16	0,22	0,13	0,14	0,18	0,22	0,21	0,20	0,14	0,15	0,18	0,22
3,1	0,19	0,22	0,16	0,14	0,13	0,17	0,16	0,15	0,14	0,16	0,18	0,22
3,3	0,31	0,25	0,17	0,18	0,19	0,14	0,17	0,19	0,25	0,27	0,31	0,31
3,5	0,17	0,18	0,19	0,16	0,19	0,17	0,20	0,21	0,18	0,17	0,18	0,21
3,7	0,19	0,28	0,29	0,29	0,30	0,25	0,25	0,26	0,19	0,16	0,17	0,30
3,9	0,36	0,39	0,73	0,79	0,68	0,38	0,36	0,35	0,42	0,47	0,46	0,79
4,1	0,35	0,47	0,66	0,69	0,67	0,58	0,55	0,56	0,53	0,50	0,46	0,69
4,3	0,26	0,55	0,76	0,76	0,88	0,71	0,71	0,70	0,60	0,56	0,53	0,88
4,5	0,27	0,46	0,57	0,59	0,41	0,45	0,46	0,47	0,45	0,54	0,64	0,64
4,7	0,12	0,28	0,43	0,48	0,44	0,36	0,36	0,36	0,41	0,47	0,46	0,48
4,9	0,13	0,22	0,33	0,35	0,35	0,34	0,35	0,38	0,35	0,43	0,51	0,51
5,1	0,14	0,24	0,24	0,23	0,23	0,30	0,31	0,32	0,33	0,51	0,59	0,59
5,3	0,09	0,14	0,14	0,13	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,23	0,46	0,46
5,5	0,06	0,09	0,09	0,09	0,08	0,10	0,11	0,11	0,13	0,15	0,22	0,22
5,7	0,04	0,08	0,07	0,06	0,08	0,09	0,10	0,10	0,13	0,15	0,19	0,19
5,9	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,11	0,11
6,1	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,08	0,09	0,09
6,3	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07
6,5	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
6,7	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
6,9	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
7,1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
7,3	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
7,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
7,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
7,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
8,1	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
8,3	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
8,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
8,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
8,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02

Note / Anmerkung:

The stated harmonics are maximum values of all 3 phases. / Die angegebenen Harmonischenwerte sind Maximalwerte über alle 3 Phasen.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 11 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.3 Power quality characteristics / Netrückwirkungen

Auszug aus dem Prüfbericht / Extract from the test report

Teil 1: Netzverträglichkeit / Part 1: Power Quality

Auszug Nr./ Extract No:

"Technische Richtlinie Teil 3 Rev./ Version 25, FGW

4.3.5 Unbalances / *Unsymmetrie*

REFUsol 100K 880P100 with connection box @ 400V

P [%P _n]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Max
u _i [%I ₁₊]	0,78	0,16	0,15	0,17	0,14	0,1	0,07	0,06	0,11	0,27	0,05	0,27

REFUsol 100K 880P100 with connection box @ 180V

P [%P _n]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Max
u _i [%I ₁₊]	1,37	0,68	0,33	0,16	0,12	0,1	0,13	0,12	0,11	0,1	0,07	0,68

REFUstor 421P100 with connection box @ 400V

P [%P _n]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Max
u _i [%I ₁₊]	0,26	0,14	0,09	0,07	0,05	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,02	0,17

REFUstor 420P088 with connection box @ 400V

P [%P _n]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Max
u _i [%I ₁₊]	0,78	0,16	0,15	0,17	0,14	0,1	0,07	0,06	0,11	0,27	0,05	0,27

REFUstor 420P088 with connection box @ 180V

P [%P _n]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Max
u _i [%I ₁₊]	1,03	0,54	0,24	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,07	0,54

Note / Anmerkung:

The unbalance current results of the REFUsol 100K 880P100 can be applied to REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 directly and for REFUstor 50K 421P050 / REFUstor 50K 420P050 scaled (by the factor $P_{\max, \text{notmeasured}} / P_{\max, \text{REFUsol 100K 880P100}}$).

The unbalance current results for one inverter model operated at 400V AC can be transferred to the same inverter model operated at a different AC voltage by the factor $P_{\max, V \text{ notmeasured}} / P_{\max, 400V}$

Figure 9 – Results of power quality from [9]

3. Annex 3 – Extract from the test report

3.2. Active power



Page 8 of 33

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_1_1

4.1 Active power output / Wirkleistungsabgabe				
Auszug Nr. / Extract No: 18TH0270_TR3_1				
"Technische Richtlinie Teil 3" Rev./Version 25, FGW				
Anlagentyp/Installation type: REFUsol 100K 880P100		Herstellerangaben/Manufacturer's specifications:		
Anlagenhersteller/Manufacturer: REFU Elektronik GmbH		Anlagenart/Generic type of installation: Grid-tied photovoltaic and battery inverter with connection box	Nennleistung/Rated power P _n : 88 kW	
Prüfbericht/ testreport: 18TH0270_TR3_1		Messzeitraum/ Period of measurement: 2022-03-13; 2022-05-23		
Nennndaten / Rated data:				
Nennscheinleistung S _n	88 kVA	Nennstrom I _n	128A	
Nennfrequenz f _n / rated frequency f _n	50 Hz	Nennspannung U _n / rated Voltage U _n	400 V	
4.1.1 Power peaks / Wirkleistungsspitzen				
Power peaks / Wirkleistungsspitzen [W]		Normalized Power peaks / Normierte Wirkleistungsspitzen [p.u. base / Basis P _n]		Anzahl der verwendeten 10-Minuten-Datensätze
P _{0,2}	89282,5	p ₆₀ =P ₆₀ /P _n	1,015	2
P ₆₀	89263,5	p ₆₀ =P ₆₀ /P _n	1,014	
P ₆₀₀	89244,8	p ₆₀ =P ₆₀ /P _n	1,014	
Note / Anmerkung:				
The tests were conducted on the REFUsol 100K 880P100. /				
Die Prüfungen wurden am REFUsol 100K 880P100 durchgeführt.				
The tests were conducted under normal operation (Q=0).				
At cosφ = 1 the active power equals the apparent power.				
The active power results of the REFUsol 100K 880P100 can be applied to REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 directly and for REFUstor 50K 421P050 / REFUstor 50K 420P050 scaled (by the factor P _{max, notmeasure} / P _{max, REFUsol 100K 880P100}).				
The active power results for one inverter model operated at 400V AC can be transferred to the same inverter model operated at a different AC voltage by the factor P _{max, V notmeasured} / P _{max, 400V} .				

3. Annex 3 – Extract from the test report



Extract from the test report - Part 2: grid control capability

Page 11 of 19

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_2_1

4.1 Active Power Output / Wirkleistungsabgabe

4.1.2 Operating power limited by grid operator / Leistungsbegrenzter Betrieb durch den Netzbetreiber

The unit is able to run at reduced power. / Die EZEs können mit reduzierter Leistung betrieben werden.	☒ Yes / Ja	☐ No / Nein
Disconnection from the grid at external active power set-points at / Trennung vom Netz bei Wirkleistungssollwertvorgabe von:	At 0% setpoint the PGU stays connected without power feeding. Bei 0% sollwertvorgabe bleibt die EZE am Netz ohne Einspeisung.	
REFUso1 100K 880P100		
Max. deviation of power setting / Maximale Sollwertabweichung der Wirkleistung	Exceeding / Überschreitung: -1,1 kW	Undercut / Unterschreitung: -1,2 kW
Settling time of the power output after a change in set-point with minimal gradient: / Einschwingzeit der Leistung für einen Sollwertsprung mit minimalem Gradienten:	P _{70%} → P _{50%}	Time / Zeit: 52,30 s Gradient: -0,319%P _N /s
	P _{50%} → P _{70%}	Time / Zeit: 44,34 s Gradient: 0,320%P _N /s
Settling time of the power output after a change in set-point with maximum gradient / Einschwingzeit der Leistung für einen Sollwertsprung mit maximalem Gradienten:	P _{90%} → P _{10%}	Time / Zeit: 120,18 s Gradient: -0,638%P _N /s
	P _{10%} → P _{90%}	Time / Zeit: 118,43 s Gradient: 0,637%P _N /s

Note / Anmerkung:

The setpoint accuracy and settling time results of the REFUso1 100K 880P100 can be applied to REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 directly and for REFUstor 50K 421P050 / REFUstor 50K 420P050 scaled (by the factor $P_{\text{max, notmeasured}} / P_{\text{max, REFUso1 100K 880P100}}$).

The setpoint accuracy and settling time results for one inverter model operated at 400V AC can be transferred to the same inverter model operated at a different AC voltage by the factor $P_{\text{max, V notmeasured}} / P_{\text{max, 400V}}$.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Extract from the test report - Part 2: grid control capability

Report No.:

Page 12 of 19

18TH0270_TR3_1_excerpt-part_2_1

4.1 Active Power Output / Wirkleistungsabgabe

4.1.3 Active power feed-in as a function of grid frequency / Wirkleistungseinspeisung in Abhängigkeit der Netzfrequenz

REFUso1 100K 880P100

Overfrequency / Überfrequenz	Mean power gradient at overfrequency / Mittlerer Gradient der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzüberhöhung	Mean gradient / Mittlerer Gradient -39,94 %P _{nom} /Hz
	Max. Settling time / Max. Einschwingzeit	0,6 s
	Power gradient after recovery of overfrequency / Gradient der Wirkleistung nach Rückkehr aus Überfrequenz *	Mean gradient / Mittlerer Gradient: 2,53% P _n /min Max. gradient / Max. Gradient: 2,53 %P _n /min
Underfrequency / Unterfrequenz	Mean power gradient at underfrequency / Mittlerer Gradient der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzunterschreitung	Mean gradient / Mittlerer Gradient - %P _{nom} /Hz
	Max. Settling time / Max. Einschwingzeit	1,4 s
	Power gradient after recovery of underfrequency / Gradient der Wirkleistung nach Rückkehr aus Unterfrequenz *	Mean gradient / Mittlerer Gradient: - %P _n /min Max. gradient / Max. Gradient: - %P _n /min

Note / Anmerkung:

Setting of the active power gradient after exiting the P(f) control function of 2,53%P_n/min was used for testing. /
Die Einstellung des Wirkleistungsgradienten nach Verlassen der P(f)-Regelung von 2,53%P_n/min wurde zum
Testen verwendet.

P(f) control function is not available for the storage inverters of the family: / Die P(f) – Regelfunktion ist nicht für
die Speicherumrichter der Familie verfügbar.

Figure 10 – Results of active power control from [10]

The PGUs are able to be operated at reduced power [6].

At 0% setpoint the PGUs stay connected without power feeding.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Page 23 of 447

Report No.: 18TH0270_TR3_1

4.1 ACTIVE POWER OUTPUT						
4.1.2 Operating power limited by grid operator						
1. Determine the setpoint accuracy						
REFU _{sol} 100K 880P100						
Active power step	Setpoint value		Actual value		Deviation	
[%P _n]	[kW]	[%P _n]	[kW]	[%P _n]	[kW]	[%P _n]
100	-88,0	100,0	-88,3	-100,3	-0,3	-0,3
90	-79,2	90,0	-80,5	-91,5	-1,3	-1,5
80	-70,4	80,0	-71,6	-81,4	-1,2	-1,4
70	-61,6	70,0	-62,7	-71,3	-1,1	-1,3
60	-52,8	60,0	-53,9	-61,3	-1,1	-1,1
50	-44,0	50,0	-45,0	-51,1	-1	-1,0
40	-35,2	40,0	-36,1	-41,0	-0,9	-0,9
30	-26,4	30,0	-27,1	-30,8	-0,7	-0,8
20	-17,6	20,0	-18,2	-20,7	-0,6	-0,7
10	-8,8	10,0	-9,3	-10,6	-0,5	-0,6
0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,0

	Power setpoint [%P _n]	Deviation [kW]	Deviation [%P _n]
Maximum active power above the defined setpoint (1-minute mean)	70	-1,1	1,3
Maximum active power below the defined setpoint (1-minute mean)	80	-1,2	-1,4
Grid disconnection at xx% of P _n	*		

DC characteristics for test 4.1.2	
PV-curve simulated according to	EN 50530
Voltage of defined MPP [V]	690
Power of defined MPP [kW]	88
Internal impedance [Ω]	0

Note:

* At 0% setpoint the PGU stays connected without power feeding.

The setpoint accuracy and settling time results of the REFU_{sol} 100K 880P100 can be applied to REFU_{stor} 88K 420P088, REFU_{stor} 100K 421P100 directly and for REFU_{stor} 50K 421P050 / REFU_{stor} 50K 420P050 scaled (by the factor $P_{\text{max, notmeasure}} / P_{\text{max, REFU}_{\text{sol}} 100K 880P100}$).

The setpoint accuracy and settling time results for one inverter model operated at 400V AC can be transferred to the same inverter model operated at a different AC voltage by the factor $P_{\text{max, V notmeasured}} / P_{\text{max, 400V}}$.

Figure 11 – Results of active power control from [6]

3. Annex 3 – Extract from the test report

The active power gradient is implemented on the PGU level.

The max. active power output of the PGU is dependent on ambient temperature Active power derating starts not before $T_u=40-45^{\circ}\text{C}$ [15]:

3. Annex 3 – Extract from the test report

3.3. Reactive power



Extract from the test report - Part 2: grid control capability

Page 13 of 19

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_2_1

4.2 Reactive power provision / Blindleistungsbereitstellung

4.2.1 Reactive power response in the normal operation ($Q = 0$ kvar) / Blindleistungsverhalten im Normalbetrieb ($Q = 0$ kvar)

4.2.2 Measuring the maximum reactive power range (PQ diagram) / Vermessung des maximalen Blindleistungsstellbereich (PQ-Diagramm)

REFUsoI 100K 880P100

	P/P _n [%]	Q _{ind}	Q ₀ [kvar]	Q _{cap}	P/P _n [%]	Q _{ind}	Q ₀ [kvar]	Q _{cap}
Control of reactive power in normal operation mode and maximum reactive power range / Blindleistungsverhalten im Normalbetrieb und maximaler Blindleistungsstellbereich	0	13500	-2013	-13952	60	69203	-609	-70850
	10	27107	1652	-28008	70	61819	-9996	-62829
	20	54717	1114	-55909	80	52685	-1351	-52835
	30	82504	-767	-83906	90	42233	-1689	-38753
	40	79922	309	-80639	100	-527	-2013	-521
	50	75691	-143	-76188	---	---	---	---

Note / Anmerkung:

The reactive power results of the REFUsoI 100K 880P100 can be applied to REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 directly and for REFUstor 50K 421P050 / REFUstor 50K 420P050 scaled (by the factor Q/P_n , notmeasure / Q/P_n , REFUsoI 100K 880P100).

The reactive power results for one inverter model operated at 400V AC can be transferred to the same inverter model operated at a different AC voltage by the factor Q/P_n , V notmeasured / Q/P_n , 400V.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Extract from the test report - Part 2: grid control capability

Page 14 of 19

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_2_1

4.2 Reactive power provision / Blindleistungsbereitstellung

4.2.3 Measuring separate operating points in the voltage-dependent PQ diagram / Vermessung einzelner Arbeitspunkte des spannungsabhängigen PQ-Diagramms

REFUso1 100K 880P100

	WP / AP	U/U _n [%]	P/P _n [%]	Q [var]
	1 ind.	0,900	-0,92	-344
	2 ind.	0,899	-0,91	6369
	3 ind.	0,899	-0,81	36541
	4 ind.	0,898	-0,7	50618
	5 ind.	0,898	-0,6	58855
	6 ind.	0,897	-0,49	66245
	7 ind.	0,897	-0,39	70925
	8 ind.	0,897	-0,29	74422
	9 ind.	0,897	-0,22	55230
	10 ind.	0,898	-0,12	27896
	11 ind.	0,898	-0,07	13953
	1 cap. / kap.	0,899	-0,92	-352
	2 cap. / kap.	0,899	-0,9	-6870
	3 cap. / kap.	0,900	-0,8	-36760
	4 cap. / kap.	0,900	-0,7	-49929
	5 cap. / kap.	0,900	-0,6	-59059
	6 cap. / kap.	0,900	-0,5	-65988
	7 cap. / kap.	0,900	-0,4	-71135
	8 cap. / kap.	0,900	-0,3	-74513
	9 cap. / kap.	0,900	-0,2	-55498
	10 cap. / kap.	0,899	-0,11	-27882
	11 cap. / kap.	0,899	-0,05	-13686
Working points of the voltage dependent P-Q-diagram / Arbeitspunkte des spannungsabhängigen P-Q-Diagramms	WP / AP	U/U _n [%]	P/P _n [%]	Q [var]
	1 ind.	1,098	-0,05	13673
	2 ind.	1,099	-0,11	27530
	3 ind.	1,099	-0,2	55821
	4 ind.	1,100	-0,31	83831
	5 ind.	1,100	-0,41	80486
	6 ind.	1,100	-0,51	76250
	7 ind.	1,100	-0,6	70593
	8 ind.	1,100	-0,7	62741
	9 ind.	1,100	-0,8	52907
	10 ind.	1,100	-0,9	38611
	11 ind.	1,099	-1	620
	1 cap. / kap.	1,098	-0,07	-14195
	2 cap. / kap.	1,097	-0,13	-28161
	3 cap. / kap.	1,097	-0,23	-56213
	4 cap. / kap.	1,097	-0,33	-82972
	5 cap. / kap.	1,097	-0,4	-80720
	6 cap. / kap.	1,097	-0,5	-76328
	7 cap. / kap.	1,097	-0,6	-70746
	8 cap. / kap.	1,097	-0,71	-62835
	9 cap. / kap.	1,098	-0,8	-53106
	10 cap. / kap.	1,098	-0,91	-38448
	11 cap. / kap.		-1	622

3. Annex 3 – Extract from the test report



Extract from the test report - Part 2: grid control capability

Page 15 of 19

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_2_1

4.2 Reactive power provision / *Blindleistungsbereitstellung*

Note / Anmerkung:

The voltage dependent reactive power results of the REFUsol 100K 880P100 can be applied to REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 directly and for REFUstor 50K 421P050 / REFUstor 50K 420P050 scaled (by the factor $Q/P_{n, \text{notmeasured}} / Q/P_{n, \text{REFUsol 100K 880P100}}$).

The voltage dependent reactive power results for one inverter model operated at 400V AC can be transferred to the same inverter model operated at a different AC voltage by the factor $Q/P_{n, V \text{ notmeasured}} / Q/P_{n, 400V}$.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Extract from the test report - Part 2: grid control capability

Page 16 of 19

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_2_1

4.2 Reactive power provision / Blindleistungsbereitstellung

4.2.4 Reactive power following setpoint / Blindleistung nach Sollwertvorgabe

REFU_{sol} 100K 880P100

Control of reactive power through set-point signal / <i>Blindleistungsregelung durch Sollwertvorgabe</i>	☐ Power factor / <i>Verschiebungsfaktor</i>	☒ Reactive power / <i>Blindleistung</i>
	P_{bin} at / bei	50% P_n
Longest settling time / <i>Längste Einschwingzeit</i>	Parameter	Settling time / <i>Einschwingzeit</i>
	Fast settling time / <i>Schnelle Einschwingzeit</i> ($3\tau = 6$ s)	8,643 s (- $Q_{max} \rightarrow + Q_{max}$)
	$t < 60$ s ($3\tau = 60$ s)	101,634 s (- $Q_{max} \rightarrow + Q_{max}$)

Note / Anmerkung:

For country code setting VDE-AR-N 4110:2018-11, the Q - control functions show PT1 behaviour. The settling time was determined using a tolerance band of $\pm 5\%P_n$. /

Für Ländereinstellung VDE-AR-N 4110:2018-11 zeigen die Q - Regelungsfunktionen PT1 Verhalten. Die Einschwingzeit wurde mit einem Toleranzband von $\pm 5\%P_n$ bestimmt.

REFU_{stor} 100K 421P100

Control of reactive power through set-point signal / <i>Blindleistungsregelung durch Sollwertvorgabe</i>	☒ Power factor / <i>Verschiebungsfaktor</i>	☐ Reactive power / <i>Blindleistung</i>
	P_{bin} at / bei	50% P_n
Longest settling time / <i>Längste Einschwingzeit</i>	Parameter	Settling time / <i>Einschwingzeit</i>
	Fast settling time / <i>Schnelle Einschwingzeit</i> ($3\tau = 6$ s)	8,39 s (- $Q_{max} \rightarrow + Q_{max}$)
	$t < 60$ s ($3\tau = 60$ s)	67,96s (- $Q_{max} \rightarrow + Q_{max}$)

Note / Anmerkung:

For country code setting VDE-AR-N 4110:2018-11, the Q - control functions show PT1 behaviour. The settling time was determined using a tolerance band of $\pm 5\%P_n$. /

Für Ländereinstellung VDE-AR-N 4110:2018-11 zeigen die Q - Regelungsfunktionen PT1 Verhalten. Die Einschwingzeit wurde mit einem Toleranzband von $\pm 5\%P_n$ bestimmt.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Extract from the test report - Part 2: grid control capability

Page 17 of 19

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_2_1

4.2 Reactive power provision / Blindleistungsbereitstellung

REFUso1 100K 880P100		
Control of reactive power through set-point signal / <i>Blindleistungsregelung durch Sollwertvorgabe</i>	☐ Power factor / <i>Verschiebungsfaktor</i>	☒ Reactive power / <i>Blindleistung</i>
	P_{bin} at / <i>bei</i>	50% P_n
Set-point accuracy of reactive power / <i>Einstellgenauigkeit der Blindleistung</i>	Set-point / <i>Sollwert</i>	Measured value / <i>Istwert</i>
	0,0 var	-445,4 var
	-38104,0 var	-38512,1 var
	38104,0 var	38356,9 var

Note / Anmerkung:

The reactive power results of the REFUso1 100K 880P100 can be applied to REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 directly and for REFUstor 50K 421P050 / REFUstor 50K 420P050 scaled (by the factor Q/P_n , notmeasured / Q/P_n , REFUso1 100K 880P100).

The rise time and settling time results of the REFUso1 100K 880P100 can be applied to REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 directly and for REFUstor 50K 421P050 / REFUstor 50K 420P050 scaled (by the factor Q/P_n , notmeasured / Q/P_n , REFUso1 100K 880P100).

The rise time and settling time results for one inverter model operated at 400V AC can be transferred to the same inverter model operated at a different AC voltage by the factor Q/P_n , V notmeasured / Q/P_n , 400V

3. Annex 3 – Extract from the test report

Extract from the test report - Part 2: grid control capability

Page 18 of 19

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_2_1**4.2 Reactive power provision / Blindleistungsbereitstellung****4.2.5 Q(U) control / Q(U) Regelung****4.2.6 Q(P) control / Q(P) Regelung****4.2.7 Reactive power Q with voltage limitation function / Blindleistung Q mit Spannungsbegrenzungsfunktion**

Remark / Anmerkung:

The Q(U) control function was tested, please see test report. /
Die Q(U)- Regelung wurden geprüft, diese sind im Prüfbericht
hinterlegt.

The reactive power Q with voltage limitation function and Q(P)
controll function were not tested. /
Die Blindleistung Q mit Spannungsbegrenzungsfunktion und die Q(P)
Regelung wurden nicht geprüft.

Figure 12 – Results of reactive power control from [10]

3. Annex 3 – Extract from the test report

Description of methods for the reactive power supply [6]:

The type of the reactive power control on the lowest system level is based on Q.

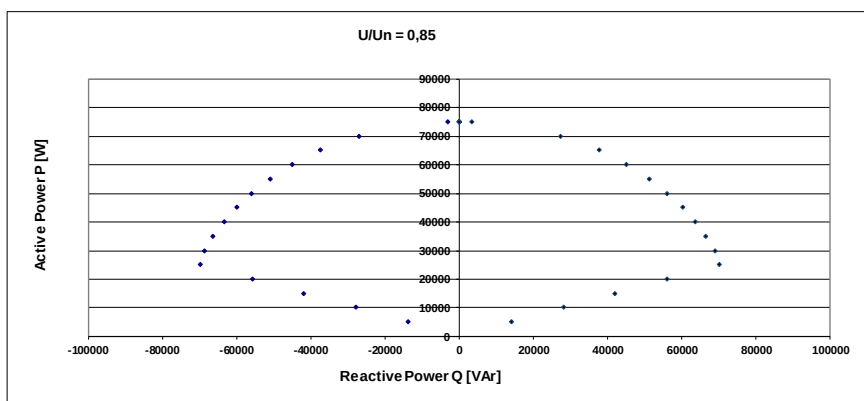
The units provide the following reactive power settings:

- Settable $\cos\phi$ value (Range: +/- 72,5° for ϕ)
- Settable Q value (Range: +/- 95 kvar)
- Configurable Q(P)-curve (No: of supporting points 10)
- Configurable Q(U)-curve (No. of supporting points: 2 / 4 or 20 (depends on used function according to reactive power voltage characteristic curve Q(U) and reactive power with voltage limiting function.
- For battery inverters the similar Q-characteristic is provided in operation status CHARGE. Reactive power Q is limited by a minimum $\cos\phi = 0,3$ and by the max. apparent power $1,73 \cdot 128 \text{ A} \cdot U_N$ and by the max. rms current 128 A

The resulting voltage dependent PQ operating points as follows [6]:

85% U_N

U/ U_N	0.85			
maxS	75072			
		ind.		cap.
P[%]	Pist[W]	MaxQ[VAr]	Pist[W]	Qist[VAr]
100	75072	0	75072	0
90	75072	0	75072	0
85	75072	0	75072	0
80	75072	0	75072	0
75	75000	-3287	75000	3287
70	70000	-27126	70000	27126
65	65000	-37561	65000	37561
60	60000	-45120	60000	45120
55	55000	-51096	55000	51096
50	50000	-55998	50000	55998
45	45000	-60090	45000	60090
40	40000	-63528	40000	63528
35	35000	-66414	35000	66414
30	30000	-68817	30000	68817
25	25000	-69938	25000	69938
20	20000	-55950	20000	55950
15	15000	-41963	15000	41963
10	10000	-27975	10000	27975
5	5000	-13988	5000	13988

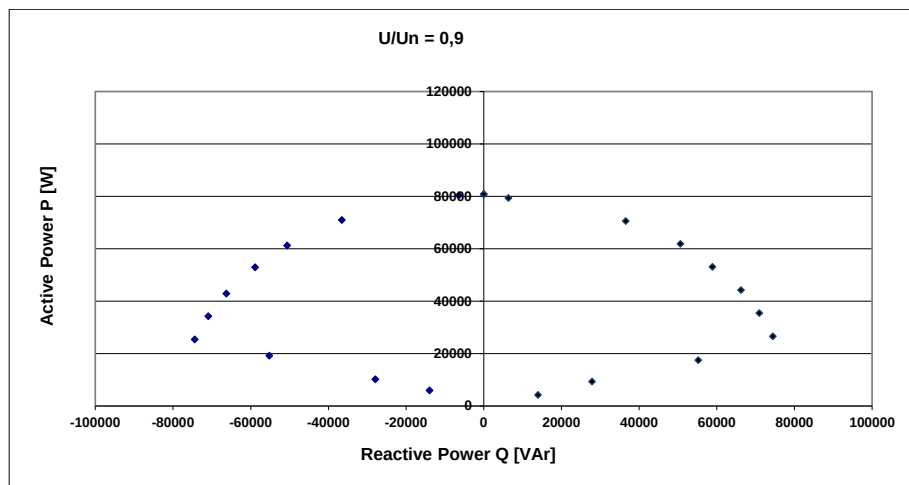




3. Annex 3 – Extract from the test report

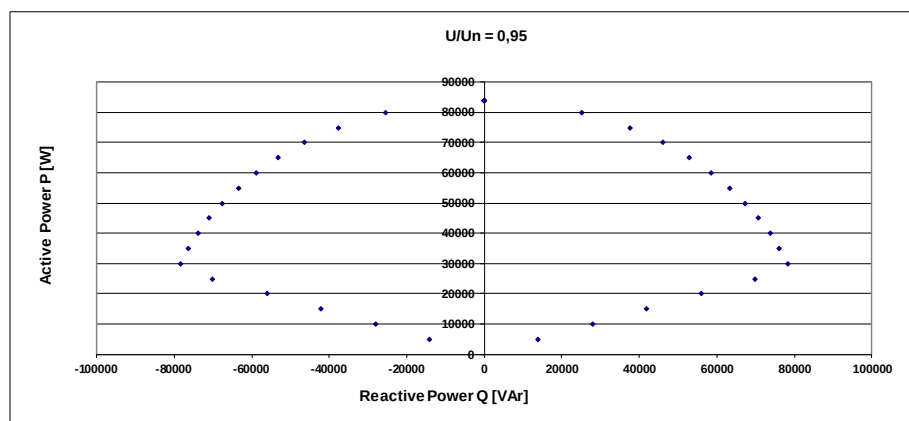
90% Un

U/Un	0.9			
maxS				
		ind.		cap.
P[%]	Pist[W]	Qist[VAr]	Pist[W]	Qist[VAr]
100	80831	0	80767	0
90	80396	-6369	79365	6369
80	71008	-36541	70617	36541
70	61236	-50618	61877	50618
60	52981	-58855	53086	58855
50	42945	-66245	44256	66245
40	34310	-70925	35433	70925
30	25426	-74422	26621	74422
20	19193	-55230	17484	55230
10	10186	-27896	9322	27896
5	6005	-13953	4286	13953



95% Un

U/Un	0.95			
maxS	83904			
		ind.		cap.
P[%]	Pist[W]	Qist[VAr]	Pist[W]	Qist[VAr]
100	83904	0	83904	0
90	83904	0	83904	0
85	83904	0	83904	0
80	80000	-25296	80000	25296
75	75000	-37615	75000	37615
70	70000	-46259	70000	46259
65	65000	-53055	65000	53055
60	60000	-58651	60000	58651
55	55000	-63363	55000	63363
50	50000	-67379	50000	67379
45	45000	-70816	45000	70816
40	40000	-73756	40000	73756
35	35000	-76255	35000	76255
30	30000	-78357	30000	78357
25	25000	-69938	25000	69938
20	20000	-55950	20000	55950
15	15000	-41963	15000	41963
10	10000	-27975	10000	27975
5	5000	-13988	5000	13988

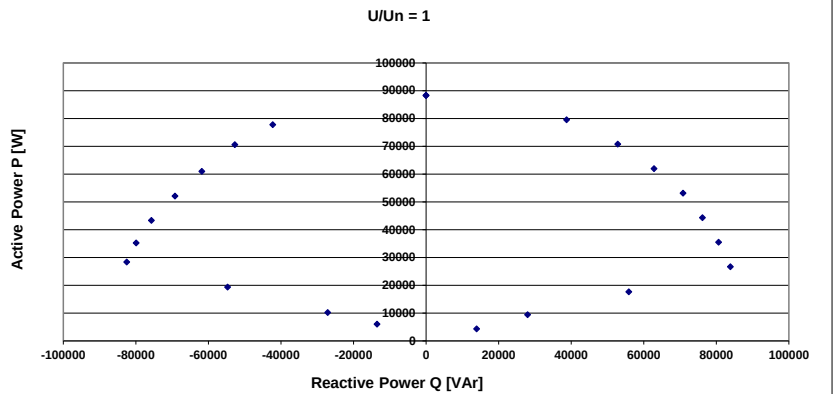




3. Annex 3 – Extract from the test report

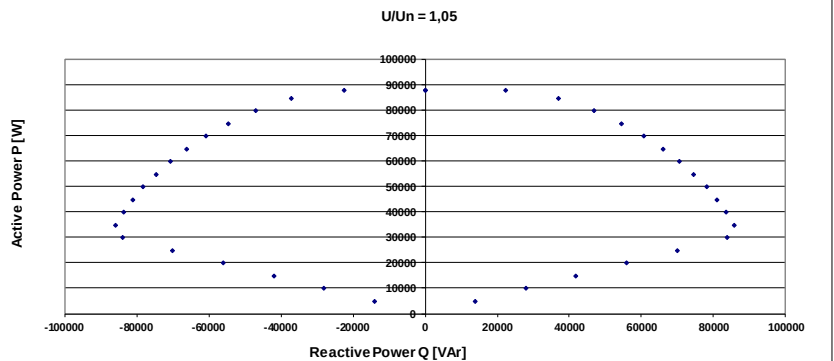
100% Un

U/UN	1			
maxS				
		ind.		cap.
P[%]	Pist[W]	Qist[VAr]	Pist[W]	Qist[VAr]
100	88320	0	88213	0
90	77777	-42233	79519	38753
80	70596	-52685	70756	52835
70	60944	-61819	61930	62829
60	52106	-69203	53101	70850
50	43315	-75691	44267	76188
40	35185	-79922	35461	80639
30	28368	-82504	26644	83906
20	19370	-54717	17639	55909
10	10205	-27107	9390	28008
5	6032	-13500	4299	13952



105% Un

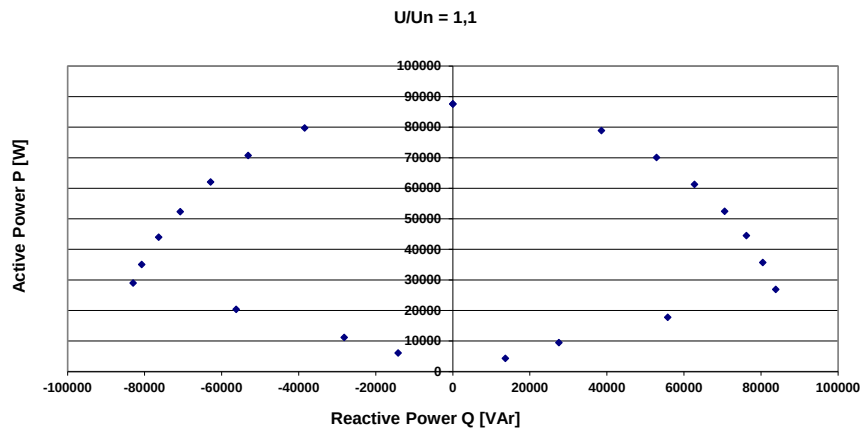
U/UN	1.05			
maxS	88320			
		ind.		cap.
P[%]	Pist[W]	Qist[VAr]	Pist[W]	Qist[VAr]
100	88320	0	88320	0
90	88320	-22360	88320	22360
85	85000	-37081	85000	37081
80	80000	-46904	80000	46904
75	75000	-54543	75000	54543
70	70000	-60827	70000	60827
65	65000	-66144	65000	66144
60	60000	-70710	60000	70710
55	55000	-74666	55000	74666
50	50000	-78102	50000	78102
45	45000	-81086	45000	81086
40	40000	-83666	40000	83666
35	35000	-85878	35000	85878
30	30000	-83926	30000	83926
25	25000	-69938	25000	69938
20	20000	-55950	20000	55950
15	15000	-41963	15000	41963
10	10000	-27975	10000	27975
5	5000	-13988	5000	13988



3. Annex 3 – Extract from the test report

110% Un

U/Un	1.1			
maxS				
		ind.		cap.
P[%]	Pist[W]	Qist[VAr]	Pist[W]	Qist[VAr]
100	87619	0	87598	0
90	79727	-38448	78916	38611
80	70776	-53106	70116	52907
70	62069	-62835	61316	62741
60	52371	-70746	52497	70593
50	44012	-76328	44553	76250
40	35058	-80720	35720	80486
30	28972	-82972	26905	83831
20	20381	-56213	17802	55821
10	11180	-28161	9475	27530
5	6073	-14195	4359	13673



115% Un

U/Un	1.15			
maxS	88320			
		ind.		cap.
P[%]	Pist[W]	Qist[VAr]	Pist[W]	Qist[VAr]
100	88320	0	88320	0
90	88320	-43589	88320	43589
85	85000	-52678	85000	52678
80	80000	-60000	80000	60000
75	75000	-66144	75000	66144
70	70000	-71414	70000	71414
65	65000	-75993	65000	75993
60	60000	-80000	60000	80000
55	55000	-83516	55000	83516
50	50000	-86603	50000	86603
45	45000	-89303	45000	89303
40	40000	-91652	40000	91652
35	35000	-93675	35000	93675
30	30000	-95394	30000	95394
25	25000	-69938	25000	69938
20	20000	-55950	20000	55950
15	15000	-41963	15000	41963
10	10000	-27975	10000	27975
5	5000	-13988	5000	13988

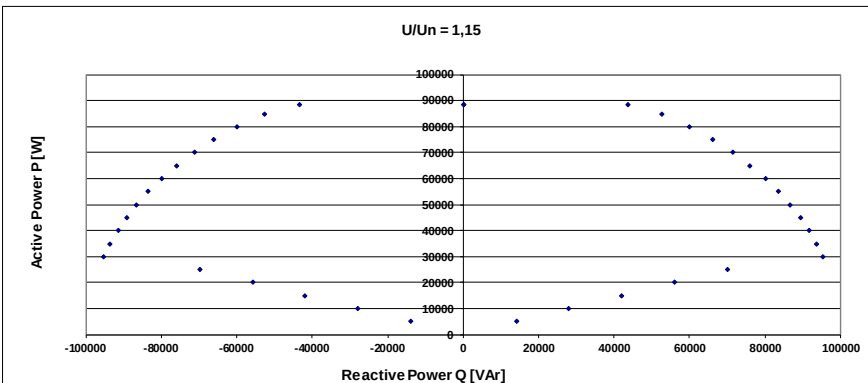


Figure 13 – Voltage dependent PQ operating points from [15]

3. Annex 3 – Extract from the test report

3.4. Protection system (on PGU level)

The following tests were carried out on the PGU integrated protection relay and the generating unit switch, the possible parameter setting of the PGU integrated protection relay is documented in [14], see *Annex 5 – Certification-relevant parameters*:



Extract from the test report - Part 3: Protection system
 Page 10 of 13

Report No.:
 18TH0270_TR3_1_excerpt-part_3_1

4.4 PGU DISCONNECTION FROM THE GRID / PGU DISCONNECTION FROM THE GRID

☒

The test of the whole trip circuit led to a successful shut down. /
 Die Prüfung der Gesamtwirkungskette führte zu einer erfolgreichen Abschaltung.

REFUso1 100K 880P100

	Setting / Einstellwert		Release value / Auslösewert		Disconnection time / Abschaltzeit		Resetting ratio / Rückfallverhältnis	
	[V] / [p.u. U _n] / [Hz]	[ms]	[p.u. U _n] / [Hz]		[ms]			
	Value / Schwelle	Time / Zeit	min.	max.	min.	max.		
Overvoltage protection / Spannungssteigerungsschutz: U>	400	180000	399,9	403,1	180000	180000	☒ ≥ 0,98	
	520	1	517,0	517,3	32,7	75,1	☐ < 0,98	
Overvoltage protection / Spannungssteigerungsschutz: U>>	400	180000	399,9	403,1	180000	180000	----	
	520	1	517,1	517,4	29,9	95,1	----	
Undervoltage protection / Spannungsrückgangsschutz: U<	0,05	1	0,047	0,048	34,7	39,7	☒ ≤ 1,02	
	1	2400	0,995	0,997	2321	2328	☐ > 1,02	
Undervoltage protection / Spannungsrückgangsschutz: U<<	0,05	1	0,048	0,048	33,9	76,1	----	
	1	800	0,994	0,994	723	758	----	
Overfrequency protection / Frequenzsteigerungsschutz: f>	50,00	5000	50,01		4966		----	
	55,00	1	54,95		72,8		----	
Overfrequency protection / Frequenzsteigerungsschutz: f>>	50,00	100	50,01		72,8		----	
	55,00	1	54,95		72,6		----	
Underfrequency protection / Frequenzrückgangsschutz: f<	45,00	1	45,00		80		----	
	50,00	100	49,95		171,8		----	
Underfrequency protection / Frequenzrückgangsschutz: f<<	47,50	1	47,60		84		----	
	50,00	100	50,05		176,8		----	
Operating time of circuit breaker / Eigenzeit der Abschalteinheit [ms] (Manufacturer's data / Herstellerdaten)	≤ 100		☒ by measurement / aus Messung ☐ by test certificate / aus Prüfzertifikat ☐ from manufacturer specification / aus Herstellerangabe					

Note / Anmerkung:
 The following minimum / maximum threshold / trigger time were used for the testing /
 Für die Prüfungen wurde die folgende minimale / maximale Schwelle / Auslösezeit verwendet:

3. Annex 3 – Extract from the test report

Extract from the test report - Part 3: Protection system

Page 11 of 13

Report No.:
18TH0270_TR3_1_excerpt-part_3_1

	Trigger values / times			
	min. threshold	max. threshold	min. delay	max. delay
Overvoltage [U>]	$1,00 \cdot U_n$	$1,30 \cdot U_n$	1 ms	180 s
Overvoltage [U>>]	$1,00 \cdot U_n$	$1,30 \cdot U_n$	1 ms	100 ms
Undervoltage [U<]	$0,10 \cdot U_n$	$1,00 \cdot U_n$	1 ms	2,4 s
undervoltage [U<<]	$0,10 \cdot U_n$	$1,00 \cdot U_n$	1 ms	800 ms
Overfrequency [f>]	50,0 Hz	55,0 Hz	1 ms	5 s
Overfrequency [f>>]	50,0 Hz	55,0 Hz	1 ms	100 ms
Underfrequency [f<]	45,0 Hz	50,0 Hz	1 ms	100 ms
Underfrequency [f<<]	---	---	---	---

Note / Anmerkung:

The units monitor the phase-to-neutral voltages. / Die Einheiten überwachen die Phase-Neutral-Spannungen.

The results of the REFUsol 100K 880P100 can be applied to the and REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 REFUstor 50K 420P050/REFUstor 50K 421P050 directly./

Die Ergebnisse des REFUsol 100K 880P100 können auf den REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 und REFUstor 50K 420P050/REFUstor 50K 421P050 direkt übertragen werden.

3. Annex 3 – Extract from the test report



Extract from the test report - Part 3: Protection system

Page 12 of 13

Report No.: 18TH0270_TR3_1_excerpt-part_3_1

4.5 VERIFICATION OF CONNECTION CONDITIONS / NACHWEIS DER ZUSCHALTBEDINGUNGEN			
4.5.1 Connection without previous protection trigger / Zuschalten ohne vorherige Schutzauslösung			
REFUsoI 100K 880P100			
	Range / Bereich [p.u. U_n] / [Hz]	Cut in occurred within the given range / Zuschaltung erfolgte im angegebenen Bereich	
Voltage / Spannung:	0,90 – 1,10	☒ Yes / Ja	☐ No / Nein
Frequency / Frequenz:	47,5 – 50,2	☒ Yes / Ja	☐ No / Nein
4.5.2 Connection after triggering of the decoupling protection / Zuschalten nach Auslösung der Entkopplungsschutzes			
REFUsoI 100K 880P100			
	Range / Bereich [p.u. U_n] / [Hz]	Cut in occurred within the given range / Zuschaltung erfolgte im angegebenen Bereich	
Undervoltage / Unterspannung:	< 0,95	☐ Yes / Ja	☒ No / Nein
Underfrequency / Unterfrequenz:	$\leq$ 49,9	☐ Yes / Ja	☒ No / Nein
Overfrequency / Überfrequenz:	$\geq$ 50,1	☐ Yes / Ja	☒ No / Nein
Note / Anmerkung: The results of the REFUsoI 100K 880P100 can be applied to the REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 and REFUstor 50K 420P050 / REFUstor 50K 421P050 directly. Die Ergebnisse des REFUsoI 100K 880P100 können auf den REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 und REFUstor 50K 420P050 / REFUstor 50K 421P050 direkt übertragen werden.			

Figure 14 – Results of grid protection from [11]

3. Annex 3 – Extract from the test report

Note (manufacturer's data):

The protection devices on the power generating units have been designed in such a way that the settings can be easily read without additional equipment or if additional equipment is required, the authenticity and identification of the data read out is ensured.

Grid-independent auxiliary energy is supplied to the protection equipment over DC-Supply.

Functionality of the protection functions within the operating ranges (Quasi Steady State ranges) shown can be provided.

An auxiliary energy loss of the protection equipment or the equipment control, respectively, causes the power generation to be switched off without delay.

The voltage transformers are installed at the power generating units on the network side of the of the power generating unit's circuit-breaker to monitor grid voltage.

Operability of the protection functions has been provided before the power generating units start feeding in power.

The coupling switch ensures three-pole galvanic separation.

The coupling switch is designed as specified by the manufacturer. The switching capacity of the coupling switch is stated. according to the type label data (switch-off current is max. inverter current).

The sum of time elements of the protection and switching equipment does not exceed 100 ms.

Description of the interface for on-site testing

The PGU does not provide test terminals for on-site testing. For necessary on-site testing, an external monitoring relay with corresponding test terminals must be installed and the PGU's monitoring parameters must be set accordingly.



3. Annex 3 – Extract from the test report

3.5. Self-protection

The integrated self-protection in the power generating units, works independent of any control functions. The integrated protection functions are implemented in separate software modules and that they operate independent from control functions.

3. Annex 3 – Extract from the test report

3.6. Quasi-static operation

Manufacturer's data from [6]

The unit can be continuously operated within the voltage / frequency range of $85\%U_n$ and $115\%U_n$ / 47.5 Hz and 51,5 Hz. The entire power generating unit / component, respectively, including all its associated parts, (such as, i.a., control and protection equipment,) has been designed for the frequency and voltage ranges of quasi-steady-state operation (*Manufacturer's data*) [15].

3. Annex 3 – Extract from the test report

3.7. Fault ride through capability

Within the adjustable parameter ranges of the grid monitoring the PGU can ride through the symmetrical and asymmetrical faults according to the Fault Ride-Through (FRT) limit curve for a Type 2 power generating plant specified in [6].

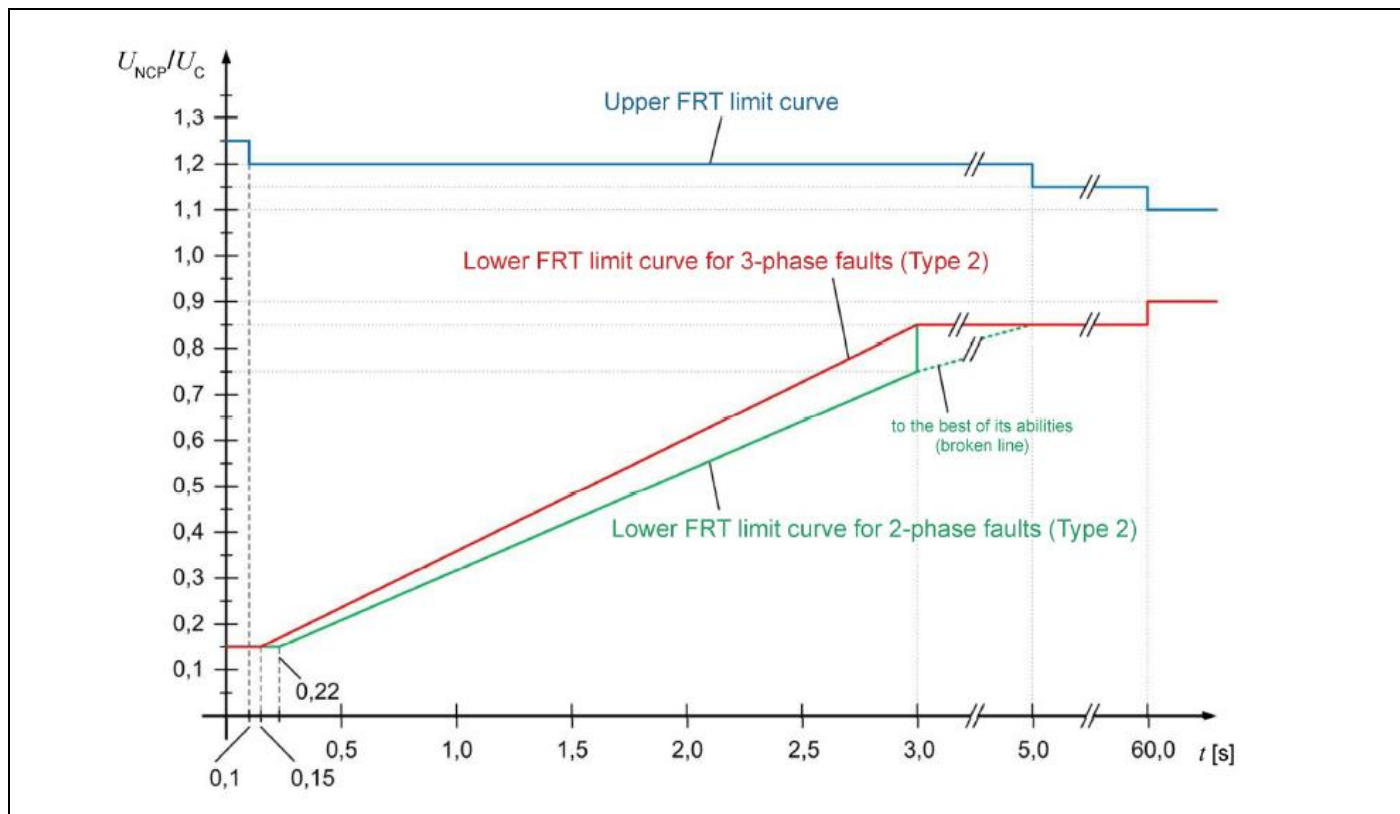


Figure 15 – Verified Fault Ride-Through (FRT) limit curve from [6]

3. Annex 3 – Extract from the test report

3.8. Short-circuit current contributions

In the following the test results are summarized:

REFUsoI 100K 880P100

Ergebnis	0.1			0.2			0.3			0.4		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51 - 53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54 - 56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57 - 59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60 - 62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63 - 65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66 - 68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69 - 71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ergebnis	25.1			25.2			25.3			25.4		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	0.251	0.251	0.251	0.251	0.251	0.251	Die EZE ist in der Lage, mehrfach aufeinanderfolgende Spannungseinbrüche durchzuführen. / The PGU is able to ride through several consecutive voltage dips.			0.543	0.997	0.544
17	0.251			0.251						0.624		
22	0.999			0.998						0.999		
23	0.002			0.002						0.002		
28 ²⁾	-0.006			-0.002						-0.006		
32	-0.982			-0.199						-0.981		
51 - 53	74.1	63.6	39.4	77.7	64.3	43.2				98.2	53.9	55.2
54 - 56	0.175	0.126	0.102	0.183	0.154	0.143				0.242	0.034	0.209
57 - 59	0.939	0.942	0.940	0.938	0.937	0.940				0.923	0.460	0.463
60 - 62	0.938	0.939	0.940	0.941	0.943	0.946				0.922	0.460	0.463
63 - 65	0.940	0.939	0.941	0.939	0.941	0.941				0.923	0.460	0.463
66 - 68	0.938	0.939	0.939	0.938	0.940	0.940				0.923	0.460	0.463
69 - 71	0.936	0.939	0.940	0.937	0.937	0.939				0.922	0.460	0.463
74	0.230			0.175						0.218		

Ergebnis	25.5			50.1			50.2			50.5		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	0.544	0.997	0.544	0.502	0.500	0.501	0.502	0.500	0.500	0.498	0.498	0.497
17	0.624			0.501			0.501			0.497		
22	0.998			1.000			0.998			1.000		
23	0.002			0.002			0.002			0.000		
28 ²⁾	-0.002			-0.006			-0.002			0.021		
32	-0.198			-0.984			-0.199			-0.995		
51 - 53	98.8	53.4	60.9	122.8	133.3	100.7	92.0	60.9	90.5	180.7	180.1	180.7
54 - 56	0.272	0.016	0.277	0.425	0.455	0.392	0.351	0.246	0.289	0.971	0.917	0.895
57 - 59	0.923	0.461	0.463	0.930	0.932	0.932	0.939	0.943	0.942	0.013	0.014	0.014
60 - 62	0.923	0.461	0.463	0.930	0.933	0.933	0.943	0.938	0.942	0.013	0.013	0.013
63 - 65	0.923	0.460	0.463	0.930	0.933	0.933	0.939	0.942	0.945	0.014	0.014	0.013
66 - 68	0.924	0.461	0.463	0.930	0.934	0.934	0.938	0.944	0.943	0.014	0.014	0.013
69 - 71	0.923	0.460	0.463	0.931	0.932	0.934	0.937	0.941	0.943	0.014	0.014	0.013
74	0.009			0.232			0.000			0.053		

Ergebnis	50.3			50.4			50.6			75.1		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	0.661	0.999	0.661	0.660	0.997	0.660	0.897	0.496	0.896	0.751	0.749	0.749
17	0.749			0.748			0.745			0.750		
22	1.000			0.998			1.000			0.999		
23	0.002			0.002			0.001			0.002		
28 ²⁾	-0.006			-0.002			0.043			-0.006		
32	-1.003			-0.198			-0.993			-0.983		
51 - 53	138.1	42.7	109.8	124.9	44.3	81.7	214.0	244.5	172.0	171.8	168.2	167.4
54 - 56	0.413	0.189	0.406	0.329	0.115	0.336	0.661	0.849	0.715	0.893	0.864	0.906
57 - 59	0.948	0.467	0.482	0.943	0.463	0.480	0.026	0.018	0.016	0.936	0.937	0.937
60 - 62	0.949	0.466	0.482	0.943	0.463	0.479	0.026	0.018	0.017	0.937	0.938	0.937
63 - 65	0.948	0.465	0.483	0.942	0.462	0.480	0.026	0.018	0.017	0.936	0.937	0.937
66 - 68	0.949	0.466	0.483	0.943	0.461	0.482	0.026	0.018	0.017	0.936	0.936	0.936
69 - 71	0.950	0.462	0.488	0.942	0.461	0.481	0.026	0.018	0.017	0.933	0.935	0.934
74	0.224			0.002			0.045			0.181		

**3. Annex 3 – Extract from the test report**

Ergebnis	75.2			75.3			75.4			115.2		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	0.751	0.749	0.749	0.750	0.748	0.748	0.758	0.755	0.755	1.180	1.177	1.177
17	0.750			0.749			0.756			1.178		
22	0.998			0.997			1.007			0.999		
23	0.002			0.002			0.003			0.002		
28 ²⁾	-0.002			0.540			-0.551			-0.002		
32	-0.199			-0.193			-0.203			-0.199		
51 - 53	87.8	75.1	88.9	118.7	85.1	117.9	170.6	172.4	157.5	66.9	66.4	65.7
54 - 56	0.351	0.272	0.357	0.396	0.339	0.414	0.781	0.831	0.770	0.230	0.206	0.249
57 - 59	0.523	0.524	0.524	0.228	0.228	0.225	0.975	0.973	0.980	0.365	0.369	0.371
60 - 62	0.525	0.526	0.526	0.227	0.227	0.227	0.974	0.972	0.980	0.368	0.369	0.370
63 - 65	0.525	0.526	0.526	0.227	0.226	0.227	0.974	0.972	0.980	0.369	0.369	0.369
66 - 68	0.522	0.525	0.524	0.227	0.227	0.227	0.976	0.974	0.980	0.368	0.369	0.369
69 - 71	0.517	0.519	0.519	0.229	0.229	0.226	0.975	0.973	0.980	0.363	0.366	0.367
74	0.000			0.000			0.009			0.168		

Ergebnis	75.5			75.6			75.7			80.1		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	0.751	0.750	0.751	0.820	0.999	0.818	0.820	0.998	0.817	0.804	0.804	0.804
17	0.751			0.874			0.874			0.804		
22	0.998			0.999			0.998			1.000		
23	0.001			0.002			0.002			0.000		
28 ²⁾	-0.002			-0.006			-0.002			0.019		
32	-0.199			-0.981			-0.198			-0.994		
51 - 53	68.1	45.8	62.0	183.3	155.1	171.7	86.8	38.9	73.1	176.7	184.2	183.0
54 - 56	0.288	0.231	0.247	0.854	0.680	0.931	0.307	0.100	0.321	0.976	0.978	0.928
57 - 59	0.950	0.949	0.951	0.799	0.449	0.858	0.511	0.114	0.420	0.956	0.953	0.962
60 - 62	0.949	0.948	0.950	0.800	0.446	0.857	0.511	0.114	0.420	0.958	0.952	0.962
63 - 65	0.949	0.948	0.950	0.800	0.448	0.857	0.512	0.114	0.421	0.958	0.955	0.961
66 - 68	0.945	0.944	0.944	0.799	0.446	0.857	0.511	0.116	0.420	0.959	0.955	0.961
69 - 71	0.944	0.945	0.946	0.799	0.454	0.859	0.506	0.113	0.418	0.958	0.952	0.961
74	0.000			0.175			0.000			0.013		

Ergebnis	80.2			75.8			110.1			110.2		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	0.864	1.007	0.861	0.820	0.998	0.819	1.160	0.988	1.158	1.157	0.986	1.155
17	0.908			0.874			1.099			1.097		
22	1.009			0.998			0.999			0.995		
23	0.003			0.002			0.001			0.000		
28 ²⁾	-0.006			0.004			0.022			0.005		
32	-0.983			-0.209			-1.001			-0.230		
51 - 53	179.2	174.2	172.7	160.1	64.4	127.6	168.9	167.3	170.1	41.8	42.4	40.4
54 - 56	0.969	0.963	0.963	0.829	0.287	0.542	0.872	0.927	0.886	0.172	0.217	0.187
57 - 59	0.837	0.586	0.925	0.931	0.372	0.559	0.796	0.863	0.495	0.451	0.382	0.092
60 - 62	0.839	0.588	0.925	0.932	0.372	0.560	0.795	0.865	0.499	0.453	0.383	0.094
63 - 65	0.839	0.589	0.925	0.928	0.369	0.560	0.799	0.861	0.500	0.450	0.382	0.092
66 - 68	0.839	0.590	0.925	0.929	0.370	0.560	0.801	0.862	0.500	0.450	0.382	0.091
69 - 71	0.836	0.587	0.925	0.916	0.360	0.556	0.795	0.863	0.495	0.451	0.382	0.092
74	0.015			0.164			0.165			0.006		

Ergebnis	85.1			110.3			115.1			-		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	0.880	0.878	0.879	1.121	1.118	1.117	1.181	1.178	1.177	-	-	-
17	0.879			1.119			1.178			-		
22	0.998			0.999			1.000			-		
23	0.001			0.002			0.002			-		
28 ²⁾	-0.002			-0.002			-0.006			-		
32	-0.199			-0.199			-0.983			-		
51 - 53	54.0	51.0	46.1	48.3	52.1	52.5	99.0	97.3	91.6	-	-	-
54 - 56	0.229	0.234	0.213	0.187	0.199	0.194	0.434	0.385	0.389	-	-	-
57 - 59	0.291	0.288	0.290	0.271	0.273	0.275	0.546	0.546	0.545	-	-	-
60 - 62	0.287	0.288	0.287	0.272	0.273	0.273	0.545	0.545	0.546	-	-	-
63 - 65	0.291	0.289	0.290	0.272	0.273	0.273	0.545	0.546	0.547	-	-	-
66 - 68	0.289	0.290	0.290	0.272	0.272	0.272	0.544	0.545	0.548	-	-	-
69 - 71	0.286	0.286	0.286	0.269	0.272	0.274	0.544	0.544	0.542	-	-	-
74	0.000			0.163			0.245			-		

3. Annex 3 – Extract from the test report

Note:

Die Ergebnisse in der Tabelle sind anhand der Tabelle 4-70 in FGW TR3 (Rev.25) wie folgt durchnummeriert /
The results in the table are numbered according to Table 4-70 in FGW TR3 (Rev.25) as follows :

¹⁾ A / B / C kennzeichnen die Phase-Phase-Spannungen (L12, L23, L31) oder die Phasenströme (L1, L2, L3). /
A / B / C indicate the phase-phase voltages (L12, L23, L31) or the phase currents (L1, L2, L3).

²⁾ Untererregter / induktiver Blindstrom hat ein negatives Vorzeichen, übererregter / kapazitiver Blindstrom hat ein positives Vorzeichen, das Vorzeichen der Blindleistung ist gleich wie Blindstrom. /
Under-excited / inductive reactive current has a negative sign, over-excited / capacitive reactive current has a positive sign, the sign of the reactive power is the same as the reactive current.

³⁾ Test für Mehrfachfehler zu nachweisen, dass die EZE in der Lage ist, mehrfach aufeinanderfolgende Spannungseinbrüche durchfahren zu können. /
Test for multiple faults to proven the PGU is able to ride through several consecutive voltage dips.

Nr.:	Parameter	Phasenbezug, Bezugszeit, Wert [Einheit] / Phase reference, Reference time, Value [unit]
16	Istwert Spannungseinbruchtiefe / Spannungserhöhung / Measured value of voltage drop / increase (L12, L23, L31)	Phase-Phase, t1 + 100ms ... t2 zu t1 - 60s ... t1) [p.u. U _n]
17	Istwert Spannungseinbruchtiefe / Spannungserhöhung / Measured value of voltage drop / increase	Mitsystem / Pos. seq., Phase-neutral, t1 + 100ms ... t2 zu t1 - 60s ... t1) [p.u. U _n]
22	Spannung / Voltage	Mitsystem / Pos. seq., Phase-neutral, t1 - 60s bis t1) [p.u. U _n]
23	Spannung / Voltage	Gegensystem / Neg. seq., Phase-neutral, t1 - 60s bis t1) [p.u. U _n]
28 ²⁾	Blindstrom / Reactive current	Mitsystem / Neg. seq., t1 - 60s bis t1) [p.u. I _n]
32	Wirkleistung / Active Power	Gesamt / Total, t1 - 10s ... t1 [p.u. P _n]
51 - 53	Kurzschlussströme Scheitelwerte / Short-circuit currents, peak value (L1,L2,L3)	t1 ... t1 + 20ms [A]
54 - 56	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 ... t1 + 20ms [p.u. I _n]
57 - 59	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 80ms ... t1 + 100ms [p.u. I _n]
60 - 62	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 130ms ... t1 + 150ms [p.u. I _n]
63 - 65	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 280ms ... t1 + 300ms [p.u. I _n]
66 - 68	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 480ms ... t1 + 500ms [p.u. I _n]
69 - 71	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 980ms ... t1 + 1000ms [p.u. I _n]
74	Anschw ingzeit Wirkstrom / Response time of active current	Mitsystem / Pos. seq. [s]

3. Annex 3 – Extract from the test report

REFUstor 88K 420P088 @ 200V

[illegible]

3. Annex 3 – Extract from the test report

Ergebnis	75.2			75.3			75.4			75.5		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
17	-			0.000			-			-		
22	-			0.000			-			-		
23	-			0.000			-			-		
28 ²⁾	-			0.000			-			-		
32	-			0.000			-			-		
51 - 53	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-
54 - 56	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
57 - 59	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
60 - 62	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
63 - 65	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
66 - 68	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
69 - 71	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
74	-			0.000			-			-		

Ergebnis	75.6			75.7			75.8			80.1		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	-	-	-	-	-	-	0.820	0.998	0.822	-	-	-
17	-			-			0.875			-		
22	-			-			0.999			-		
23	-			-			0.001			-		
28 ²⁾	-			-			-0.002			-		
32	-			-			-0.391			-		
51 - 53	-	-	-	-	-	-	132.1	72.5	102.8	-	-	-
54 - 56	-	-	-	-	-	-	0.490	0.146	0.517	-	-	-
57 - 59	-	-	-	-	-	-	0.909	0.261	0.653	-	-	-
60 - 62	-	-	-	-	-	-	0.906	0.256	0.656	-	-	-
63 - 65	-	-	-	-	-	-	0.906	0.251	0.662	-	-	-
66 - 68	-	-	-	-	-	-	0.903	0.242	0.670	-	-	-
69 - 71	-	-	-	-	-	-	0.903	0.242	0.671	-	-	-
74	-			-			0.007			-		

Ergebnis	80.2			85.1			110.1			110.2		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-			-			-			-		
22	-			-			-			-		
23	-			-			-			-		
28 ²⁾	-			-			-			-		
32	-			-			-			-		
51 - 53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54 - 56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57 - 59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60 - 62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63 - 65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66 - 68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69 - 71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	-			-			-			-		

3. Annex 3 – Extract from the test report

Note:

Die Ergebnisse in der Tabelle sind anhand der Tabelle 4-70 in FGW TR3 (Rev.25) wie folgt durchnummeriert /
The results in the table are numbered according to Table 4-70 in FGW TR3 (Rev.25) as follows :

¹⁾ A / B / C kennzeichnen die Phase-Phase-Spannungen (L12, L23, L31) oder die Phasenströme (L1, L2, L3). /
A / B / C indicate the phase-phase voltages (L12, L23, L31) or the phase currents (L1, L2, L3).

²⁾ Untererregter / induktiver Blindstrom hat ein negatives Vorzeichen, übererregter / kapazitiver Blindstrom hat ein positives Vorzeichen, das Vorzeichen der Blindleistung ist gleich wie Blindstrom. /
Under-excited / inductive reactive current has a negative sign, over-excited / capacitive reactive current has a positive sign, the sign of the reactive power is the same as the reactive current.

³⁾ Test für Mehrfachfehler zu nachweisen, dass die EZE in der Lage ist, mehrfach aufeinanderfolgende Spannungseinbrüche durchfahren zu können. /
Test for multiple faults to proven the PGU is able to ride through several consecutive voltage dips.

Nr.:	Parameter	Phasenbezug, Bezugszeit, Wert [Einheit] / Phase reference, Reference time, Value [unit]
16	Istwert Spannungseinbruchtiefe / Spannungserhöhung / Measured value of voltage drop / increase (L12, L23, L31)	Phase-Phase, t1 + 100ms ... t2 zu t1 - 60s ... t1) [p.u. U _n]
17	Istwert Spannungseinbruchtiefe / Spannungserhöhung / Measured value of voltage drop / increase	Mitsystem / Pos. seq., Phase-neutral, t1 + 100ms ... t2 zu t1 - 60s ... t1) [p.u. U _n]
22	Spannung / Voltage	Mitsystem / Pos. seq., Phase-neutral, t1 - 60s bis t1) [p.u. U _n]
23	Spannung / Voltage	Gegensystem / Neg. seq., Phase-neutral, t1 - 60s bis t1) [p.u. U _n]
28 ²⁾	Blindstrom / Reactive current	Mitsystem / Neg. seq., t1 - 60s bis t1) [p.u. I _n]
32	Wirkleistung / Active Power	Gesamt / Total, t1 - 10s ... t1 [p.u. P _n]
51 - 53	Kurzschlussströme Scheitelwerte / Short-circuit currents, peak value (L1,L2,L3)	t1 ... t1 + 20ms [A]
54 - 56	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 ... t1 + 20ms [p.u. I _n]
57 - 59	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 80ms ... t1 + 100ms [p.u. I _n]
60 - 62	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 130ms ... t1 + 150ms [p.u. I _n]
63 - 65	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 280ms ... t1 + 300ms [p.u. I _n]
66 - 68	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 480ms ... t1 + 500ms [p.u. I _n]
69 - 71	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 980ms ... t1 + 1000ms [p.u. I _n]
74	Anschwingzeit Wirkstrom / Response time of active current	Mitsystem / Pos. seq. [s]

3. Annex 3 – Extract from the test report

REFUstor 100K 421P100

Ergebnis	25.1			25.2			25.3			25.4		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	-	-	-	0,252	0,251	0,251	Die EZE ist in der Lage, mehrfach aufeinanderfolgende Spannungseinbrüche durchzufahren. / The PGU is able to ride through several consecutive voltage dips.	-	-	-	-	-
17	-	-	-	0,251	-	-		-	-	-	-	-
22	-	-	-	0,999	-	-		-	-	-	-	-
23	-	-	-	0,002	-	-		-	-	-	-	-
28 ²⁾	-	-	-	-0,020	-	-		-	-	-	-	-
32	-	-	-	0,199	-	-		-	-	-	-	-
51 - 53	-	-	-	61,1	59,1	47,0		-	-	-	-	-
54 - 56	-	-	-	0,275	0,263	0,240		-	-	-	-	-
57 - 59	-	-	-	0,937	0,941	0,941		-	-	-	-	-
60 - 62	-	-	-	0,937	0,939	0,935		-	-	-	-	-
63 - 65	-	-	-	0,935	0,939	0,940		-	-	-	-	-
66 - 68	-	-	-	0,936	0,939	0,939		-	-	-	-	-
69 - 71	-	-	-	0,938	0,940	0,941		-	-	-	-	-
74	-	-	-	0,013	-	-		-	-	-	-	-
Ergebnis	25.5			50.1			50.2			50.5		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51 - 53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54 - 56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57 - 59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60 - 62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63 - 65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66 - 68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69 - 71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ergebnis	50.3			50.4			50.6			75.1		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	-	-	-	0,661	0,998	0,661	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	0,749	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	0,998	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-
28 ²⁾	-	-	-	0,007	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	0,199	-	-	-	-	-	-	-	-
51 - 53	-	-	-	84,5	69,2	40,3	-	-	-	-	-	-
54 - 56	-	-	-	0,283	0,295	0,135	-	-	-	-	-	-
57 - 59	-	-	-	0,936	0,471	0,465	-	-	-	-	-	-
60 - 62	-	-	-	0,935	0,471	0,465	-	-	-	-	-	-
63 - 65	-	-	-	0,935	0,472	0,464	-	-	-	-	-	-
66 - 68	-	-	-	0,935	0,472	0,463	-	-	-	-	-	-
69 - 71	-	-	-	0,932	0,473	0,459	-	-	-	-	-	-
74	-	-	-	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-



3. Annex 3 – Extract from the test report

Ergebnis	75.2			75.3			75.4			75.5		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	0.751	0.749	0.749	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	0.750			-			-			-		
22	0.998			-			-			-		
23	0.002			-			-			-		
28 ²⁾	-0.020			-			-			-		
32	0.199			-			-			-		
51 - 53	49.2	60.4	48.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54 - 56	0.221	0.258	0.236	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57 - 59	0.549	0.551	0.553	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60 - 62	0.552	0.552	0.553	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63 - 65	0.554	0.555	0.556	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66 - 68	0.557	0.557	0.557	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69 - 71	0.552	0.553	0.554	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	0.003			-			-			-		

Ergebnis	75.6			0			75.8			80.1		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
17	-			0.000			-			-		
22	-			0.000			-			-		
23	-			0.000			-			-		
28 ²⁾	-			0.000			-			-		
32	-			0.000			-			-		
51 - 53	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-
54 - 56	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
57 - 59	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
60 - 62	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
63 - 65	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
66 - 68	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
69 - 71	-	-	-	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
74	-			0.000			-			-		

Ergebnis	80.2			85.1			110.1			110.2		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-			-			-			-		
22	-			-			-			-		
23	-			-			-			-		
28 ²⁾	-			-			-			-		
32	-			-			-			-		
51 - 53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54 - 56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57 - 59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60 - 62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63 - 65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66 - 68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69 - 71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	-			-			-			-		

Ergebnis	110.3			115.1			115.2			-		
	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾
16	-	-	-	-	-	-	1.180	1.177	1.176	-	-	-
17	-			-			1.178			-		
22	-			-			0.999			-		
23	-			-			0.002			-		
28 ²⁾	-			-			-0.020			-		
32	-			-			0.199			-		
51 - 53	-	-	-	-	-	-	42.3	61.7	54.7	-	-	-
54 - 56	-	-	-	-	-	-	0.157	0.196	0.212	-	-	-
57 - 59	-	-	-	-	-	-	0.353	0.353	0.353	-	-	-
60 - 62	-	-	-	-	-	-	0.355	0.354	0.354	-	-	-
63 - 65	-	-	-	-	-	-	0.357	0.358	0.358	-	-	-
66 - 68	-	-	-	-	-	-	0.355	0.359	0.357	-	-	-
69 - 71	-	-	-	-	-	-	0.353	0.354	0.353	-	-	-
74	-			-			0.015			-		

3. Annex 3 – Extract from the test report

Nr.:	Parameter	Phasenbezug, Bezugszeit, Wert [Einheit] / Phase reference, Reference time, Value [unit]
16	Istwert Spannungseinbruchtiefe / Spannungserhöhung / Measured value of voltage drop / increase (L12, L23, L31)	Phase-Phase, t1 + 100ms ... t2 zu t1 - 60s ... t1) [p.u. U _n]
17	Istwert Spannungseinbruchtiefe / Spannungserhöhung / Measured value of voltage drop / increase	Mitsystem / Pos. seq., Phase-neutral, t1 + 100ms ... t2 zu t1 - 60s ... t1) [p.u. U _n]
22	Spannung / Voltage	Mitsystem / Pos. seq., Phase-neutral, t1 - 60s bis t1) [p.u. U _n]
23	Spannung / Voltage	Gegensystem / Neg. seq., Phase-neutral, t1 - 60s bis t1) [p.u. U _n]
28 ²⁾	Blindstrom / Reactive current	Mitsystem / Neg. seq., t1 - 60s bis t1) [p.u. I _n]
32	Wirkleistung / Active Power	Gesamt / Total, t1 - 10s ... t1 [p.u. P _n]
51 - 53	Kurzschlussströme Scheitelwerte / Short-circuit currents, peak value (L1,L2,L3)	t1 ... t1 + 20ms [A]
54 - 56	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 ... t1 + 20ms [p.u. I _n]
57 - 59	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 80ms ... t1 + 100ms [p.u. I _n]
60 - 62	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 130ms ... t1 + 150ms [p.u. I _n]
63 - 65	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 280ms ... t1 + 300ms [p.u. I _n]
66 - 68	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 480ms ... t1 + 500ms [p.u. I _n]
69 - 71	Kurzschlussströme 1-Perioden-Effektivwert / Short-circuit currents, 1-period RMS value (L1,L2,L3)	t1 + 980ms ... t1 + 1000ms [p.u. I _n]
74	Anschwingzeit Wirkstrom / Response time of active current	Mitsystem / Pos. seq. [s]

Figure 16 – Summary results of short-circuit current contributions

The following reference values are applied for calculation of the p.u. values specified in the table above:

	REFUso1 100K 880P100	REFUstor 88K 420P088	REFUstor 100K 421P100
Rated active power, P _n [kW]	88		
Rated voltage (phase-to-phase), U _n [V]	400		
Rated current, I _n [A]	128		
	REFUstor 50K 421P050	REFUstor 50K 420P050	
Rated active power, P _n [kW]	50		
Rated voltage (phase-to-phase), U _n [V]	400		
Rated current, I _n [A]	128		
The FRT behaviour of the REFUso1 100K 880P100 can be applied to REFUstor 88K 420P088, REFUstor 100K 421P100 and REFUstor 50K 421P050 / REFUstor 50K 420P050.			

3. Annex 3 – Extract from the test report

Parameters necessary for calculating the short-circuit currents as specified in DIN EN 60909-0 (VDE 0102) [5]
(*Manufacturer's data* from [15]):

Herstellerangabe erforderlich: / <i>Manufacturer specifications needed:</i>			Maximum rms short-circuit current is 128 A.
Table 12 – Extent of the information on short-circuit current contributions to be given in the unit certificate			$I_{skPF} = I_{(1)sk2PF} = I_{(2)sk1PF} = 128 \text{ A}$
			min. $Z_{(2)PF} = 0,54 \Omega$
Type of power generating unit	Information	Symbol	
Power generating units with full-scale converters	R.m.s. value of the source current for three-phase fault	I_{skPF}	
	R.m.s. value of the source current for two-phase fault	$I_{(1)sk2PF}$	
	R.m.s. value of the source current for single-phase fault	$I_{(1)sk1PF}$	
	Negative-sequence short-circuit impedance (manufacturer information for integer k-factors only)	$Z_{(2)PF}$	

Figure 17 – Parameters necessary for calculating the short-circuit currents according to DIN EN 60909-0

4. Annex 4 – Validated simulation model

4.1. General information about the simulation model [7]:

Simulation environment used for creation of the PGU model:	PowerFactory 2020	
Simulation environment used for conducting simulation/validation:	PowerFactory 2021 SP5 (x64)	
Data format of the simulation model:	.pfd: PowerFactory model file .zip: Compressed file archive	
Identification number of the validated model of the generating unit:	File name: REFU_TG4.zip MD5 - Checksum: 582445af419417efa64b7a376de86b36 Archive content: File name: REFUsoI/REFUstor_REFU_TR4.pfd MD5 - Checksum: 2628c18746c5ae8bbc3507abf2a47755	
Certification the PGU according to:	☒ VDE-AR-N 4110:2018-11	
Available model documentation:	Test Report_REFU_TG4 model REFUsoI_20220809.pdf (09.08.2022)	
Model type:	☐ EMT model	☒ RMS model
The model is suitable for	☒ static simulation ☒ simulation of symmetrical and asymmetrical faults	☒ dynamic simulation ☐ only simulation of symmetrical faults
Implemented FRT modes:	☒ Full dynamic grid support ☒ Limited dynamic grid support	
Is k-factor adjustable?	☒ yes	☐ no
Further functions implemented in the model:	See 4.3 Model parameters [7]	
Is a simulation on a PGS configuration with SCR = 5 possible?	☒ yes	☐ no, for a stable simulation the SCR has to be limited to: _____

4. Annex 4 – Validated simulation model



Page 21 of 316

Report No.: 18TH0270_TR4_1

A2. General information

2.1 Data format

PowerFactory model file

2.2 Explicit identification number of the computational model of the generating unit

Name: REFU_TG4.zip
MD5 – Checksum: 582445af419417efa64b7a376de86b36
Archive content:

Name der Datei	MD5 – Prüfsumme	Beschreibung
REFUsoI/REFUstor_REFU_TR4.pfd	2628c18746c5ae8bbc3507abf2a47755	Encrypted PowerFactory model for inverter REFUsoI/REFUstor.

2.3 Description of the simulation environment used for creation of the PGU model

Name: PowerFactory
Software version: 2020
Note (manufacturer's information):
It is recommended that run the model in PowerFactory 2020 but newer version can be theoretically used.
Solver setting for running the simulation model see *Annex 4 – Setting for calculation of initial conditions*.

2.4 Description of the simulation environment used for conducting simulation/validation

Name: PowerFactory
Software version: 2021 SP5 (x64)

2.5 Description of the provided model documentation

Name: Test Report_REFU_TG4 model REFUsoI_20220809.pdf
(Issue: V3.0, date: 09.08.2022)

Note:

Other Documented Simulation model:
REFUsoI/REFUstor_REFU_Family.pfd
MD5 – Checksum: e57e703968bde4b8794057a45089021f
REFUsoI/REFUstor_REFU_EZA.pfd
MD5 – Checksum: cdb9c6a5c16047fca242369bf479f1c1

4. Annex 4 – Validated simulation model

4.2. Description of the PGU simulation model [7]:

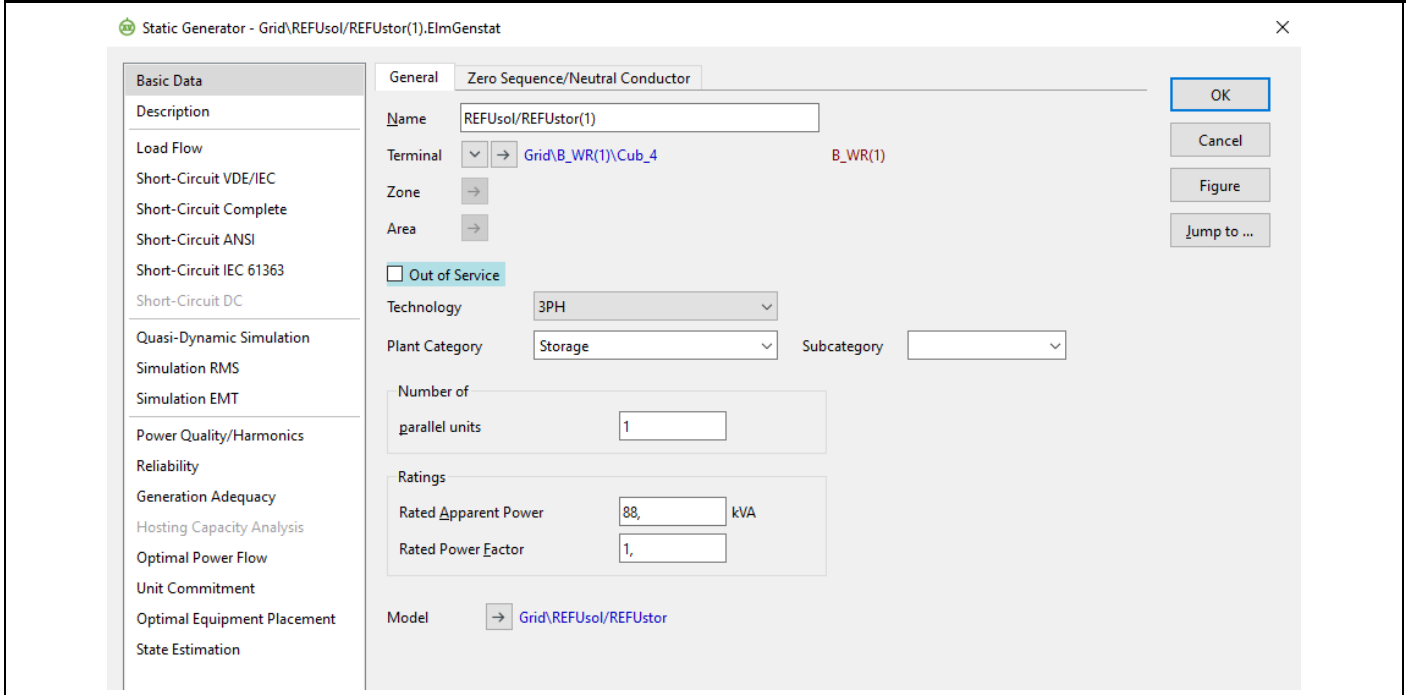
The simulation models of the REFUsol/REFUstor_REFU_TR4_20220420.pfd are implemented in DIgSILENT Power Factory Version 2020. In time-domain the static generator model acts as a current source and is suitable for RMS simulations. It is recommended that the integration step size to be set to 1 ms for the simulations.

Description of the main control circuit (Figure 18, Figure 19 & Figure 20):

The PV inverter is represented by the built-in Power Factory element Static Generator. The behaviour of dynamic model is determined by the DSL models connected to the Static Generator as showed in Figure 20.

- The measurement block measures the active-reactive power, the voltage, the frequency, and the $\cos(\phi)$ at the PCC.
- The modeling of the dynamic behavior of the controller cannot be directly seen in the pane “RMS Simulation” because this modeling is more complex and was performed with a “Composite Model” named “Inverter Control”.
- The “Power Controller-Details” in the Figure 6 is a complex control structure which model the behavior of the inverter controller in static and dynamic simulation. The Power Controller-Details DSL element consist of the active power controller, fault controller, reactive power controller and the limiter

4. Annex 4 – Validated simulation model



Static Generator - Grid\REFUso/REFUstor(1).ElmGenstat

Basic Data

Description

Load Flow

Short-Circuit VDE/IEC

Short-Circuit Complete

Short-Circuit ANSI

Short-Circuit IEC 61363

Short-Circuit DC

Quasi-Dynamic Simulation

Simulation RMS

Simulation EMT

Power Quality/Harmonics

Reliability

Generation Adequacy

Hosting Capacity Analysis

Optimal Power Flow

Unit Commitment

Optimal Equipment Placement

State Estimation

General Zero Sequence/Neutral Conductor

Name REFUso/REFUstor(1)

Terminal Grid\B_WR(1)\Cub_4 B_WR(1)

Zone →

Area →

☐ Out of Service

Technology 3PH

Plant Category Storage Subcategory

Number of parallel units 1

Ratings

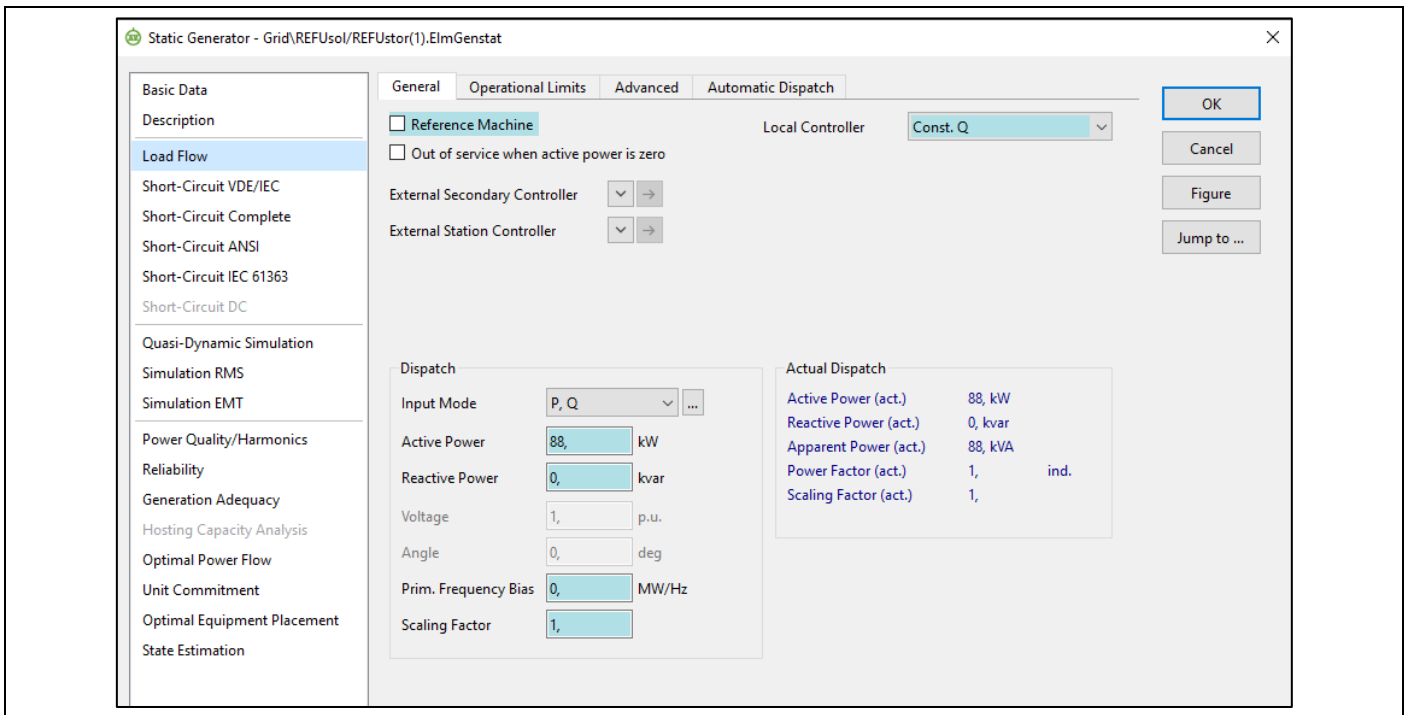
Rated Apparent Power 88, kVA

Rated Power Factor 1,

Model Grid\REFUso/REFUstor

OK Cancel Figure Jump to ...

Figure 18 – Static Generator Dialogue window for *Basic Data*



Static Generator - Grid\REFUso/REFUstor(1).ElmGenstat

Basic Data

Description

Load Flow

Short-Circuit VDE/IEC

Short-Circuit Complete

Short-Circuit ANSI

Short-Circuit IEC 61363

Short-Circuit DC

Quasi-Dynamic Simulation

Simulation RMS

Simulation EMT

Power Quality/Harmonics

Reliability

Generation Adequacy

Hosting Capacity Analysis

Optimal Power Flow

Unit Commitment

Optimal Equipment Placement

State Estimation

General Operational Limits Advanced Automatic Dispatch

☐ Reference Machine Local Controller Const. Q

☐ Out of service when active power is zero

External Secondary Controller →

External Station Controller →

Dispatch

Input Mode P, Q

Active Power 88, kW

Reactive Power 0, kvar

Voltage 1, p.u.

Angle 0, deg

Prim. Frequency Bias 0, MW/Hz

Scaling Factor 1,

Actual Dispatch

Active Power (act.) 88, kW

Reactive Power (act.) 0, kvar

Apparent Power (act.) 88, kVA

Power Factor (act.) 1, ind.

Scaling Factor (act.) 1,

OK Cancel Figure Jump to ...

Figure 19 – Static Generator Dialogue window for *Load Flow – Operational Limits*

4. Annex 4 – Validated simulation model

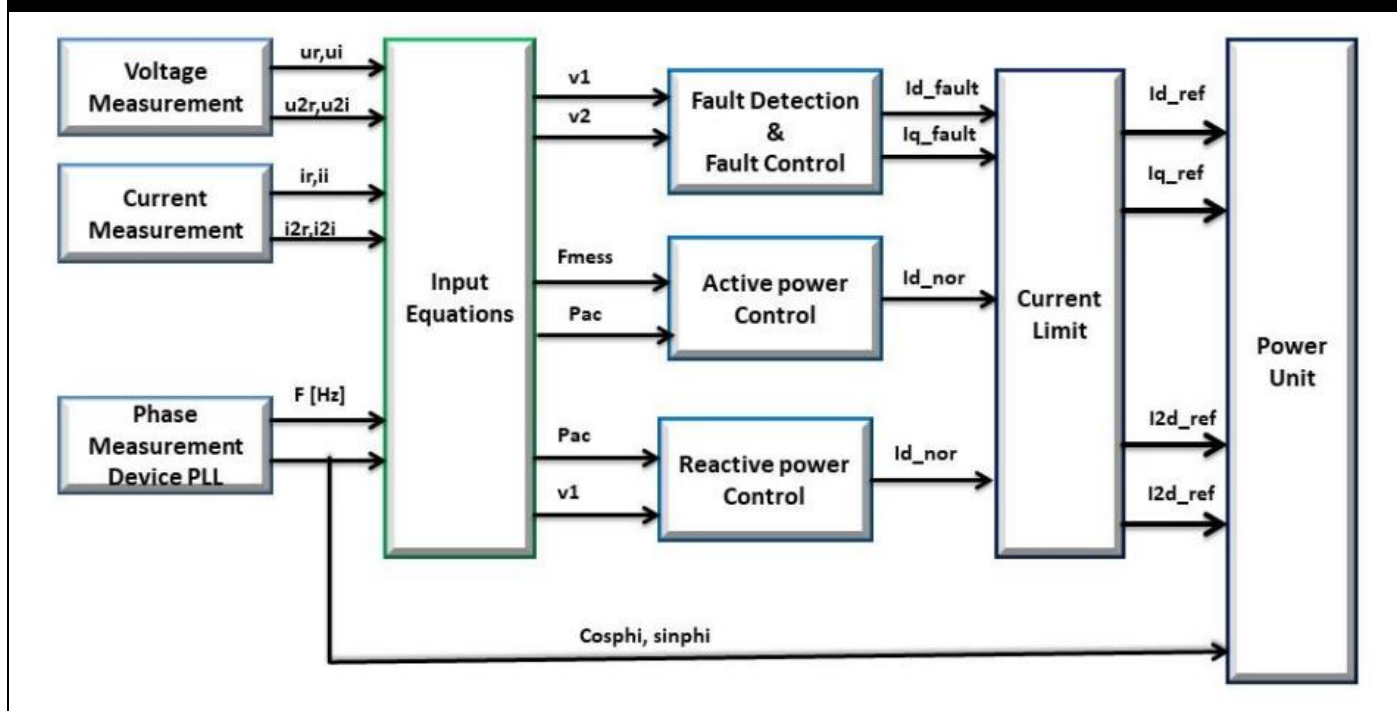


Figure 20 – Control frame of the simulation model

Description of the interface to DC input and AC output (Figure 21):

The PV converter is connected to AC mains via the 0,40 kV three phase busbar (which is the measuring point of the above-mentioned voltage measuring elements) and also contains the relays of the internal disconnection function.

In time-domain simulations the static generator model acts as a current source, no explicit primary energy conversion is implemented.

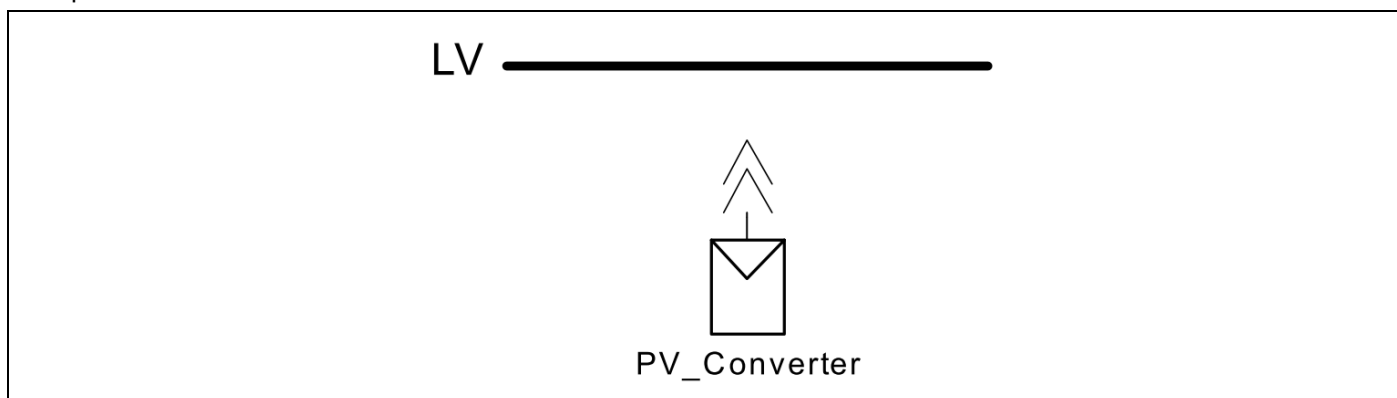


Figure 21 – Interface of the model towards the simulation environment

4. Annex 4 – Validated simulation model

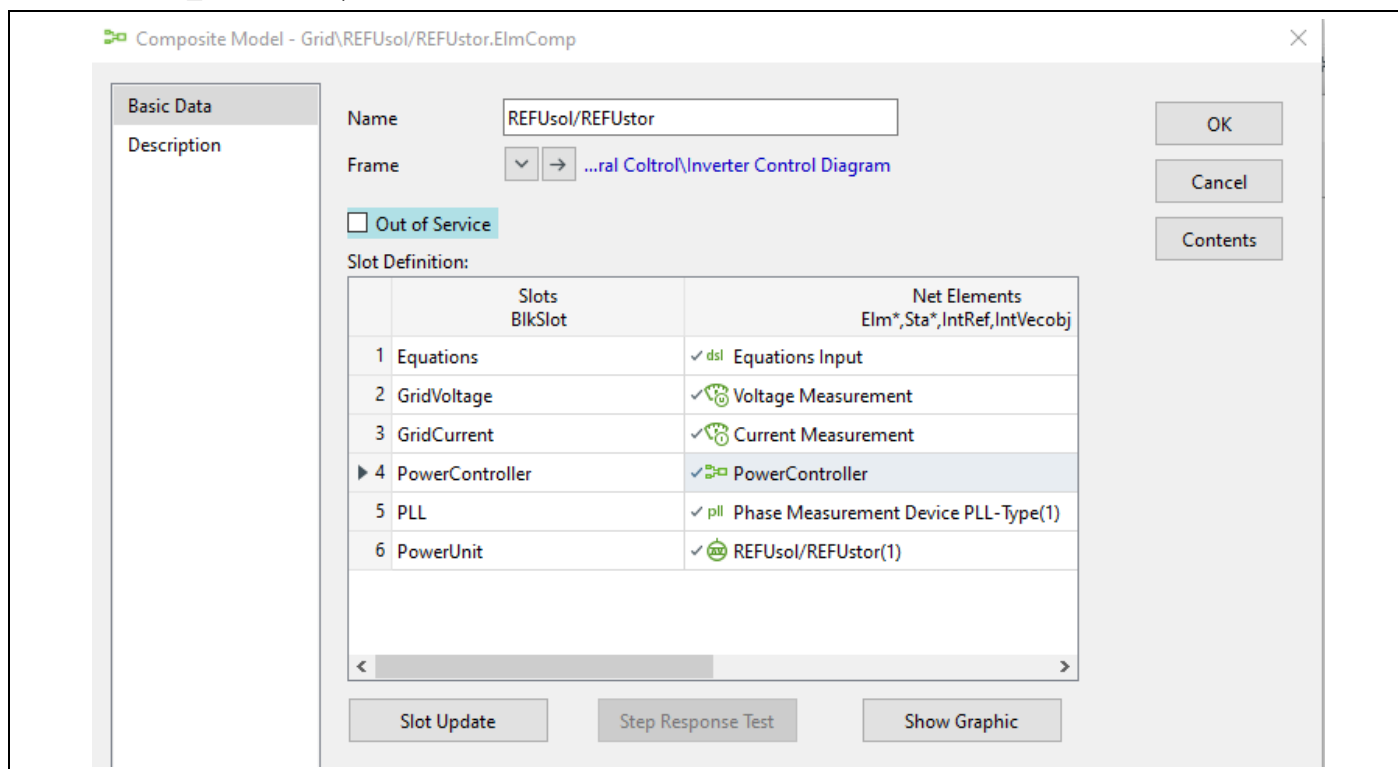
4.3. Model parameters [7]

Description of the accessible parameterization of the model:

The ranges of the following parameters need to be selected in a sensible way: i.e. using the default values or parameter ranges stated in the TG 3 report *18TH0270_TR3_1*.

Figure 22 shows the composite model *DynamicModel "REFUsoI/Refustor.Elm.Comp"* which references to *Control_Frame* showed in Figure 22 and connects to the common model of

- *Power_Controller*;



Composite Model - Grid\REFUsoI/REFUstor.ElmComp

Basic Data

Description

Name: REFUsoI/REFUstor

Frame: ...ral Coltrol\Inverter Control Diagram

☐ Out of Service

Slot Definition:

Slots	BlkSlot	Net Elements
		Elm*,Sta*,IntRef,IntVecobj
1	Equations	✓ dsl Equations Input
2	GridVoltage	✓ Voltage Measurement
3	GridCurrent	✓ Current Measurement
4	PowerController	✓ PowerController
5	PLL	✓ pll Phase Measurement Device PLL-Type(1)
6	PowerUnit	✓ REFUsoI/REFUstor(1)

Slot Update Step Response Test Show Graphic

OK Cancel Contents

Figure 22 – Composite model *DynamicModel* references to *Control_Frame*

4. Annex 4 – Validated simulation model

Via the common models the parameters of the controllers are accessible and can be set:

dsi Common Model - Grid\REFUso\REFUstor\PowerController\Fault_State.ElmDsl

Basic Data Description

General Advanced 1 Advanced 2 Advanced 3

Name: Fault_State

Model Definition: ...Fault detection\Fault_Status_sc.flex

Configuration Script: →

☐ Out of Service ☐ A-stable integration algorithm

Parameter	Value
Tvref Time constant [s]	0,09
k_FRT K factor [0,1,2,3,..]	2,
VLfst Under Voltage Fault_start [pu]	0,9
VLfen Lower Voltage Fault_end [pu]	0,95
tstLF Start Time LVRT [s]	0,02
tendLF End Time LVRT [s]	0,15
VOfst Over Voltage Fault start [pu]	1,1
VOfen Over Voltage Fault end [pu]	1,1
tstOF Start Time OVRT [s]	0,01
tendOF End Time OVRT [s]	0,1
tf Internal Time Constant [s]	0,03
tst Internal Time Constant [s]	0,4
tend Internal Time Constant [s]	0,01
df Internal Constant [pu]	1,
Limit_dyn Limited dynamic grid support [0,1]	0,

Export to Clipboard Set to default Show Graphic

OK Cancel Events Arrays/Matrices

dsi Common Model - Grid\REFUso\REFUstor\PowerController\ActivepowerControl.ElmDsl

Basic Data Description

General Advanced 1 Advanced 2 Advanced 3

Name: ActivepowerControl

Model Definition: ...epowerControl\ActivepowerControl

Configuration Script: →

☐ Out of Service ☐ A-stable integration algorithm

Parameter	Value
T_pref Time Constant [s]	0,01
fUp1 Start of Act. Power Reduction Hf [Hz]	50,2
fLow1 Start of Act. Power Reduction Lf [Hz]	49,8
Pf_gradient Gradient of Act. Power Reduction [%/Hz]	40,
TGradf Time constant [s]	0,01
Grad_minf	-0,01
Grad_maxf	0,01
Event_Rampe_f	0,
Pfalltime	0,1
pfrisetime	0,1
Tred Time constant [s]	1,
Grad_minred	-3,
Grad_maxred	3,
FOffset	0,
Tfilter PT1-Filter Time Constant [s]	0,03

Export to Clipboard Set to default Show Graphic

OK Cancel Events Arrays/Matrices

4. Annex 4 – Validated simulation model

Common Model - Grid\REFUso\REFUstor\PowerController\ReactivepowerControl.ElmDsl

Basic Data

Description

General Advanced 1 Advanced 2 Advanced 3

Name

Model Definition ...owerControl\ReactivepowerControl

Configuration Script

☐ Out of Service ☐ A-stable integration algorithm

Parameter	
T	0,01
Shift	0,
Qmode	0,
Qref	0,
Pf	1,
qsin	1,
Qrefmax	1,

Common Model - Grid\REFUso\REFUstor\PowerController\Limiter.ElmDsl

Basic Data

Description

General Advanced 1 Advanced 2 Advanced 3

Name

Model Definition ...erController-sc flex\Limiter\Limiter

Configuration Script

☐ Out of Service ☐ A-stable integration algorithm

Parameter	
T	0,001
Grad_min	-45,
Grad_max	20,
FRT	1,
Treconn	360,
Tq	0,01
Ti2q Time constant [s]	0,01
Grad_mini2q	-30,
Grad_maxi2q	20,
Ti2d Time constant [s]	0,01
Grad_mini2d	-20,
Grad_maxid2	10,
TQ Time constant [s]	0,0172
Grad_minQ	-25,
Grad_maxQ	25,
Ex_QCont Q External controller [0,1]	0,

4. Annex 4 – Validated simulation model

ds1 Common Model - Grid\REFUsoI\REFUstor\PowerController\Fault equ.ElmDsl

Basic Data

Description

General Advanced 1 Advanced 2 Advanced 3

Name

Model Definition ...x\FaultControl\FaultControl_sc flex

Configuration Script

☐ Out of Service ☐ A-stable integration algorithm

	Parameter
Pmax_fault Active power limit in FRT [pu]	0,002

Figure 23 – Common models from [7]

4. Annex 4 – Validated simulation model

TG4 model for an inverter Controller



Manufacturer: REFU Storage Systems GmbH
 Type: TG4 model REFUsol/REFUstor
 Model Version: 20220420



5.1.5 List of model parameters

Name	Unit	Default Value	Range	Description
Fault State parameters				
Tvref	[s]	0.09	0 to 100	Time constant
k_FRT	[0,1,2,3, ...]	2	0 to 10	K factor
VLFst	[pu]	0.9	0 to 1	Under Voltage Fault_start
VLFen	[pu]	0.95	0 to 1	Lower Voltage Fault_end
tstLF	[s]	0.02	0 to 100	Start Time LVRT
tendLF	[s]	0.15	0 to 100	End Time LVRT
VOFst	[pu]	1.1	0 to 1.15	Over Voltage Fault_start
VOFen	[pu]	1.1	0 to 1.15	Over Voltage Fault end
tstOF	[s]	0.01	0 to 100	Start Time OVRT
tendOF	[s]	0.1	0 to 100	End Time OVRT
tf	[s]	0.03	0 to 100	Internal Time Constant
tst	[s]	0.4	0 to 100	Internal Time Constant
tend	[s]	0.01	0 to 100	Internal Time Constant
df	[pu]	1	0 to 100	Internal Constant
Limit_dyn	[0,1]	0	0 or 1	Limited dynamic grid support
Ulim_dyn	[pu]	0.7	0 to 1	Voltage Limit
Active Power control parameters				
T_pref	[s]	0.01	0 to 100	Time Constant
fUp1	[Hz]	50.2	50.2 to 50.5	Start of Act. Power Reduction Hf
fLow1	[Hz]	49.8	94.5 to 49.8	Start of Act. Power Reduction Lf
Pf_gradient	[%/Hz]	40	0 to 500	Gradient of Act. Power Reduction
TGradf	[s]	0.01	0 to 100	Time constant
Grad_minf	[pu]	-0.01	-100 to 0	Gradient of min
Grad_maxf	[pu]	0.01	-100 to 0	Gradient of max
Event_Rampe_f	[0 or 1]	0	0 or 1	Event ramp function
Pffallteime	[s]	0.1	0 to 100	Time constant
pfrisetime	[s]	0.1	0 to 100	Time constant
Tred	[s]	1	0 to 100	Time constant
Grad_minred	[pu]	-3	-100 to 0	Gradient of min
Grad_maxred	[pu]	3	0 to 100	Gradient of max
FOffset	[pu]	0	0 to 100	F Set
Tfilter	[s]	0.03	0 to 100	PT1-Filter Time Constant

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE
 Heidenhofstrasse 2
 79110 Freiburg
 Germany

Test Report Number: 22-1193
 Doc. Rev.: 3.0 date 09 August 2022
 Page 17 of 82

4. Annex 4 – Validated simulation model

TG4 model for an inverter Controller



Manufacturer: REFU Storage Systems GmbH
 Type: TG4 model REFUsol/REFUstor
 Model Version: 20220420



Pref	[pu]	0.2	-1 to 1	Active power set
Exp	[pu]	0	-1 to 1	Active power set from extern
T	[s]	0	0 to 100	Time constant
TPGradient_back	[s]	0.01	0 to 100	Time constant
PfGradient_back	[pu]	16	0 to 100	Gradient of Act. Power Reduction with p(f)
Pf_function	[0 or 1]	0	0 or 1	P(F) Status (Set zero for REFUstor devices)
imin	[pu]	-1.1	-1 to 0	Min. Current
imax	[pu]	1.1	0 to 1	Max. Current
Reactive Power control parameters				
T	[s]	0,01	0 to 100	Time constant
Shift	[pu]	0	-1 to 1	Shift of the Q(U) control
Qmode	[0,1,2,3]	0	0,1,2, or 3	reactive power controller Qref,Q_Pf,Q_U,Q_P
Qref	[pu]	0	-1 to 1	Reactive power set
Pf	[cos phi]	1	0 to 1	power factor
qsin	1 or -1	1	1 or -1	inductive or Capacitive
Qrefmax	[pu]	1	-1 to 1	Max reactive power
Limiter parameters				
T	[s]	0.001	0 to 100	Time constant
Grad_min	[pu]	-45	-10000 to 0	Gradient min of Act. Power
Grad_max	[pu]	20	0 to 10000	Gradient max of Act. Power
FRT	[0 or 1]	1	0 or 1	FRT function
Treconn	[s]	360	0 to 1000	Reconnection time of Act. Power after voltage less
Pf_min	[-]	0	0 to 1	Minimum cosphi
Tq	[s]	0.01	0 to 100	Time constant
Ti2q	[s]	0.001	0 to 100	Time constant
Grad_mini2q	[pu]	-100	-10000 to 0	Gradient min of i2q
Grad_maxi2q	[pu]	50	0 to 10000	Gradient max of i2q
Ti2d		0.01	0 to 100	Time constant
Grad_mini2d	[pu]	-20	-10000 to 0	Gradient min of i2d
Grad_maxi2d	[pu]	10	0 to 10000	Gradient max of i2d
TQ		0.02	0 to 100	Time constant
Grad_minQ	[pu]	-25	-10000 to 0	Gradient min of reactive power

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE
 Heidenhofstrasse 2
 79110 Freiburg
 Germany

Test Report Number: 22-1193
 Doc. Rev.: 3.0 date 09 August 2022
 Page 18 of 82

4. Annex 4 – Validated simulation model

Grad_maxQ	[pu]	25	0 to 10000	Gradient max of reactive power
Ex-QCont	[0 or 1]	0	0 or 1	External set Q
imax2	[pu]	1	0 to 1	Max current
Fault equ. parameters				
Pmax_fault	[pu]	0.002	0 to 1	Active power limit in FRT
Equations Input parameters				
T	[s]	0	0 to 100	Time constant
TGrad	[s]	0	0 to 100	Time constant
Grad_min	[pu]	-20	-10000 to 0	Gradient min
Grad_max	[pu]	20	0 to 10000	Gradient max
Tf	[s]	0	0 to 100	Time constant
Reactive power control Q(U) characteristic				
Q		U		Unit
0		0		[pu]
-0.15		0.97		[pu]
0,08		1		[pu]
0.277		1.033		[pu]
0.3		2		[pu]
Reactive power control Q(P) characteristic				
Q		P		Unit
0.038		0.55		[pu]
0.2		0.7		[pu]
0.43		0.95		[pu]
0.43		1		[pu]

Note:

The Q(P)- and Q(U)-curve can be defined under

“Common Model – Grid\DynamicModel\Power controller_Control.ElmDs\reactive power control - Basic Data\Advanced 1” (for details see model, **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**))

Name	Unit	Default Value	Description
Frequency Protection			
f>	Hz	49,5	
tf>	s	60	
f> activated	0/1	0	out of service = 0
f>>	Hz	50,05	
tf>>	s	2	
f>> activated	0/1	0	out of service = 0
f<	Hz	49,65	
tf<	s	3	
f< activated	0/1	0	out of service = 0

4. Annex 4 – Validated simulation model

Voltage Protection			
U>	p.u.	1,091	
tU>	s	0	
U> aktiviert	0/1	0	out of service = 0
U>>	p.u.	1,091	
tU>>	s	0,4	
U>> aktiviert	0/1	0	out of service = 0
U<	p.u.	0,909	
tU<	s	0	
U< aktiviert	0/1	1	out of service = 0
U<<	p.u.	0,8	
tU<<	s	0,4	
U<< aktiviert	0/1	0	out of service = 0
Current Protection			
I>>	p.u.	2,99	
tI>>	s	1	
I>> aktiviert	0/1	0	out of service = 0

Figure 24 – Accessible parameters of the model from [7]

4. Annex 4 – Validated simulation model

4.4. Model application guide [7]

Adaption of model parameters for different PGU types

(The other devices of the same series with the nominal power of 50kW, 88kW and 100kW (in which case the limit is to be set in the software of the inverter) and which are therefore technical identical to the base model can be modelled by adapting the base model. This simple adaptation is only possible for the devices with identical topology and the same control. For example, a device with a nominal power of 50 kW and AC nominal voltage 400 V. It should only adjust the nominal values in the template model.

4. Annex 4 – Validated simulation model

Description of the steps for integration of the simulation model in a power generating system project (Manufacturer's information) [7]

1. Import the project "REFUsoI/REFUstor_REFU_TR4.pfd" into PowerFactory 2020 (or later version).
2. Activate the power plant project. Copy the model template in the project "REFUsoI_REFUstor_REFU_TR4" under the folder Library\Templates\ into the folder Library\Templates\ of power plant project.
3. Select the imported model template from the Drawing Tools tool-window (which appears by default on the left-hand side of the graphic window in the PowerFactory 2021) and place the inverter model into the single-line diagram.
4. Select the corresponding Capability Curve of the PGU type in Static Generator \ Load Flow \ Operational Limits page (see Figure 19).
5. Edit the parameters in the DLS models under guidance of manufacturer.
6. Edit the active and reactive power operating point on the Load Flow page of the static generator.
7. Calculate the load flow and ensure that there are no warnings or error messages.
8. Calculate the initial conditions (RMS simulation, symmetrical or unsymmetrical network representation, recommended integration step size: 1 ms constant step size).
9. Define network events and select the variables to be recorded.
10. Start the simulation, plot result variables and observe the converter behaviour.

4. Annex 4 – Validated simulation model

4.5. Scope of the validation and plausibility tests [7]

The simulation model was checked for validity and plausibility according to TG 4 for following test scenarios:

- Validating P setpoint control measured according to TG3 Chapters 4.1.1, 4.1.2 (chapter 3.1.1, 3.1.2 in [3])
- Validating the P-Q diagram measured according to TG3 Chapters 4.2.2 (chapter 3.2.1 in [3])
- Validating the Q measured according to TG3 Chapters 4.2.4 (chapter 3.2.2 in [3])
- Validating all TG3 FRT tests (chapter 3.3, 3.5 and 5 in [3])
- Plausibility tests on single model for different
 - fault types;
 - voltage depth;
 - pre-fault voltages
 - pre-fault active powers
 - pre-fault reactive powers
 - k-factors(chapter 5.5.2 in [3])
- Plausibility tests for typical PGS configuration for different
 - fault types;
 - voltage depth;
 - pre-fault voltages
 - pre-fault active powers
 - pre-fault reactive powers
 - k-factors(chapter 5.5.3.1 in [3])

- Simulating of unsuccessful automatic reconnection for typical PGS configuration (chapter 5.5.3.2 in [3])

For all the test scenarios the simulation ran stably without any error messages and showed satisfying behaviour.

4. Annex 4 – Validated simulation model

4.6. Results of Validating simulation models (PGU) [7]

Summary of validation results REFUsol 100K 880P100

[illegible]

4. Annex 4 – Validated simulation model

Test label according to TG3, chapter 4.6 - Behavior during grid disturbance - Table 4-68 and 4-69	Positive Sequence												Negative Sequence											
	P			Q			I _w			I _b			P			Q			I _w			I _b		
	MXE	MAE	ME	MXE	MAE	ME	MXE	MAE	ME	MXE	MAE	ME	MXE	MAE	ME	MXE	MAE	ME	MXE	MAE	ME	MXE	MAE	ME
0,70 ≤ U _{rest} ≤ 0,80	0.002	0.001	0.001	0.002	-0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	-0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75.2 according to IEC	0.006	0.005	0.005	0.026	0.013	0.015	0.004	0.003	0.003	0.003	0.027	0.011	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3ph / Partial Load / Kp = 2, Kn=2	0.002	0.001	0.002	0.004	-0.002	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.004	-0.002	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pre	0.008	0.007	0.007	0.019	0.014	0.014	0.010	0.009	0.009	0.009	0.015	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75.3 according to IEC	0.018	0.018	0.018	0.023	0.013	0.015	0.024	0.024	0.024	0.024	0.031	0.018	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fault	0.008	0.008	0.008	0.018	0.015	0.015	0.010	0.009	0.009	0.009	0.014	0.011	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Post	0.008	0.007	0.007	0.014	-0.014	0.014	0.008	0.007	0.007	0.007	0.014	-0.013	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0,70 ≤ U _{rest} ≤ 0,80	0.002	0.002	0.002	0.047	0.044	0.046	0.003	0.002	0.002	0.002	0.065	0.061	0.064	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75.4 according to IEC	0.008	0.007	0.008	0.015	-0.013	0.014	0.008	0.008	0.008	0.008	0.014	-0.012	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3ph / Partial Load / Kp = 2, Kn=2	0.002	0.001	0.001	0.002	-0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	-0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75.5 according to IEC	0.015	0.001	0.005	0.044	0.021	0.024	0.015	-0.004	0.008	0.008	0.035	0.006	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3ph / Partial Load / Kp = 4, Kn=4	0.002	0.002	0.002	0.004	-0.001	0.006	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	-0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pre	0.019	0.019	0.019	0.007	-0.006	0.006	0.018	0.017	0.017	0.017	0.007	-0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75.6 according to IEC	0.015	-0.004	0.006	0.018	0.009	0.012	0.015	-0.003	0.006	0.006	0.022	0.011	0.014	0.012	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2ph / Full Load / Kp = 2, Kn=2	0.019	0.017	0.019	0.008	-0.005	0.008	0.017	0.015	0.018	0.008	0.008	-0.005	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pre	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75.7 according to IEC	0.003	-0.002	0.002	0.025	0.017	0.019	0.003	-0.002	0.002	0.002	0.029	0.021	0.022	0.012	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2ph / Partial Load / Kp = 2, Kn=2	0.003	0.002	0.002	0.003	-0.001	0.004	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0,70 ≤ U _{rest} ≤ 0,80	0.010	-0.009	0.009	0.005	0.003	0.003	0.010	-0.009	0.009	0.005	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75.8 according to IEC	0.019	-0.006	0.008	0.021	0.001	0.007	0.022	-0.007	0.008	0.025	0.002	0.002	0.008	0.023	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2ph / Partial Load / Kp = 4, Kn=4	0.010	-0.010	0.010	0.006	-0.001	0.007	0.010	-0.010	0.010	0.006	0.006	0.006	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pre	0.007	0.006	0.006	0.019	0.019	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.019	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fault	0.005	0.002	0.002	0.052	0.042	0.045	0.012	-0.007	0.008	0.060	0.060	0.048	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Post	0.013	0.004	0.006	0.019	0.014	0.014	0.007	-0.001	0.002	0.019	0.019	0.014	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0,75 ≤ U _{rest} ≤ 0,85	0.017	0.017	0.017	0.007	0.006	0.006	0.019	0.019	0.019	0.019	0.007	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75.5 ≤ U _{rest} ≤ 0,85	0.029	0.024	0.026	0.187	-0.178	0.180	0.257	0.251	0.254	0.206	0.206	-0.197	0.199	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80.2	0.018	0.018	0.018	0.010	-0.009	0.009	0.020	0.020	0.020	0.020	0.010	-0.009	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2ph / Full Load / Kp = 2, Kn=2, Limited Mode	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0,85 ≤ U _{rest} ≤ 0,90	0.040	0.001	0.002	0.018	0.004	0.005	0.017	0.000	0.002	0.008	0.019	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
85.1 according to IEC	0.002	0.002	0.002	0.008	-0.005	0.010	0.001	0.002	0.002	0.008	0.008	0.023	0.022	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3ph / Partial Load / Kp = 2, Kn=2	0.001	-0.001	0.001	0.023	0.022	0.022	0.008	-0.008	0.008	0.008	0.023	0.022	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U _{rest} ≥ 1,10	0.001	0.001	0.001	0.002	-0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pre	0.017	-0.010	0.010	0.035	0.029	0.028	0.012	-0.006	0.006	0.031	0.025	0.025	0.025	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fault	0.001	-0.002	0.002	0.023	0.022	0.022	0.008	-0.008	0.008	0.008	0.023	0.022	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Post	0.030	-0.030	0.030	0.005	0.005	0.005	0.032	-0.032	0.032	0.032	0.005	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U _{rest} ≥ 1,10	0.038	-0.037	0.037	0.032	0.022	0.021	0.034	-0.033	0.033	0.028	0.019	0.019	0.019	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110.2 according to IEC	0.030	-0.031	0.031	0.005	0.004	0.005	0.032	-0.032	0.032	0.032	0.005	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2ph / Partial Load / Kp = 2, Kn=2	0.001	0.001	0.001	0.002	-0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U _{rest} ≥ 1,10	0.013	0.002	0.002	0.011	0.000	0.003	0.005	0.002	0.002	0.011	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pre	0.002	0.001	0.002	0.005	0.000	0.004	0.001	0.001	0.001	0.005	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110.3 according to IEC	0.018	0.017	0.017	0.006	-0.006	0.006	0.012																	

5. Annex 5 – Certification-relevant parameters

Parameter list from [14]:

	Firma / Company:	REFU Storage Systems GmbH	Projekt-Nr. / Project-no.:	19THxxxx
	Ansprechpartner / Customer Contact:	Tel.: 07121 1451-839 Email: ronald.kiebler@refustor.com	BV-Kontakt / BV Contact:	Tel: +49 40 74041 - @de.bureauveritas.com

Parameter list of PGU or series

1. General information regarding the Parameter list

Manufacturer:	REFU Storage Systems GmbH
Created by:	Ronald Kiebler
Created on:	2020-01-29
Revised on:	2022-08-18

2. Information regarding the power generating unit

Type designation (clear identification of the type)	Rated power [kW] @400V	Rated active current [A] (with statement of displacement factor at which the current is valid)
421P100.010 REFUstor 100K	88	128 A / PF = 1
420P088.020 REFUstor 88K	88	128 A / PF = 1
421P050.010 REFUstor 50K	50	128 A / PF = 1
420P050.020 REFUstor 50K	50	128 A / PF = 1
880P100.020 REFUstor 100K	88	128 A / PF = 1

3. Parameter set during the measurement

File name:	Implemented in Firmware
Clear identification: (e.g. MD5 checksum)	

☒ No adaptations to the standard parameter set were carried out during the measurement.

☐ The following adaptations were made to the standard parameter set during the measurement:

Parameter (clear identification)	No. in 5	Change	Justification as to why the change does not have an influence on the previous measurement results and these can be used as the result for the certification

4. Main Components of the regulating system

Main components of the control system with firmware and software	
Main component(s) of the control system (Hardware on which the control software is operated)	SR36300.2
Firmware version (clear identification of the firmware)	310-01-06-35-S.zip

5. Annex 5 – Certification-relevant parameters

	Firma / Company:	REFU Storage Systems GmbH	Projekt-Nr. / Project-no.:	19THxxxx
	Ansprechpartner / Customer Contact:	Tel.: 07121 1451-839 Email: ronald.kiebler@refustor.com	BV-Kontakt / BV Contact:	Tel: +49 40 74041 - @de.bureauveritas.com

Software version (clear identification of the software)	
Parameter set (clear identification of the parameter set)	Implemented in FW-package

5. Relevant parameters for the electrical behaviour

General parameter settings (rated values or reference values)						
Parameter set for the default values						
No.	Name	Description	Unit	Setting range		Default value (acc. to parameter set)
				Min.	Max.	
	1450.0	Rated active power	W			50000/88000/ 100000
	1450.1	Max. active power	W			50000/88000/ 100000
		Rated/max. apparent power				See active power
	601.0	Rated voltage (phase-to-earth)	V			230
	1451.0	Rated current	A			128
	979.0	Max. FRT current	A			128
	602.0	Rated frequency	Hz			50
	1070.0	Operating mode				Sol: 1 = MPPT Stor: 0=power setpoint by 1071 or 1076
	1071.0	Active Power setpoint (saved)	W	-100000	100000	0
	1076.0	Active Power setpoint (unsaved)	W	-100000	100000	0
Active power peaks						
	1450.1	Maximum active power limit	W			50000/88000/ 100000
Operating power limited by grid operator						
	1171.0	Active power ramp in case of grid operator specification (increase) by P1162.0	%Pmax/ s			1e+07
	1171.1	Active power ramp in case of grid operator specification (decrease) by P1162.0	%Pmax/ s			1e+07
	1162.0	Ext. power limitation	%Pn*10			1000
	1216.0	If no new parameterization takes place for some time, the power	W			1000

5. Annex 5 – Certification-relevant parameters

	Firma / Company:	REFU Storage Systems GmbH	Projekt-Nr. / Project-no.:	19THxxxx
	Ansprechpartner / Customer Contact:	Tel.: 07121 1451-839 Email: ronald.kiebler@refustor.com	BV-Kontakt / BV Contact:	Tel: +49 40 74041 - @de.bureauveritas.com

No.	Name	Description	Unit	Setting range		Default value (acc. to parameter set)
				Min.	Max.	
		limitation is withdrawn to this value.				
	1217.0	After this time, when no updated setpoint is available, the power limiting is set to the value of P1216.0	s			600
	1770.0	Extern communication controller heartbeat	s			0
	1772.0	Extern communication HeartBeat timeout	s			0
Active power feed-in as a function of grid frequency (only available at overfrequency using 880P100)						
	1232.0	Start frequency P(f) (Start of frequency regulation - power reduction)	Hz			50,2
	1231.0	Gefällefaktor für Leistungsreduzierung dP/P _{nom}	-			20
	1234.0	Active power gradient with P(f)	%P _n /min			2,5
Active power gradient following disconnection from the grid						
	1136.0	Active power pos. gradient	%P _n /s			0,6
	1136.1	Active power neg. gradient	%P _n /s			0,6
Reconnection time following disconnection from the grid						
	1501.0	Time until reconnection	s	0	3600	30
	1501.1	Time until reconnection after grid fault	s	0	3600	600
Reactive power provision						
	1459.0	Cos phi specifications; minimum cos phi	-			0,3
	See P-Q-Diagram	Q specifications				
	1164.0	Q(U) characteristic (add -3% P _N with every value for Q acc. to the given characteristic)	-			15 VDE-AR-N4110 (Bild 8)
	1164.0	Q(U) characteristic (with voltage limiting)	-			13 VDE-AR-N4110 (Bild 10)
	1164.0	Q(P) characteristic	-			14 VDE-AR-N4110 (Bild 9)

5. Annex 5 – Certification-relevant parameters

 BUREAU VERITAS	Firma / Company:	REFU Storage Systems GmbH	Projekt-Nr. / Project-no.:	19THxxxx
	Ansprechpartner / Customer Contact:	Tel.: 07121 1451-839 Email: ronald.kiebler@refustor.com	BV-Kontakt / BV Contact:	Tel: +49 40 74041 - @de.bureauveritas.com

No.	Name	Description	Unit	Setting range		Default value (acc. to parameter set)
				Min.	Max.	
	1164.0	Cos phi (P) characteristic (bidirectional)	-			16
	1164.0	Cos phi (phi)	°			2 VDE-AR- N4110 (10.2.2.4)
	See P-Q- Diagram	Q limit overexcited				
	See P-Q- Diagram	Q limit underexcited				
	1451.0	Apparent current limit	A			128
	See P-Q- Diagram	Q limit at U110% underexcited				
	1402.0	Active power gradient (rise)	A/s			10000
	1402.1	Active power gradient (fall)	A/s			10000
	1402.2	Reactive power gradient (rise)	A/s			10000
	1402.3	Reactive power gradient (fall)	A/s			10000
	1030.1	Reactive power transfer function activation cos phi saved	-			0=off 1= PT1 (Standard) 2=linear
	1030.2	Reactive power transfer function activation cos phi unsaved	-			0=off 1= PT1 (Standard) 2=linear
	1030.13	Reactive power transfer function activation Q(U) with voltage limitation	-			0=off 1= PT1 (Standard) 2=linear
	1030.14	Reactive power transfer function activation Q(P)	-			0=off 1= PT1 (Standard) 2=linear
	1030.15	Reactive power transfer function activation Q(U)	-			0=off 1= PT1 (Standard) 2=linear
	1031.0	PT1 (3tau) of reactive power transfer function	s			10

5. Annex 5 – Certification-relevant parameters

	Firma / Company:	REFU Storage Systems GmbH	Projekt-Nr. / Project-no.:	19THxxxx
	Ansprechpartner / Customer Contact:	Tel.: 07121 1451-839 Email: ronald.kiebler@refustor.com	BV-Kontakt / BV Contact:	Tel: +49 40 74041 - @de.bureauveritas.com

No.	Name	Description	Unit	Setting range		Default value (acc. to parameter set)
				Min.	Max.	
1273.0		Q(P) characteristic Node 1 P	%Pinst			0,1
1274.0		Q(P) characteristic Node 1 Q	%Pn			0
1273.1		Q(P) characteristic Node 2 P	%Pinst			0,2
1274.1		Q(P) characteristic Node 2 Q	%Pn			0
1273.2		Q(P) characteristic Node 3 P	%Pinst			0,3
1274.2		Q(P) characteristic Node 3 Q	%Pn			0
1273.3		Q(P) characteristic Node 4 P	%Pinst			0,4
1274.3		Q(P) characteristic Node 4 Q	%Pn			0
1273.4		Q(P) characteristic Node 5 P	%Pinst			0,5
1274.4		Q(P) characteristic Node 5 Q	%Pn			0
1273.5		Q(P) characteristic Node 6 P	%Pinst			0,6
1274.5		Q(P) characteristic Node 6 Q	%Pn			0,05
1273.6		Q(P) characteristic Node 7 P	%Pinst			0,7
1274.6		Q(P) characteristic Node 7 Q	%Pn			0,143
1273.7		Q(P) characteristic Node 8 P	%Pinst			0,8
1274.7		Q(P) characteristic Node 8 Q	%Pn			0,236
1273.8		Q(P) characteristic Node 9 P	%Pinst			0,9
1274.8		Q(P) characteristic Node 9 Q	%Pn			0,33
1273.9		Q(P) characteristic Node 10 P	%Pinst			1
1274.9		Q(P) characteristic Node 10 Q	%Pn			0,33
1276.0		Q(U) characteristic node 1 U	%Pn			0,96
1276.1		Q(U) characteristic node 2 Q	%Pn			0,33
1276.2		Q(U) characteristic node 3 U	%Pn			1,04
1276.3		Q(U) characteristic node 4 Q	%Pn			-0,33
1277.0		Q(U) voltage deviation	%Pn			0
1278.0		Q(U) voltage deadband	%Un			0
1164.0		Q(U) with voltage limiting characteristic	-			13
1270.0		Q(U) characteristic node 1 U	%Uc			0,94
1270.1		Q(U) characteristic node 1 Q	%Pn			-0,33
1270.2		Q(U) characteristic node 2 U	%Uc			0,96
1270.3		Q(U) characteristic node 2 Q	%Pn			0
1270.4		Q(U) characteristic node 3 U	%Uc			1,04

5. Annex 5 – Certification-relevant parameters

 BUREAU VERITAS	Firma / Company:	REFU Storage Systems GmbH	Projekt-Nr. / Project-no.:	19THxxxx
	Ansprechpartner / Customer Contact:	Tel.: 07121 1451-839 Email: ronald.kiebler@refustor.com	BV-Kontakt / BV Contact:	Tel: +49 40 74041 - @de.bureauveritas.com

No.	Name	Description	Unit	Setting range		Default value (acc. to parameter set)
				Min.	Max.	
	1270.5	Q(U) characteristic node 3 Q	%Pn			0
	1270.6	Q(U) characteristic node 4 U	%Uc			1,06
	1270.7	Q(U) characteristic node 4 Q	%Pn			0,33
	1271.0	Q-deviation	%Pn			0
	Implemented, not configurable	Reactive power-prioritised active power reduction				
System perturbations						
	1501.0	Time until reconnection	s	0	3600	30
	1501.1	Time until reconnection after grid fault	s	0	3600	600
PGU disconnection from the grid						
	902.0	U>> protection	%Un	100	200	125
	903.0	t _u >> protection	s	0,000	3600,000	0,1
	902.1	U> protection	%Un	100	200	0
	903.1	t _u > protection	s	0,000	3600,000	0,000
	900.0	U< protection	%Un	0	100	80
	901.0	t _u < protection	s	0,000	3600,000	1,5
	900.1	U<< protection	%Un	0	100	30
	901.1	t _u << protection	s	0,000	3600,000	0,8
	906.0	f>>frequency	Hz (df)	0,00	50,00	2,5
	907.0	t _r >> frequency	s	0,000	3600,000	0,1
	906.1	f>frequency	Hz (df)	0,00	50,00	1,5
	907.1	t _r > frequency	s	0,000	3600,000	5
	904.0	f<frequency	Hz (df)	-50,00	0,00	-2,5
	905.0	t _r < frequency	s	0,000	3600,000	0,1
	904.1	f<<frequency	Hz (df)	-50,00	0,00	0,00
	905.1	t _r << frequency	s	0,000	3600,000	0,000
	910.0	U>> protection (p-to-p)	%Un	100	200	125
	911.0	t _u >> protection (p-to-p)	s	0,000	3600,000	0,1
	908.0	U< protection (p-to-p)	%Un	0	100	80
	909.0	t _u < protection (p-to-p)	s	0,000	3600,000	1,5
	908.1	U<< protection (p-to-p)	%Un	0	100	30
	909.1	t _u << protection (p-to-p)	s	0,000	3600,000	0,8

5. Annex 5 – Certification-relevant parameters

 BUREAU VERITAS	Firma / Company:	REFU Storage Systems GmbH	Projekt-Nr. / Project-no.:	19THxxxx		
	Ansprechpartner / Customer Contact:	Tel.: 07121 1451-839 Email: ronald.kiebler@refustor.com	BV-Kontakt / BV Contact:	Tel: +49 40 74041 - @de.bureauveritas.com		

No.	Name	Description	Unit	Setting range		Default value (acc. to parameter set)
				Min.	Max.	
Connection conditions						
	1502.1	Limit value connection U>	%Un	100	200	110
	1502.0	Limit value connection U<	%Un	0	100	90
	1503.1	Limit value connection f>	Hz (df)	0,00	50,00	0,2
	1503.0	Limit value connection f<	Hz (df)	-50,00	0,00	-2,5
	1503.2	Limit value connection f> (after grid failure)	Hz (df)	0,00	50,00	0,1
	1503.3	Limit value connection f< (after grid failure)	Hz (df)	-50,00	0,00	-0,1
	1502.3	Limit value connection U> (after grid failure)	%Un	100	200	110
	1502.2	Limit value connection U< (after grid failure)	%Un	0	100	95
		...				
Response during grid faults						
	976.1	UVRT trigger threshold	%Un			0,9
	974.0	k factor	-	0,000	10,000	2
	978.0	No reactive power feed-in no active power feed-in	-			0
	980.0	factor of Un; below this grid voltage threshold, the FRT current is equal to zero (limited dynamic grid support)	-	0	1	0,15
Dynamic response for fault ride-through (FRT) in the case of overvoltage						
	976.0	OVRT trigger threshold	%Un			1,1
	974.0	k factor	-	0,000	10,000	2
	978.0	No reactive power feed-in no active power feed-in	-			0
Self-protection						
	1453.0	U>>> protection	V			332,4
	Hardware	I> overcurrent protection	A			229
	947.0	Temperature protection (heatsink)	°C			125
	947.1	Temperature protection (air)	°C			100

6. Relevant parameters for the electrical behaviour

Reading out the parameters

5. Annex 5 – Certification-relevant parameters

	Firma / Company:	REFU Storage Systems GmbH	Projekt-Nr. / Project-no.:	19THxxxx
	Ansprechpartner / Customer Contact:	Tel.: 07121 1451-839 Email: ronald.kiebler@refustor.com	BV-Kontakt / BV Contact:	Tel: +49 40 74041 - @de.bureauveritas.com

☐ The parameters can be read out using the following software.

Name:	REFUvis
Version:	1.8.0.23

☐ The parameters can be read out using the display in the control system.

7. Interfaces

7.1. Active power specification

Interfaces for the active power reduction by defined setpoint	
Analogue interfaces for active power specification (e.g. 0 V – 10 V, 4 mA – 20 mA)	n/a
Digital interfaces for active power specification (e.g. potential-free inputs, protocol IEC 60870-5-104)	n/a
Measured interface(s)	n/a

7.2. Reactive power specification

Interfaces for the provision of reactive power	
Analogue interfaces for the specification of reactive power (z.B. 0 – 20 mA, 4 - 20 mA, 0 – 10 V or -10 - 10 V, Q or cosφ)	n/a
Digital interfaces for reactive power specification (e.g. protocol IEC 60870-5-104)	n/a
Permanently adjustable, not variable via external setpoints (e.g. cosφ fixed value and Q fixed value, Q(U) characteristic, cosφ(P) characteristic)	
Types of reactive power specification (e.g. cosφ and Q, Q(U) characteristic, cosφ(P) characteristic)	Cos phi, Q, Q(U), Q(P)
Measured interface(s) and type of reactive power specification	
External actual value capture possible? (for example for control at the PCC)	n/a
Measured interface(s)	

Figure 25 – Parameter list from [14]