

Bewertungsbericht

Bericht Nr. 35312196 vom 17.02.2022

Hersteller:	Sommer energy GmbH Unterer Koppenhagen 52 D-37355 Niederorschel
Typ der EZE:	VKM mit direkt gekoppeltem Synchrongenerator (Typ 1)
Bezeichnung der EZE:	SH-Produktfamilie
Technische Daten	Bemessungsscheinleistung: $S_{rE} = 33 - 589 \text{ kVA}$ Bemessungswirkleistung: $P_{rE} = 30 - 530 \text{ kW}$ Bemessungsspannung: $U_r = 400 \text{ V}$ Nennfrequenz: $f_r = 50 \text{ Hz}$ Mindest erforderliche Kurzschlussleistung: $S_k = 15 \text{ MVA}$
Beurteilungsgrundlagen:	VDE-AR-N 4110:2018-11 (TAR Mittelspannung) FGW TR 8 Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften
Auftragsdatum:	25.05.2021
Auftragsnummer:	8119437127
Bearbeiter:	Christian Unterschermann
Version::	1.0

Dieser Bericht umfasst 50 Seiten

Die auszugsweise Vervielfältigung dieses technischen Berichts und die Verwendung zu Werbezwecken bedürfen der schriftlichen Genehmigung der TÜV NORD CERT GmbH. Dieser technische Bericht stellt das Ergebnis der Prüfung auf Grundlage der Herstellerangaben dar.

Versionsindex

Version	Ersteller	Änderungen
1.0	Ch. Unterschermann	Ersterstellung
1.1	Ch. Unterschermann	Anpassungen in den technischen Daten der EZE (Kap. 3.2)

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines.....	4
1.1	Prüfgrundlage	4
1.2	Umfang der Zertifizierung	4
2	Referenzierte Dokumente	5
2.1	Verwendete Messberichte	5
2.2	Verwendete Unterlagen	6
2.3	Verwendetes Simulationsmodell	6
3	Technische Daten	7
3.1	Schematischer Aufbau der EZE	7
3.2	Technische Daten der EZE	8
3.3	Relevanten Komponenten zur Einhaltung der NAR	13
3.4	Angaben zu den geprüften Hilfsantrieben und Nebenaggregaten	16
4	Nachweisführung.....	18
4.1	Übertragbarkeit der Prüfberichte	18
4.1.1	Blindleistungsbereitstellung.....	21
4.1.2	Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung	25
4.2	Betriebsbereich.....	30
4.2.1	Quasistationärer Betrieb	30
4.2.2	Polrad- bzw. Netzpendelungen	31
4.3	Netzurückwirkungen.....	31
4.4	Wirkleistung	32
4.4.1	Wirkleistungsabgabe und Netzsicherheitsmanagement	32
4.4.2	Wirkleistungsabgabe in Abhängigkeit der Netzfrequenz	35
4.5	Zuschaltbedingungen.....	39
4.5.1	Zuschalten ohne vorherige Schutzauslösung.....	39

4.5.2	Zuschalten nach Auslösung des Entkopplungsschutzes	39
4.6	FRT	41
4.6.1	Insel- und Teilnetzbetriebsfähigkeit sowie Schwarzstartfähigkeit	41
4.6.2	Dynamische Netzstützung	41
4.6.3	Beitrag zum Kurzschlussstrom.....	44
4.7	Schutz.....	45
4.7.1	Allgemeine Anforderungen an den Schutz	45
4.7.2	Einstellbereiche	46
4.7.3	Genauigkeit	46
4.7.4	Kuppelschalter	47
4.8	Simulationsmodell	48
4.8.1	Anforderungen an Simulationsmodelle	49
5	Zusammenfassung.....	50

1 Allgemeines

Der oben genannte Hersteller hat mit Schreiben vom 25.05.2021 die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG beauftragt, eine Prüfung gemäß der nachfolgend aufgeführten Richtlinien für die in Kapitel 3 genannten Erzeugungseinheiten (EZE) durchzuführen. Die Prüfung dient bei positiver Bewertung als Basis für das Ausstellen eines Einheitenzertifikates durch die Zertifizierungsstelle der TÜV NORD CERT GmbH.

1.1 Prüfgrundlage

Tabelle 1: Prüfgrundlage

VDE4110	VDE-AR-N 4110: 2018-11	Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung)
TR8	FGW TR 8, Rev. 09 (01.02.2019)	Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten, -anlagen und Speicher sowie für deren Komponenten: Teil 8 – Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten, -anlagen und Speicher sowie deren Komponenten am Stromnetz
TR3	FGW TR 3, Rev. 25 (01.09.2018)	Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen: Teil 3 – Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz
TR4	FGW TR 4, Rev. 9 (01.02.2019)	Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen: Teil 4 – Anforderungen an die Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten

1.2 Umfang der Zertifizierung

Die TÜV NORD CERT GmbH hat die Bewertung der EZE-Eigenschaften anhand der eingereichten Unterlagen entsprechend der in Kapitel 1.1 aufgeführten Richtlinien und Verordnungen durchgeführt und in dem vorliegenden Bericht dokumentiert. Dieser gilt nur für die in Tabelle 7 aufgeführten EZE und ist nicht auf andere EZE übertragbar. Bei der durchzuführenden EZE-Zertifizierung handelt es sich um eine Familienzertifizierung. Die Übertragbarkeit der Prüfberichte (Messberichte) auf die weiteren EZE der Familie wird in Kapitel 4.1 beurteilt. Die Anforderungen aus den Regelwerken werden in jedem Kapitel zuerst anhand der vermessenen EZE auf Konformität geprüft und jeweils im Anschluss erfolgt eine Aussage zur Übertragbarkeit. In einem separaten Bericht ist die Validierung gemäß TR4 des EZE-Modells dokumentiert /U13/.

Konstruktive Veränderungen an den EZE sowie alle Änderungen der eingesetzten Software, welche die begutachteten Eigenschaften beeinflussen, sind der Zertifizierungsstelle unverzüglich schriftlich mitzuteilen und das weitere Vorgehen ist abzustimmen. Dies gilt auch für Anpassungen des Simulationsmodells. Bei Unterlassung haftet der Auftraggeber für alle Schäden und Ansprüche, die aus dem weiteren Gebrauch des Berichts und des darauf basierenden Zertifikats entstehen.

Eine Betrachtung der Cyber-Security ist nicht durch die herangezogene Beurteilungsgrundlage TR8 gefordert und war nicht Gegenstand dieser Prüfung. Aufgrund der vorhandenen Kommunikationsschnittstellen der Erzeugungseinheit sowie derer Komponenten ist eine zusätzliche Betrachtung hinsichtlich einer möglichen Manipulation der Sicherheitsfunktionen (Security for Safety) zu empfehlen

2 Referenzierte Dokumente

2.1 Verwendete Messberichte

Tabelle 2: Verwendete Messberichte

Ref.	Inhalt / Titel	Datum
/U1/	UL International GmbH / UL DEWI Messung der elektrischen Eigenschaften Netzverträglichkeit & Regelfähigkeit am Netz entsprechend FGW TR3 Blockheizkraftwerk HBG 430 No.: UL-GER-NR18-12447812.01.02	16.12.2020
/U2/	UL International GmbH / UL DEWI Messung der elektrischen Eigenschaften Verhalten bei Störungen im Netz entsprechend FGW TR3 Rev.25 HBG 430 No.: UL-GER-NR18-12447812.02.02	16.12.2020
/U3/	UL International GmbH / UL DEWI Messung der elektrischen Eigenschaften Netzverträglichkeit & Regelfähigkeit am Netz entsprechend FGW TR3 Blockheizkraftwerk HBG 70 No.: UL-GER-NR18-12447812.03.02	16.12.2020
/U4/	UL International GmbH / UL DEWI Messung der elektrischen Eigenschaften Verhalten bei Störungen im Netz entsprechend FGW TR3 Rev.25 HBG 70 No.: UL-GER-NR18-12447812.04.02	16.12.2020

Tabelle 3: Auszüge aus dem Messberichte

Ref.	Messbericht Nr.	Auszug aus dem Messbericht	Vermessene EZE/Typ
/U5/	UL-GER-NR18-12447812.A41.01	Teil 1: Netzverträglichkeit	HBG 430 / Typ 1 mit VKM
/U6/	UL-GER-NR18-12447812.A42.01	Teil 2: Regelfähigkeit am Netz	HBG 430 / Typ 1 mit VKM
/U7/	UL-GER-NR18-12447812.A43.01	Teil 3: Schutzsystem	HBG 430 / Typ 1 mit VKM
/U8/	UL-GER-NR18-12447812.A44.01	Teil 4: Prüfungsumgebung	HBG 430 / Typ 1 mit VKM
/U9/	UL-GER-NR18-12447812.A45.01	Teil 1: Netzverträglichkeit	HBG 70 / Typ 1 mit VKM
/U10/	UL-GER-NR18-12447812.A46.01	Teil 2: Regelfähigkeit am Netz	HBG 70 / Typ 1 mit VKM
/U11/	UL-GER-NR18-12447812.A47.01	Teil 3: Schutzsystem	HBG 70 / Typ 1 mit VKM
/U12/	UL-GER-NR18-12447812.A48.01	Teil 4: Prüfungsumgebung	HBG 70 / Typ 1 mit VKM

Tabelle 4: Validierung des Simulationsmodells

Ref.	Inhalt / Titel	Datum
/U13/	TÜV NORD CERT GmbH Validierungsbericht nach FGW TR 4 für die HBG 70 und HBG 430 35312196-001	17.02.2022

2.2 Verwendete Unterlagen

Tabelle 5: eingereichte Unterlagen

Ref.	Inhalt / Titel	Datum
/U14/	Sommer energy GmbH Herstellererklärung zur Familienbildung der VKM Version 0.3	03.08.2021
/U15/	Sommer energy GmbH Herstellererklärung nach VDE AR-N-4110 Version 5.0	28.04.2021
/U16/	Sommer energy GmbH Nenndaten der EZE MD5-Checksumme: dea2c352dec0e10e47b982b4bbedb3d6	15.12.2021
/U17/	Sommer energy GmbH Herstellererklärung Wirkleistungsanpassung Über-/ Unterfrequenz MD5-Checksumme: 10c8c26d3d6ac48123b6307bc2251d10	03.08.2021
/U18/	Sommer energy GmbH Parameterliste der EZE Version 4.0 MD5 Checksumme: dd8913a24323224e2100f1aaa171c72d	07.10.2021
/U19/	Lorey Somer Generatordaten MD5-Checksumme: b993aad918adbe347b66936251297101	06.08.2021
/U20/	Sommer energy GmbH PQ-Diagramme Generatoren Version 1.0 MD5 Checksumme: 537d101f1b0809a51cacb6bb7c632f27	18.08.2021
/U21/	TÜV NORD CERT GmbH Komponentenzertifikat 447971413107 Rev 2.0 WOODWARD GmbH easYgen 3000XT - Serie	11.11.2020
/U22/	TÜV NORD CERT GmbH Bewertungsbericht 35229051 Version 2.0 WOODWARD GmbH easYgen 3000XT - Serie	11.11.2020
/U23/	Lorey Somer EG-Konformitäts- und Einbauerklärung	12.2017
/U24/	Sommer energy GmbH Parameter zur Kurzschlussstromberechnung	18.08.2021
/U25/	Sommer energy GmbH Herstellererklärung ModbusTCP Gateway	12.08.2021
/U26/	Lorey Somer Herstellererklärung zur Toleranzgrenzen elektrischer Parameter	25.03.2021
/U27/	Lorey Somer Herstellererklärung zur Modellvalidierung	26.03.2021

2.3 Verwendetes Simulationsmodell

Siehe Tabelle 50 in Kapitel 4.8.

3 Technische Daten

3.1 Schematischer Aufbau der EZE

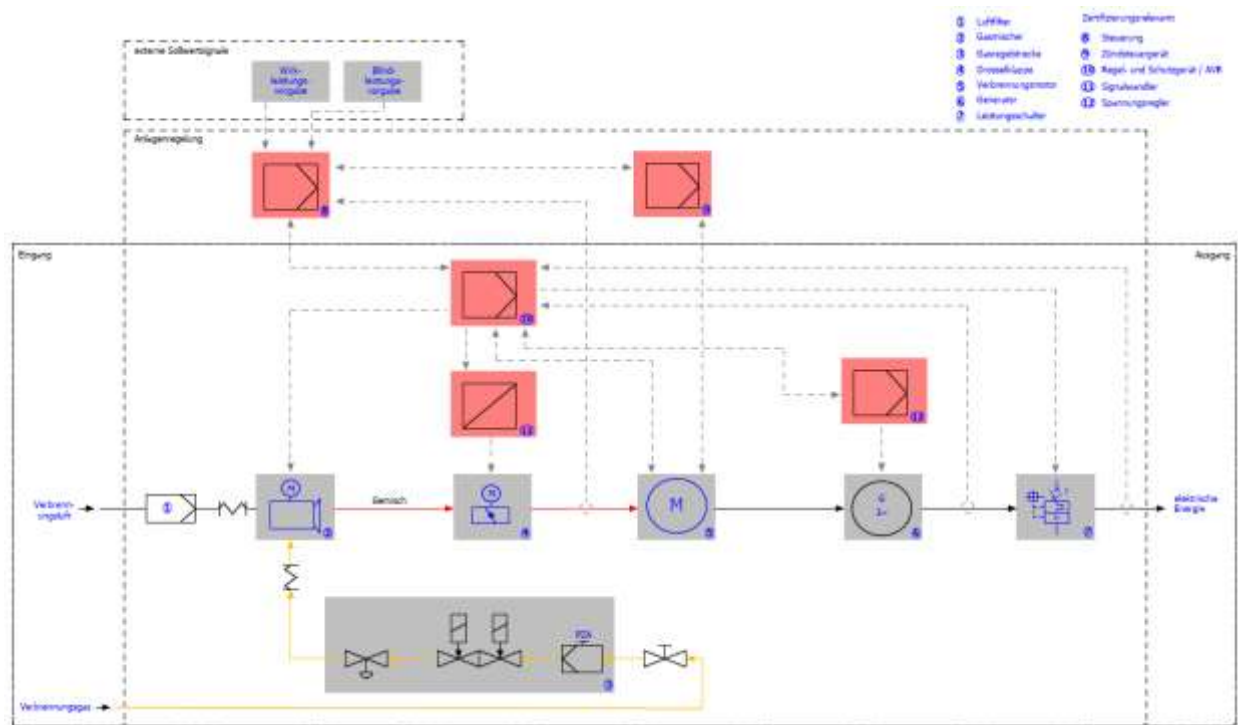


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der EZE /U15/

3.2 Technische Daten der EZE

Tabelle 6: Technische Daten der vermessenen EZE

Allgemeines		
Typ der EZE	VKM mit direkt gekoppeltem Synchrongenerator (Typ 1)	
Bezeichnung	HBG 70	HBG 430
Ausgangsgrößen		
Bemessungsscheinleistung S_{rE}	78 kVA	478 kVA
Bemessungswirkleistung P_{rE}	70 kW	430 kW
Nennspannung U_n	400 V	400 V
Nennstrom I_r	101 A	621 A
Nennfrequenz	50 Hz	50 Hz
Motor		
Hersteller	MAN	MAN
Typ	E08	E32
Nennleistung	110 kW	450 kW
Brennstoff	Gas	Gas
Trägheitsmoment (inkl. Kupplung)	1,9 kg*m ²	3,99 kg*m ²
Drehzahlregelung	Woodward	Woodward
Generator		
Art	Direktgekoppelter Synchrongenerator	
Hersteller	Leroy Somer	
Typ	LSA 44.3-L10	LSA 49.3-S4
Nennscheinleistung	87,5 kVA	536 kVA
Nennwirkleistung	70 kW	430 kW
Nennspannung	400 V	400 V
Drehzahl	1500 min ⁻¹	1500 min ⁻¹
Trägheitsmoment	1,346 kg*m ²	8,07 kg*m ²
Abschalteneinheit		
Hersteller	Mitsubishi	
Typ	NF250	NF1000
Stromwandler		
Wandlerverhältnis	200/5	1250/5
Genauigkeitsklasse	1	1

Tabelle 7: Technische Daten der EZE der bewerteten Produktfamilie

Nr.	EZE-Typ	Bemessungs- scheinleistung S_{IE} (bei $\cos\phi$ 0,9)	Bemessungs- wirkleistung P_{IE}	Nennspannung U_n	Nennstrom I_r	Blindleistungs- stellbereich	Nennfrequenz
1	SH 30	33 kVA	30 kW	400 V	43 A	14,70 kvar	50 Hz
2	SH 50-1	56 kVA	50 kW	400 V	72 A	24,50 kvar	50 Hz
3	SH 65	72 kVA	65 kW	400 V	94 A	31,85 kvar	50 Hz
4	SH 70	78 kVA	70 kW	400 V	101 A	34,30 kvar	50 Hz
5	SH 100	111 kVA	100 kW	400 V	145 A	49,00 kvar	50 Hz
6	SH 125	139 KVA	125 kW	400 V	181 A	61,25 kvar	50Hz
7	SH 140	156 kVA	140 kW	400 V	202 A	68,60 kvar	50 Hz
8	SH 160	178 kVA	160 kW	400 V	231 A	78,40 kvar	50 Hz
9	SH 170	189 kVA	170 kW	400 V	246 A	83,30 kvar	50 Hz
10	SH 190	211 kVA	190 kW	400 V	275 A	93,10 kvar	50 Hz
11	SH 190-1	211 kVA	190 kW	400 V	275 A	93,10 kvar	50 Hz
12	SH 210	233 kVA	210 kW	400 V	303 A	102,90 kvar	50 Hz
13	SH 210-1	233 kVA	210 kW	400 V	303 A	102,90 kvar	50 Hz
14	SH 280	311 kVA	280 kW	400 V	405 A	137,20 kvar	50 Hz
15	SH 350	389 kVA	350 kW	400 V	506 A	171,50 kvar	50 Hz
16	SH 400	444 kVA	400 kW	400 V	578 A	196,00 kvar	50 Hz
17	SH 430	478 kVA	430 kW	400 V	621 A	210,70 kvar	50 Hz
18	SH 530-1	589 kVA	530 kW	400 V	766 A	259,70 kvar	50 Hz

Tabelle 8: Motoren der EZE

Nr.	EZE-Typ	Hersteller	Typ	Nennleistung	Brennstoff	Trägheitsmoment (inkl. Kupplung)
1	SH 30	MAN	E0834	54 kW	Gas	1,677 kgm ²
2	SH 50-1	MAN	E0834	54 kW	Gas	1,677 kgm ²
3	SH 65	MAN	E0834	68 kW	Gas	1,677 kgm ²
4	SH 70	MAN	E0836	75 kW	Gas	2,877 kgm ²
5	SH 100	MAN	E0836	110 kW	Gas	2,877 kgm ²
6	SH 125	MAN	E2676	140 kW	Gas	3,327 kgm ²
7	SH 140	MAN	E2876	140 kW	Gas	3,287 kgm ²
8	SH 160	MAN	E2876	210 kW	Gas	3,287 kgm ²
9	SH 170	MAN	E2876	210 kW	Gas	3,287 kgm ²
10	SH 190	MAN	E2876	210 kW	Gas	3,287 kgm ²
11	SH 190-1	MAN	E2676	220 kW	Gas	3,791 kgm ²
12	SH 210	MAN	E2876	210 kW	Gas	3,751 kgm ²
13	SH 210-1	MAN	E2676	220 kW	Gas	3,791 kgm ²
14	SH 280	MAN	E3268	320 kW	Gas	4,851 kgm ²
15	SH 350	MAN	E3268	370 kW	Gas	4,851 kgm ²
16	SH 400	MAN	E3262	450 kW	Gas	4,631 kgm ²
17	SH 430	MAN	E3262	450 kW	Gas	6,288 kgm ²
18	SH 530-1	MAN	E3262	530 kW	Gas	6,288 kgm ²

Tabelle 9: Generatoren der EZE

Nr.	EZE-Typ	Art	Hersteller	Typ	Klasse	Nennscheinleistung	Nennwirkleistung	Drehzahl	Trägheitsmoment
1	SH 30	Direktgekoppelter Synchrongenerator	Leroy Somer	LSA 44.3 S4	F	38 kVA	30 kW	1500 min ⁻¹	0,988 kgm ²
2	SH 50-1			LSA 44.3 S4	F	63 kVA	50 kW	1500 min ⁻¹	0,988 kgm ²
3	SH 65			LSA 44.3 S4	F	81 kVA	65 kW	1500 min ⁻¹	0,988 kgm ²
4	SH 70			LSA 44.3 L10	F	88 kVA	70 kW	1500 min ⁻¹	1,346 kgm ²
5	SH 100			LSA 44.3 L10	F	125 kVA	100 kW	1500 min ⁻¹	1,346 kgm ²
6	SH 125			LSA 44.3 VL14	F	156 kVA	125 kW	1500 min ⁻¹	1,706 kgm ²
7	SH 140			LSA 46.3 S5	F	175 kVA	140 kW	1500 min ⁻¹	2,880 kgm ²
8	SH 160			LSA 46.3 S5	F	200 kVA	160 kW	1500 min ⁻¹	2,880 kgm ²
9	SH 170			LSA 46.3 S5	F	213 kVA	170 kW	1500 min ⁻¹	2,880 kgm ²
10	SH 190			LSA 46.3 M8	F	238 kVA	190 kW	1500 min ⁻¹	3,180 kgm ²
11	SH 190-1			LSA 46.3 M8	F	238 kVA	190 kW	1500 min ⁻¹	3,180 kgm ²
12	SH 210			LSA 46.3 M8	F	263 kVA	210 kW	1500 min ⁻¹	3,180 kgm ²
13	SH 210-1			LSA 46.3 M8	F	263 kVA	210 kW	1500 min ⁻¹	3,180 kgm ²
14	SH 280			LSA 47.2 L9	F	350 kVA	280 kW	1500 min ⁻¹	3,790 kgm ²
15	SH 350			LSA 47.2 L9	F	438 kVA	350 kW	1500 min ⁻¹	3,790 kgm ²
16	SH 400			LSA 49.3 S4	F	500 kVA	400 kW	1500 min ⁻¹	8,070 kgm ²
17	SH 430			LSA 49.3 S4	F	538 kVA	430 kW	1500 min ⁻¹	8,070 kgm ²
18	SH 530-1			LSA 49.3 M6	F	663 kVA	530 kW	1500 min ⁻¹	9,180 kgm ²

Tabelle 10: weitere Komponenten der EZE

Nr.	EZE-Typ	EZE-Regelung / Spannungsreg- ler (AVR) / Schutzgerät			Erreger- modul		Abschalteneinheit			Stromwandler	
		Hersteller	Typ	Softwareversion	Hersteller	Typ	Hersteller	Leistungsschalter		Verhältnis	Klasse
1	SH 30	Woodward	easYgen-3400XT-P1	1.16 / 2.10	Leroy Somer / Woodward	EM10 / Exciter 10	SCHNEIDER EL.	NSX 160		75/5	1,0
2	SH 50-1							NSX 160		100/5	1,0
3	SH 65							NSX 160		150/5	1,0
4	SH 70							NSX 160		150/5	1,0
5	SH 100							NSX 250		200/5	1,0
6	SH 125							NSX 250		200/5	1,0
7	SH 140							NSX 400		250/5	1,0
8	SH 160							NSX 400		400/5	1,0
9	SH 170							NSX 400		400/5	1,0
10	SH 190							NSX 400		400/5	1,0
11	SH 190-1							NSX 400		400/5	1,0
12	SH 210							NSX 400		400/5	1,0
13	SH 210-1							NSX 400		400/5	1,0
14	SH 280							NSX 630		500/5	1,0
15	SH 350							NS 800		750/5	1,0
16	SH 400							NS 800		750/5	1,0
17	SH 430							NS 1000		750/5	1,0
18	SH 530-1							NS 1000		1000/5	1,0

3.3 Relevanten Komponenten zur Einhaltung der NAR

Der Hersteller hat erklärt, dass die in Tabelle 11 angegebenen Hilfsaggregate in seinen EZE der SH-Produktfamilie verwendet werden, wobei es sich um eine Aufzählung aller Möglichkeiten handelt. Durch den Einsatz einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) ist eine Funktion der Hilfsaggregate bei Spannungseinbrüche für mindestens 5 Sekunden gesichert.

Die EZE verfügen über keine ORCs (Turbinen mit Organic-Rankine-Cycle-Prozess als Antrieb), Frequenzumrichter zum Sanftanlauf oder anderweitige Nebenantriebe.

In den EZE kann S7 der Firma Siemens als Leit- und Visualisierungsrechner der Motorelektronik zum Einsatz kommen. Dabei übernimmt diese übergeordnete Steuerung keine Regelfunktion. Bei Bedarf kann sie eine Wirkleistungsreduzierung an den easYgen übergeben. Die Wirkleistungssollwertvorgabe kann zum Beispiel zum Eigenschutz des BHKWs durch die übergeordnete Steuerung limitiert werden. Erfolgt die Anbindung des EZA-Reglers über die übergeordnete Steuerung, so leitet diese den Blindleistungswert unverändert an das easYgen weiter.

Die übergeordnete Steuerung überwacht die Funktion der Modbus-TCP-Schnittstelle zum easYgen fortlaufend. Im Falle eines Ausfalls der Kommunikation wird das BHKW zum Eigenschutz heruntergefahren.

Tabelle 11: Generell mögliche Hilfsantriebe und Hilfsaggregate der EZE-Produktfamilie /U14/

	Benennung	SH 265	SH 280	SH 300	SH 350	SH 350-1	SH 380	SH 400	SH 400-1	SH 430	SH 530
Gasregel- strecke	Doppelventil	Krom- schroeder VCS 8	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 7	Krom- schroeder VCS 7
	Gasmischer	Ringspalt- mischer 25l D=64mm	Ringspalt- mischer 25l D=64mm	Ringspalt- mischer 25l D=64mm	Ringspalt- mischer 25l D=76mm	Ringspalt- mischer 25l D=76mm	Ringspalt- mischer 25l D=76mm	Ringspalt- mischer 25l D=76mm	Ringspalt- mischer 25l D=76mm	Ringspalt- mischer 25l D=76mm	Ringspalt- mischer 25l D=110mm
Gemischregler	Gasdrossel- klappe	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3
Gasregel- strecke	Doppelventil	Krom- schroeder VCS 7									
	Gasmischer	Ringspalt- mischer 25l D=110mm									
Gemischregler	Gasdrossel- klappe	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3

		EZE									
	Benennung	SH 30	SH 50	SH 50-1	SH 65	SH 70	SH 75	SH 100	SH 125	SH 135	SH 140
Gasregel- strecke	Doppelventil	Krom- schroeder VCS 2	Krom- schroeder VCS 2	Krom- schroeder VCS 2	Krom- schroeder VCS 2	Krom- schroeder VCS 2	Krom- schroeder VCS 2	Krom- schroeder VCS 2	Krom- schroeder VCS 3	Krom- schroeder VCS 3	Krom- schroeder VCS 3
	Gasmischer	Ringspalt- mischer 8l D=42mm	Ringspalt- mischer 8l D=42mm	Ringspalt- mischer 8l D=42mm	Ringspalt- mischer 8l D=42mm	Ringspalt- mischer 8l D=42mm	Ringspalt- mischer 8l D=42mm	Ringspalt- mischer 8l D=42mm	Ringspalt- mischer 14l D=54mm	Ringspalt- mischer 14l D=54mm	Ringspalt- mischer 14l D=54mm
Gemischregler	Gasdrossel- klappe	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3	DKM Typ 3
Gasregel- strecke	Doppelventil	Krom- schroeder VCS 3	Krom- schroeder VCS 3	Krom- schroeder VCS 3	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6	Krom- schroeder VCS 6
	Gasmischer	Ringspalt- mischer 14l D=54mm	Ringspalt- mischer 14l D=54mm	Ringspalt- mischer 14l D=54mm	Ringspalt- mischer 14l D=54mm	Ringspalt- mischer 25l D=64mm	Ringspalt- mischer 25l D=64mm	Ringspalt- mischer 25l D=64mm	Ringspalt- mischer 25l D=64mm	Ringspalt- mischer 25l D=64mm	Ringspalt- mischer 25l D=64mm
Gemischregler	Gasdrossel- klappe										

	Benennung	EZE			
		Alle Module			
Anlagenregelung	SPS	SIEMENS			
		S7			
	Spannungsregler (AVR)	Woodward			
		easYgen XT			
	Erregermodul	Leroy Somer			
		EM10			
		Woodward			
		Exciter 10			
	Zündsteuergerät	Anlagen < 100kW	MIC 500	Anlagen >= 100kW:	MIC 3+

		EZE									
Benennung		SH 30	SH 50	SH 50-1	SH 65	SH 70	SH 75	SH 100	SH 125	SH 135	SH 140
Wasser- pumpen	Motor prim.	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 50-120/2	TP 50-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2
	Motor sek.	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2
	Gemisch HT	-	-	UPS 25	UPS 25	-	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4
	Gemisch NT	-	-	UPS 25	UPS 25	-	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4
GLS	Leistungsschalter	NSX 160	NSX 160	NSX 160	NSX 160	NSX 160	NSX 160	NSX 250	NSX 250	NSX 250	NSX 400
Benennung		SH 160	SH 160-1	SH 170	SH 190	SH 190-1	SH 210	SH 210-1	SH 240	SH 250	SH 250-1
Wasser- pumpen	Motor prim.	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2
	Motor sek.	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 50-120/2	TP 50-120/2	TP 50-120/2	TP 50-120/2	TP 50-120/2	TP 50-120/2
	Gemisch HT	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 40-120/2	TP 40-120/2
	Gemisch NT	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 32-120/4	TP 40-120/2	TP 40-120/2
GLS	Leistungsschalter	NSX 400	NSX 400	NSX 400	NSX 400	NSX 400	NSX 400	NSX 400	NSX 630	NSX 630	NSX 630
Benennung		SH 265	SH 280	SH 300	SH 350	SH 350-1	SH 380	SH 400	SH 400-1	SH 430	SH 530
Wasser- pumpen	Motor prim.	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 80-120/2	TP 80-120/2	TP 80-120/2	TP 80-120/2	TP 80-120/2	TP 80-120/2	TP 80-120/2	TP 80-120/2
	Motor sek.	TP 50-120/2	TP 50-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2	TP 65-120/2
	Gemisch HT	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2
	Gemisch NT	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2	TP 40-120/2
GLS	Leistungsschalter	NSX 630	NSX 630	NS 800	NS 800	NS 800	NS 800	NS 800	NS 800	NS 1000	NS 1000

Benennung		SH30-1									
Wasser- pumpen	Motor prim.	TP 80-120/2									
	Motor sek.	TP 65-120/2									
	Gemisch HT	TP 40-120/2									
	Gemisch NT	TP 40-120/2									
GLS	Leistungsschalter	NS 1000									

3.4 Angaben zu den geprüften Hilfsantrieben und Nebenaggregaten

Die in Tabelle 12 angegebenen Lüfter und Pumpen waren gemäß UL-DEWI-Bericht während der durchgeführten FRT-Vermessungen Bestandteil der Erzeugungseinheit des Typs HBG 430 und HBG 70. Die Pumpen der Firma Grundfos vom Typ TP für das Kühlwasser sowie den Gemischkühler können auch für abweichende Typen der Produktreihe TP als geprüft betrachtet werden.

Tabelle 12: Hilfsaggregate des vermessenen Prüflings (430 kW) /U2/

Relevante Hilfsantriebe und Hilfsaggregate			
Anlagenbereich	Benennung	Hersteller	Typ
Brennstoffversorgung	Gasregelstrecke bestehend aus: <ul style="list-style-type: none"> • Doppelventill • Nulldruckregler 	Kromschroder Dungs	VPS7 / 05NW FRNG 5080
	Luftfilter	MAN	
	Gemischregler	Elektro Hagl	Ringspaltmischer
Motor/Generator	Pumpe Gemischkühler	Grundfos	TP40-180
	Gemischkühler	GEA	
	Drosselklappe	Woodward	F-Series
	Leistungsschalter	Mitsubishi	NF1000SEW
	Pumpe Kühlwasser	Grundfos	TP65-340/2
	Kühlwasserwärmetauscher	Kelvion	GBS 910M-X-140
	Abgaswärmetauscher	CS Schmid	H1007/74
Anlagenregelung	Zündsteuergerät	Motortech	MIC4

Tabelle 13: Hilfsaggregate des vermessenen Prüflings (70 kW) /U4/

Relevante Hilfsantriebe und Hilfsaggregate			
Anlagenbereich	Benennung	Hersteller	Typ
Brennstoffversorgung	Gasregelstrecke bestehend aus: <ul style="list-style-type: none"> • Doppelventil • Nulldruckregler 	Kromschroder Dungs	VCS240/40R/NW FRNG 515
	Luftfilter	MAN	
	Gemischregler	Elektro Hagl	Ringspaltnischer
Motor/Generator	Pumpe Gemischkühler	Grundfos	Magna3 32-100 180
	Gemischkühler	GEA	
	Drosselklappe	Woodward	F-Series
	Leistungsschalter	Mitsubishi	NF250-SEV
	Pumpe Kühlwasser	Grundfos	TP50-160/2
	Kühlwasserwärmetauscher	Kelvion	GBS 757L-X-60
	Abgaswärmetauscher	CS Schmid	H1002/31
Anlagenregelung	Zündsteuergerät	Motortech	MIC500

4 Nachweisführung

4.1 Übertragbarkeit der Prüfberichte

Eine Übertragung von Prüfberichten ist nach VDE4110, Kap. 11.2.1 unter den folgenden Randbedingungen auf weitere EZE zulässig.

Tabelle 14: Bewertung zur Übertragung von Prüfberichten

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Die Ergebnisse liegen für die kleinste und größte Leistungsvariante vor oder alternativ liegt die Bemessungsscheinleistung der zu zertifizierenden EZE zwischen dem $1/\sqrt{10}$ -fachen und $\sqrt{10}$ -fachen der Bemessungsscheinleistung der vermessenen EZE.	Dynamische und quasistationäre Messung an einer EZE mit $S_{FE} = 478$ kVA und $S_{FE} = 78$ kVA. Alle in Tabelle 7 genannten EZE liegen in diesem Bereich. Erfüllt	/U1/ bis /U4/ /U14/
Die Ausführung und die für die elektrischen Eigenschaften maßgebende Regelungstechnik einschließlich der eingesetzten Software in den EZE sind technisch gleichwertig.	Der Hersteller hat eine Erklärung der Gleichwertigkeit seiner BHKW Module inklusive technischer Begründung eingereicht. Erfüllt	/U14/
Verbrennungskraftmaschinentyp (Motortyp)	Die enthaltenen Motortypen basieren auf einer vergleichbaren Technologie. Bei unterschiedlichen Gasarten sorgen mechanische Anpassungen im Motor dafür, dass trotzdem ein möglichst gleiches Drehmomentverhalten erreicht wird.	/U14/
Synchrongenerator	Es werden Generatoren eines Herstellers verwendet. Die verwendete Technologie bzw. der Aufbau und das Erregersystem sind dabei vergleichbar.	/U14/
Spannungsregler	Der eingesetzten Spannungsregler ist bei allen EZE identisch. Je nach EZE wird eine adaptierte Parametereinstellung definiert.	/U14/
Leistungs-/Drehzahlregler	Die Leistungs-/Drehzahlregelung ist für alle EZE identisch.	/U14/
Hardware	Es wird die gleiche Hardware verwendet (Motorsteuerung, AVR). Die verwendeten Drosselklappen in den EZE ist abweichend zu der vermessenen EZE. Mit den zusätzlich eingereichten Messberichten, wurde die Gleichwertigkeit nachgewiesen. Die Ergebnisse der können auf die nicht vermessenen EZE übertragen werden.	/U14/
Software	Es werden gleiche Softwareversionen verwendet (Motorsteuerung, AVR). Je nach EZE wird eine adaptierte Parametereinstellung definiert.	/U14/

Es wurden vollständige Vermessungen an zwei EZE vom Typ HBG 430 und HBG 70 durchgeführt.

Gemäß FGW TR 8 Anhang D können Nicht-FRT-Ergebnisse als relativer Wert direkt ohne Änderungen übertragen werden, wenn sie auf die Nennleistung P_{rE} bzw. den Nennstrom I_n bezogen sind. Sofern die Ergebnisse als physikalische Werte für Strom oder Leistung vorliegen, ist eine Übertragung durch lineare Umrechnung mit Hilfe der Nennwerte des nicht vermessenen Familienmitglieds und des vermessenen Prüflings möglich.

- Strom

$$I_{\text{Familienmitglied}} = I_{N \text{ Familienmitglied}} \frac{I_{\text{Prüfling}}}{I_{N \text{ Prüfling}}}$$

- Leistung

$$S_{\text{Familienmitglied}} = P_{rE \text{ Familienmitglied}} \frac{S_{\text{Prüfling}}}{P_{rE \text{ Prüfling}}}$$

$$P_{\text{Familienmitglied}} = P_{rE \text{ Familienmitglied}} \frac{P_{\text{Prüfling}}}{P_{rE \text{ Prüfling}}}$$

$$Q_{\text{Familienmitglied}} = P_{rE \text{ Familienmitglied}} \frac{Q_{\text{Prüfling}}}{P_{rE \text{ Prüfling}}}$$

Der Hersteller hat ein Simulationsmodell für die dynamische Netzstützung der vermessenen EZE HBG 430 und HBG 70 eingereicht, das erfolgreich nach den Anforderungen der FGW TR 4 (Rev. 9) validiert wurde. Details sind dem Validierungsbericht 35294763-001 /U13/ zu entnehmen.

Das eingereichte Softwaremodell ist prinzipiell auch für die weiteren in Tabelle 7 genannten Einheiten verwendbar. Der Spannungsregler ist bei allen dort genannten Einheiten identisch, nur die Parameter weichen geringfügig voneinander ab. Diese sind ebenso wie die Generatorimpedanzen im Einheitenmodell gemäß der vom Hersteller eingereichten Bedienungsanleitung zu ändern. Alternativ hat der Hersteller eine Software-Bibliothek bereitgestellt, in der die Daten für die weiteren Generatortypen hinterlegt sind. Die Impedanzwerte aus der Bibliothek wurden gegen die zugehörigen Datenblätter abgeglichen.

Die transiente Stabilitätsbetrachtung (FRT-Ergebnisse) erfolgt nach VDE4110, Kapitel 11.2.5.3 unter Verwendung des validierten Modells. Folgende Simulationsszenarien wurden für die Bewertung durchgeführt.

Tabelle 15: Simulationsszenarien für die transiente Stabilitätsbetrachtung

Fall Nr.	Spannung im Fehlerfall [% U_n]	Fehlerdauer [ms]	Art des Fehlers (2- oder 3-phasig)
1	90	60000	3
2	80	1233	3
3	70	700	3
4	60	150	3
5	50	150	3
6	40	150	3
7	30	150	3
8	90	60000	2
9	80	3000	2
10	70	1233	2
11	60	700	2
12	50	220	2
13	40	220	2
14	30	220	2
15	70	700	3
16	30	150	3
17	70	1233	2
18	30	220	2

Alle Simulationen wurden mit einer Vorfehlerspannung von 100 % U_n , einem $\cos(\varphi)$ von 0,95 (untererregt) und einer Wirkleistung von 100 % P_{TE} durchgeführt.

Die Netzkurzschlussleistung muss nach Herstellerangaben mindestens 15 MVA betragen, was in den durchgeführten Simulationen der Fälle 1 bis 14 berücksichtigt wurde. Der Hersteller hat erklärt, dass generell auch ein Betrieb mit einer kleineren Netzkurzschlussleistung möglich sei. Diese wäre dann aber gesondert zu prüfen und freizugeben. Die Fälle 15 bis 18 wurden mit einer Netzkurzschlussleistung von 500 MVA durchgeführt.

Die Simulation zur transienten Stabilitätsbetrachtung ist im Folgenden bewertet.

Tabelle 16: Bewertung der transienten Stabilitätsbetrachtung

Bewertungskriterium	Bewertung
Die betragsmäßige Winkeldifferenz zwischen dem Momentanwert des (elektrischen) Polradwinkels und dem stationären Polradwinkel bei Leerlauf (jeweils bezogen auf den Referenzphasenwinkel des Netzes) überschreitet zu keinem Zeitpunkt den Wert 130°.	Erfüllt
Es tritt kein Polschlupf auf.	Erfüllt
Auftretende Oszillationen in den elektrischen Größen sowie im Polradwinkel haben gedämpften Charakter.	Erfüllt
Wirk- und Blindleistung nehmen nach Fehlerklärung wieder den Vorfehlerwert an.	Erfüllt
Der Eigenschutz der EZE löst nicht aus.	Erfüllt
Während der unsymmetrischen Netzfehler tritt keine Spannung größer 110 % U_n am Außenleiter ohne Fehler auf.	Erfüllt

Aufgrund der oben aufgeführten Bewertungen ist eine Übertragung der Prüfberichte nach VDE4110 und TR8 für die aufgeführten EZE in Tabelle 7 Blindleistung

4.1.1 Blindleistungsbereitstellung

Das Blindleistungsvermögen der einzelnen EZE ist den Tabelle 17 sowie den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen. Die entsprechenden $P(Q)$ -Diagramme der einzelnen Generatoren sind dem Bericht beigelegt. Aufgrund der Stabilitätsanforderungen an die EZE wurde beim HGB 250 sowie bei HGB 350 das Blindleistungsvermögen reduziert (siehe Tabelle 17).

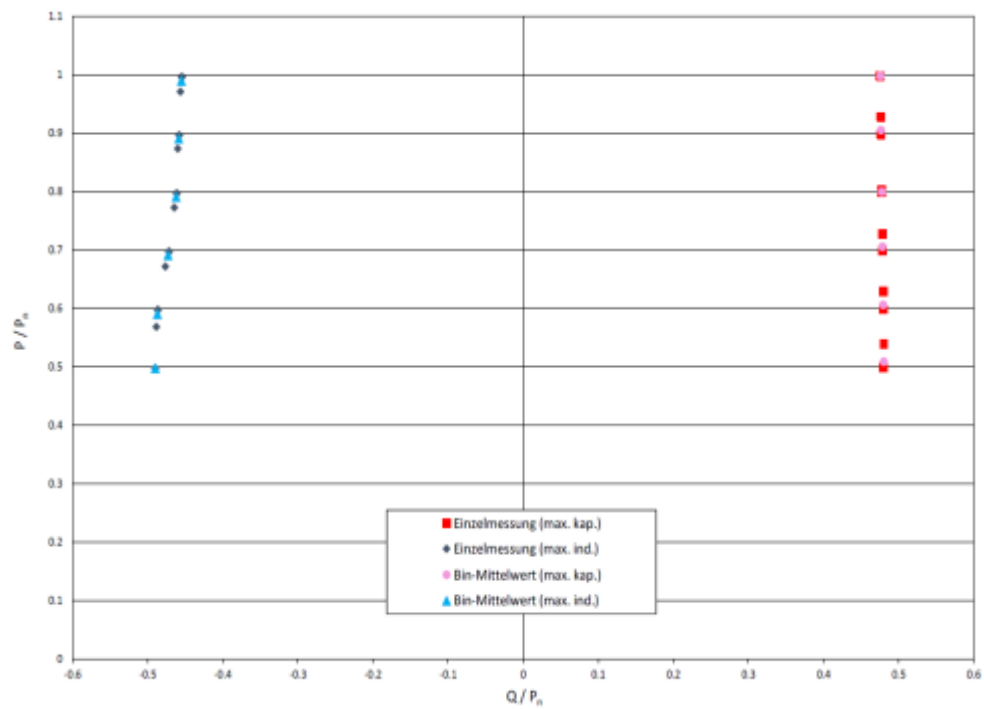


Abbildung 2: PQ-Diagramm des HBG 430 /U1/

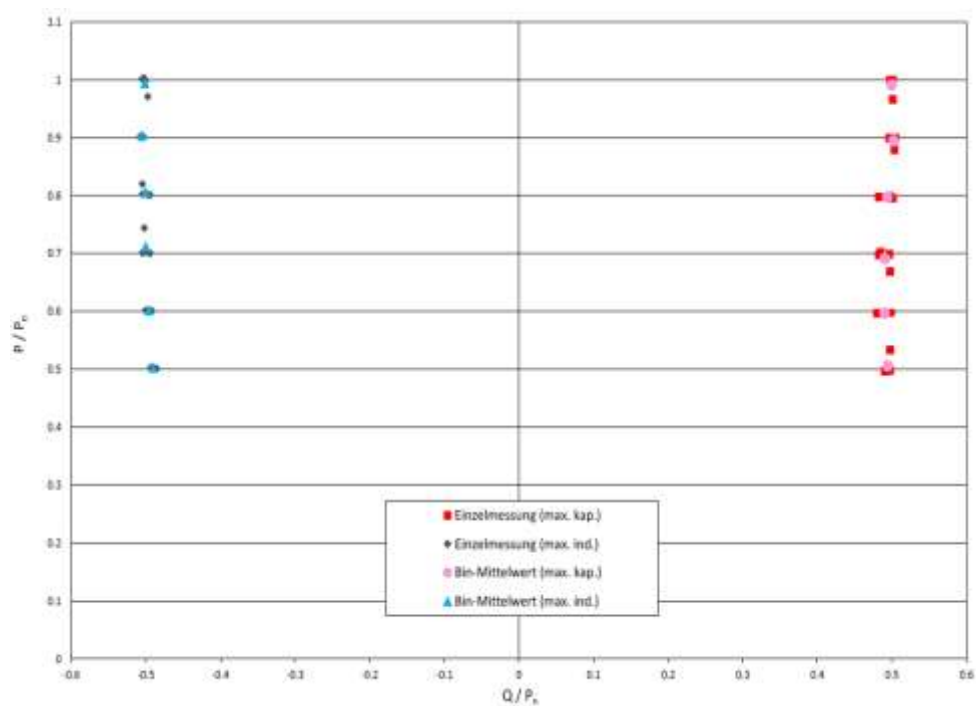


Abbildung 3: PQ-Diagramm des HBG 70 /U3/

Tabelle 17: Blindleistungsvermögen der EZE bezogen auf P_{rE}

Nr.	EZE-Typ	Typ	0,85 U_{rE}	0,90 U_{rE}	0,95 U_{rE}	1,0 U_{rE}	1,0-1,15 U_{rE}	0,85-1,15 U_{rE}
1	SH 30	LSA 44.3 S4	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
2	SH 50-1	LSA 44.3 S4	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
3	SH 65	LSA 44.3 S4	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
4	SH 70	LSA 44.3 L10	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
5	SH 100	LSA 44.3 L10	-0,440	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
6	SH 125	LSA 44.3 VL14	-0,328	-0,368	-0,424	-0,488	-0,490	0,490
7	SH 140	LSA 46.3 S5	-0,386	-0,436	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
8	SH 160	LSA 46.3 S5	-0,338	-0,381	-0,438	-0,490	-0,490	0,490
9	SH 170	LSA 46.3 S5	-0,318	-0,359	-0,412	-0,482	-0,490	0,490
10	SH 190	LSA 46.3 M8	-0,453	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
11	SH 190-1	LSA 46.3 M8	-0,453	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
12	SH 210	LSA 46.3 M8	-0,386	-0,452	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
13	SH 210-1	LSA 46.3 M8	-0,386	-0,452	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
14	SH 280	LSA 47.2 L9	-0,489	-0,490	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
15	SH 350	LSA 47.2 L9	-0,391	-0,460	-0,490	-0,490	-0,490	0,490
16	SH 400	LSA 49.3 S4	-0,328	-0,368	-0,433	-0,488	-0,490	0,490
17	SH 430	LSA 49.3 S4	-0,305	-0,342	-0,402	-0,453	-0,490	0,490
18	SH 530-1	LSA 49.3 M6	-0,370	-0,415	-0,472	-0,490	-0,490	0,490

Tabelle 18: Randbedingungen zur Blindleistungsbereitstellung

Randbedingung	Umsetzung	Quelle
Bezugspunkt des ausgewiesenen Verhaltens	Generatorklemmen	/U15/
Technische Mindestwirkleistung	50 % P_{rE}	/U15/
Funktion zur Wirkleistungsreduzierung zu Gunsten der Blindleistungseinspeisung parametrierbar	Ein Umsetzung der Wirkleistungsreduzierung zu Gunsten der Blindleistungseinspeisung muss über einen Übergeordneten EZA-regler erfolgen	/U15/

Tabelle 19: Bewertung zur Blindleistungsbereitstellung

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Die PQ-Kennlinie ist für max. untererregt, max. übererregt und $Q = 0$ unter Berücksichtigung der Spannung im Messbericht ausgewiesen.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Das vermessene PQ-Diagramm der EZE ist größer oder gleich der zuvor aufgeführten Herstellerangaben.	Erfüllt für HBG 70 Eingeschränkt Erfüllt für HBG 430. Die Messung bei 90% U_r untererregt wurde mit einer abweichenden Sollwertvorgabe von 134 kvar vermessen. Dieser Sollwert ist kleiner als das Vermögen der EZE. Die Messung ist gemäß der TR 3 für Typ 1 EZE optional, wenn Spannungsabhängig P-Q-Diagramme von Generatorhersteller vorliegen. Da diese P-Q-Diagramme vorliegen wird die Messung bei 90% U_r untererregt nicht für die Bewertung herangezogen.	/U1/ /U20/ /U15/ /U16/
Die Spannungsabhängigkeit des Blindleistungsvermögens ist durch jeweils mindestens zwei aussagekräftige Arbeitspunkte für den untererregten und übererregten Blindleistungsbereich nachgewiesen.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Innerhalb des geforderten Blindleistungsstellbereichs (VDE4110, Bild 5 und 6) kann jeder extern vorgegebene Sollwert innerhalb von ≤ 4 Minuten angefahren werden.	Erfüllt Über Parameter #1884 einstellbar Standardmäßig auf 10s eingestellt	/U1/ /U3/ /U15/

Übertragbarkeit

Die zuvor aufgeführten Details zur Blindleistungsbereitstellung gelten für die gesamte Produktfamilie des Herstellers. Die Messergebnisse (bezogen auf S_{rE}) und die Bewertung können wie nachfolgend beschrieben auf die Produktfamilie übertragen werden.

- Für $P_{rE} < 136$ kW sind die Ergebnisse des EZE-Typen HBG 70 zu verwenden
- Für $P_{rE} \geq 136$ kW sind die Ergebnisse des EZE-Typen HBG 430 zu verwenden

4.1.2 Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung

In der folgenden Tabelle sind die möglichen Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung der EZE aufgeführt. Zusätzlich ist angegeben, ob das jeweilige Verfahren Bestandteil dieser Prüfung ist. Der jeweilige Nachweis erfolgt in den folgenden Unterkapiteln.

Tabelle 20: Übersicht der Blindleistungsverfahren /U15/

Blindleistungsverfahren	Bestandteil dieser Prüfung
Blindleistung als Funktion der Spannung $Q(U)$	Ja
Blindleistung als Funktion der Wirkleistung $Q(P)$	Ja
Blindleistung mit Spannungsbegrenzungsfunktion $Q_{\text{set}},(U)$	Ja
Sollwertvorgabe Verschiebungsfaktor Sollwertvorgabe $\cos \varphi_{\text{set}}$	Ja, (nicht vermessen)
Sollwertvorgabe Blindleistung Sollwertvorgabe Q_{set}	Ja
Konstanter Verschiebungsfaktor	Ja
Konstante Blindleistung	Ja

Tabelle 21: Randbedingungen zur Blindleistungsbereitstellung

Randbedingung	Umsetzung	Quelle
Regelpunkt der Blindleistung	Generatorklemmen	/U15/
Separate Schnittstelle für die Bezugsgröße U/P	Keine separate Schnittstelle vorhanden. Die Bezugsgrößen U/P werden an den Generatorklemmen ermittelt	/U15/

Tabelle 22: Allgemeine Bewertung zum Blindleistungsverfahren

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Eine fernwirktechnische und/oder manuelle Umschaltung zwischen den Regelverfahren ist möglich.	Es ist nur eine manuelle Umschaltung	/U15/
Bei Umschaltung zwischen Regelverfahren soll der neue Sollwert nicht schneller als das geforderte PT1-Verhalten und nicht langsamer als in 4 Minuten erreicht werden.	Erfüllt, Es gelten die jeweils in Regelmodi gewählten Einstellzeiten	/U15/

Übertragbarkeit

Die Angaben gelten für alle in Tabelle 7 bis 8 genannten Typen von EZE des Herstellers /U15/.

4.1.2.1 Anbindung an einen EZA-Regler / Schnittstellenbeschreibung / Anbindung der EZE an externe Sollwertvorgaben

Laut Herstellerangabe kann die Sollwertvorgabe direkt über das easYgen sowie über der übergeordneten Steuerung der VKM erfolgen. Die im Folgenden aufgeführten Schnittstellen/Sollwert-Kombinationen sind an der EZE möglich. Die Q-Übergangsfunktion für die ungünstigste Schnittstelle (Analogkontakt) ist den nachfolgenden Kapiteln zu entnehmen. Sofern ein Modbus eingesetzt wird, ist eine zusätzliche Verzögerung von ca. 67 ms durch das Einschleifen der übergeordneten Steuerung im Regelkonzept zu berücksichtigen. Die übergeordnete Steuerung übernimmt keine Regelfunktion und leitet den Blindleistungssollwert an das easYgen XT weiter.

Tabelle 23: Verfügbare Schnittstellen/Sollwert-Kombinationen des easYgen-3400XT / 3500XT /U15/

Schnittstelle	Signal	Q_{set}	$\cos \varphi_{\text{set}}$
Analogkontakt	0/4-20 mA 0-1 V 0-2000Ω	0,01 kvar	0,001
Digitalkontakt (0/I)	24VDC	Anzahl der Digitaleingänge: 3400XT: 12 3500XT: 23	
Bus	CAN/Modbus	1 kvar	0,001

Im Folgenden ist das Regelkonzept der Blindleistung dargestellt. Dabei wird erfolgt die Kommunikation zwischen EZA-Regler und easYgen XT direkt. Die übergeordnete Steuerung übernimmt dabei keine Regelfunktion.

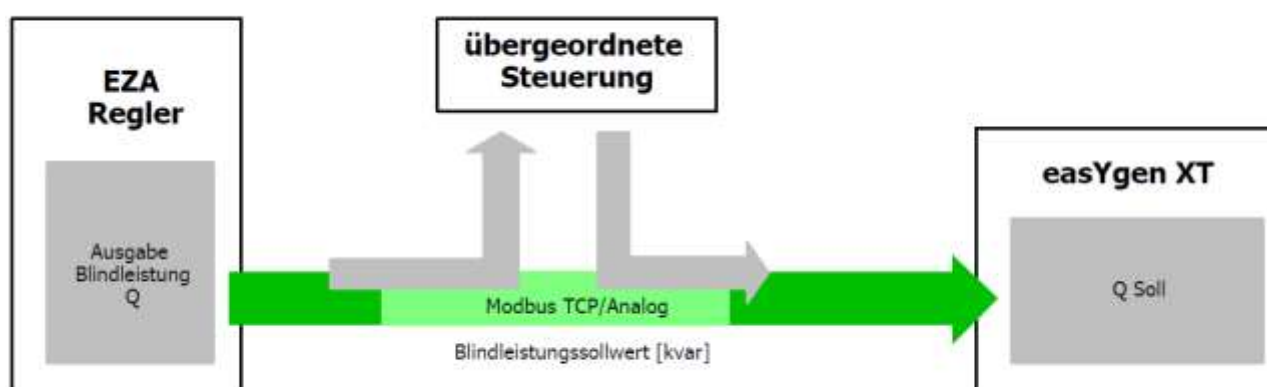


Abbildung 4: Regelkonzept der Blindleistung /U15/

Im Falle einer Kommunikationsstörung der externen Sollwertvorgabe an die EZE (z. B. Kommunikationsstörung zur Fernwirkanlage oder zum EZA-Regler) kann die EZE bei Verwendung der Analog- und Digitalkontakte mit den folgenden Werten bzw. Verfahren weiterbetrieben werden:

Tabelle 24: Blindleistungsverhalten bei Kommunikationsstörungen

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Einstellung eines Default Q- oder $\cos \varphi$ -Wertes	Erfüllt, einstellbar	/U15/
Verwendung des zuletzt gültigen Sollwerts	Nicht erfüllt	/U15/
Umschalten auf ein anderes Verfahren ($Q(U)$ / $Q(P)$ Regelung bezogen auf die EZE-/Generator-Anschluss)	Erfüllt, einstellbar	/U15/

Wird das Sollwertsignal über der übergeordneten Steuerung geschleift, überwacht diese die Funktion der Modbus-TCP-Schnittstelle zu beiden Teilnehmern (EZA-Regler / easYgen) fortlaufend. Im Falle eines Ausfalls wird das BHKW zum Eigenschutz heruntergefahren.

4.1.2.2 Blindleistungs-Spannungskennlinie $Q(U)$

Die in der EZE implementierte Funktion Blindleistungs-Spannungskennlinie $Q(U)$ wurde vermessen und im Folgenden hinsichtlich der Regelwerkseinhaltung bewertet.

 Tabelle 25: Bewertung des Verfahrens, Blindleistungs-Spannungskennlinie $Q(U)$

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Das Regelverhalten entspricht qualitativ einem PT1-Verhalten.	Erfüllt ¹	/U1/ /U3/
Jeder Blindleistungswert kann innerhalb einer einstellbaren Zeit, zwischen 6 s (3τ / 95 %) und 60 s (für Typ 1 zwischen 10 s und 60 s), bereitgestellt werden.	Erfüllt, einstellbar über Parameter 1897 Positiv vermessen mit 1 s und 55 s	/U1/ /U3/ /U15/
Die Toleranz von $\pm 2 \% P_{FE}$ (bzw. von $\pm 4 \% P_{FE}$ für Anlagen mit $S_{A,max} < 300$ kVA) nach Einschwingen des Blindleistungswertes wird eingehalten.	Erfüllt Maximale Abweichung: HBG 430: 1,56 % P_{FE} HBG 70: 1,33 % P_{FE}	/U1/ /U3/
Die Vorgabespannung U_{Q0}/U_C kann über die folgende Schnittstelle und in Schritten von 0,5 % U_C vorgegeben werden.	Erfüllt	/U15/
Nach einer Änderung der Vorgabe von U_{Q0}/U_C wird der resultierende Sollwert innerhalb von ≤ 4 min anzufahren.	Erfüllt Es gelten die jeweils in Regelmodi gewählten Einstellzeiten	/U15/
Ein Spannungstotband ist im Bereich von $\pm 0 \%$ bis $\pm 5 \% U_C$ in Schritten von höchstens 0,5 % U_C einstellbar.	$Q(U)$ -Kennlinie kann mit einem Totband um den Normalbereich in 0,01 %-Schritten hinterlegt werden.	/U15/
Die $Q(U)$ -Kennlinie bzw. Steigung m ist über Wertepaare definierbar.	Erfüllt	/U15/
Die Steigung m ist im Wertebereich $5 \leq m \leq 16,5$ einstellbar.	Erfüllt	/U15/

¹ Die Blindleistungsregelung und die Spannung beeinflussen sich gegenseitig, so dass die gemessene Blindleistung nicht zwingend einer PT1-Übergangsfunktion gleicht. Die Regelung basiert jedoch auf einem PT1-Verhalten. Der Nachweis erfolgt anhand der Blindleistung Sollwertvorgabe Q_{set} Kapitel 4.1.2.3.

4.1.2.3 Blindleistung als Funktion der Wirkleistung $Q(P)$

Die in der EZE implementierte Funktion Blindleistung als Funktion der Wirkleistung $Q(P)$ wurde vermessen und im Folgenden hinsichtlich der Regelwerkseinhaltung bewertet.

Tabelle 26: Bewertung des Verfahrens, Blindleistung als Funktion der Wirkleistung $Q(P)$

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Das Regelverhalten entspricht qualitativ einem PT1-Verhalten.	Erfüllt ²	/U1/ /U3/
$Q(P)$ Kennlinie ist mindestens über 10 Stützpunkte/Wertepaare einstellbar.	Erfüllt	/U15/
Die Toleranz nach Einschwingen des Blindleistungswertes von $\pm 2 \% P_{FE}$ (bzw. von $\pm 4 \% P_{FE}$ für Anlagen mit $S_{A,max} < 300 \text{ kVA}$) wird eingehalten.	Erfüllt Maximale Abweichung: HBG 430: $0,71 \% P_{FE}$ HBG 70: $2,26 \% P_{FE}$ Hinweis: Sollte der Regelmodus in einer EZA zum Einsatz kommen ist für die EZE HBG 70 der Einsatz auf Anlagen mit $S_{A,max} < 300 \text{ kVA}$ beschränkt, sofern nicht beispielsweise ein EZA-Regler zum Einsatz kommt.	/U1/ /U3/

4.1.2.4 Blindleistung mit Spannungsbegrenzungsfunktion

Die in der EZE implementierte Funktion Blindleistung mit Spannungsbegrenzungsfunktion wurde vermessen und im Folgenden hinsichtlich der Regelwerkseinhaltung bewertet.

Tabelle 27: Bewertung des Verfahrens, Blindleistung mit Spannungsbegrenzungsfunktion

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Das Regelverhalten entspricht qualitativ einem PT1-Verhalten.	Erfüllt ²	/U1/ /U3/
Eine Schnittstelle für die Vorgabe des Blindleistungswertes $Q_{ref}/P_{b,inst}$ ist vorhanden.	Erfüllt	/U15/
Die Vorgabe des Blindleistungswertes $Q_{ref}/P_{b,inst}$ kann in Schritten von $1 \% Q/P_{b,inst}$ vorgegeben werden.	Erfüllt	/U15/
Verfahren $Q_{U,max}$ ist über Wertepaare definierbar	Erfüllt	/U15/
Ausstabilitätsgründen sind Steigungen m größer als 24 unzulässig	Erfüllt	/U15/
Nach einer Anpassung des Blindleistungswertes $Q_{ref}/P_{b,inst}$ ist der resultierende Sollwert innerhalb von $\leq 4 \text{ min}$ anzufahren.	Erfüllt Es gelten die jeweils in Regelmodi gewählten Einstellzeiten	/U15/

² Die Blindleistungsregelung und die Spannung beeinflussen sich gegenseitig, so dass die gemessene Blindleistung nicht zwingend einer PT1-Übergangsfunktion gleicht. Die Regelung basiert jedoch auf einem PT1-Verhalten. Der Nachweis erfolgt anhand der Blindleistung Sollwertvorgabe Q_{set} Kapitel 4.1.2.3.

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Die Toleranz nach Einschwingen des Blindleistungswertes von $\pm 2 \% P_{RE}$ (bzw. von $\pm 4 \% P_{RE}$ für Anlagen mit $S_{A,max} < 300 \text{ kVA}$) wird eingehalten.	Erfüllt Maximale Abweichung: HBG 430: $1,75 \% P_{RE}$ HBG 70: $1,79 \% P_{RE}$	/U1/ /U3/

4.1.2.5 Blindleistung nach Sollwertvorgabe Q_{set}

Die in der EZE implementierte Funktion Blindleistung nach Sollwertvorgabe Q_{set} wurde vermessen und im Folgenden hinsichtlich der Regelwerkseinhaltung bewertet.

Tabelle 28: Bewertung des Verfahrens, Blindleistung nach Sollwertvorgabe Q_{set}

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Das Regelverhalten entspricht qualitativ einem PT1-Verhalten.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Jeder Blindleistungswert kann innerhalb einer einstellbaren Zeit zwischen 6 s ($3 \tau / 95 \%$) und 60 s (für Typ 1 zwischen 10 s und 60 s) bereitgestellt werden.	Erfüllt Einstellbar über Parameter 1884 Positiv vermessen mit 1 s und 60 s	/U1/ /U3/
Die Toleranz nach Einschwingen des Blindleistungswertes von $\pm 2 \% P_{RE}$ (bzw. von $\pm 4 \% P_{RE}$ für Anlagen mit $S_{A,max} < 300 \text{ kVA}$) wird eingehalten.	Erfüllt Maximale Abweichung: HBG 430: $0,60 \% P_{RE}$ HBG 70: $1,34 \% P_{RE}$	/U1/ /U3/

4.1.2.6 Verschiebungsfaktor $\cos \varphi_{set}$

Die in der EZE implementierte Funktion Verschiebungsfaktor nach Sollwertvorgabe $\cos \varphi_{set}$ wurde nicht separat vermessen. Die Auswertung erfolgte auf Basis der Vermessung der Blindleistungssollwertvorgabe. Der Q-Sollwert wird intern in einen $\cos \varphi$ Sollwert umgewandelt und an den Spannungsregler übergeben. Aus diesem Grund können die Ergebnisse übertragen werden.

Tabelle 29: Bewertung des Verfahrens, Verschiebungsfaktor nach Sollwertvorgabe $\cos \varphi_{set}$

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Die Einschwingzeit beträgt $\leq 1 \text{ min.}$	Erfüllt Einstellbar über Parameter 1884 Positiv vermessen mit 1 s und 60 s	/U1/ /U3/
Die Toleranz nach Einschwingen des Blindleistungswertes von $\pm 2 \% P_{RE}$ (bzw. von $\pm 4 \% P_{RE}$ für Anlagen mit $S_{A,max} < 300 \text{ kVA}$) wird eingehalten.	Erfüllt Maximale Abweichung: HBG 430: $0,60 \% P_{RE}$ HBG 70: $1,34 \% P_{RE}$	/U1/ /U3/
Die Vorgabe erfolgt mit einer minimalen Schrittweite von $\Delta \cos \varphi = 0,005$.	Erfüllt Schrittweite 0,001	/U15/

Übertragbarkeit

Die zuvor aufgeführten Details zum Verfahren der Blindleistungsbereitstellung gelten für die gesamte Produktfamilie des Herstellers /U15/. Die Messergebnisse (bezogen auf S_{rE}) und Bewertung können wie nachfolgend beschrieben auf die Produktfamilie übertragen werden.

- Für $P_{rE} < 136 \text{ kW}$ sind die Ergebnisse des HBG 70 zu verwenden
- Für $P_{rE} \geq 136 \text{ kW}$ sind die Ergebnisse des HBG 430 zu verwenden

4.2 Betriebsbereich

4.2.1 Quasistationärer Betrieb

Der Hersteller gibt für die in /U15/ genannten Erzeugungseinheiten folgende Betriebsbereiche frei. Diese decken den geforderten Betriebsbereich nach VDE4110, Kapitel 10.2.1.2 (Bild 4) ab.

Tabelle 30: Quasistationäre Betriebsbereiche /U15/

	Bereich	Zeit
Spannung (Dauerbetrieb)	90 bis 110 % U_n	kontinuierlich
Frequenz (Dauerbetrieb)	49 bis 51,0 Hz	kontinuierlich
Spannung	85 bis 90 % U_n bzw. 110 bis 115 % U_n	$\geq 60 \text{ s}$
Frequenz (mit Leistungslimitierung ³)	47,5 bis 49,0 Hz bzw. 50,2 bis 51,5 Hz	30 min

Laut Herstellerangabe kann die EZE ein Betrieb auch oberhalb von 51,5 Hz möglich. Der Eigenschutz für den Generator greift bei 55 Hz nach 15 Sekunden, bei 66 Hz nach 5 Sekunden. Die Schutzanforderung der TAR würde allerdings eine Abschaltung nach 5 s hervorrufen /U15/.

In Kapitel 4.1.1 zur Spannungsabhängigkeit des Blindleistungsvermögens wird der oben vom Hersteller angegebene Spannungsbereich verifiziert.

Die Darstellung und Auswertung der Spannungs-Zeit-Kennlinie sowie der Nachweis über den Betrieb von $\geq 60 \text{ s}$ im Bereich zwischen 85 % U_n und 90 % U_n sowie 110 % U_n und 115 % U_n erfolgt in Kapitel 4.6.2.

Der Hersteller hat in seiner Erklärung /U15/ erklärt, dass bei Spannungsänderungen von $\leq 10 \% U_r$ mit Spannungsgradienten von $\geq 5 \% U_r / \text{min}$ innerhalb des Spannungsbandes von 90 % U_r bis 110 % U_r keine Auswirkung auf die EZE haben. Die EZE folgt der Netzspannung und regelt sich dementsprechend ein.

³ Eine Leistungslimitierung unterhalb von 49 Hz ist laut VDE4110, Kapitel 10.2.4.3 mit 10 % P_{rE}/Hz zulässig. Eine Leistungslimitierung oberhalb von 50,2 Hz ist laut VDE4110, Kapitel 10.2.4.3 gefordert, näheres siehe Kapitel 4.4.2.

Übertragbarkeit

Die Angaben des Herstellers zum quasistationären Betrieb beziehen sich auf die gesamte Produktfamilie. Es ist keine Anpassung bei der Übertragung erforderlich.

4.2.2 Polrad- bzw. Netzpendelungen

Der Nachweis wird entsprechend der zugrundeliegenden Richtlinien im Rahmen der dynamischen Netzstützung in Kapitel 4.6.2. abgedeckt.

Für alle in Kapitel 3.2 aufgeführten EZE wurde für die transiente Stabilitätsbetrachtung entsprechend VDE4110 folgende Transformatoren gewählt.

Tabelle 31: Gewählte Transformatorimpedanzen bei Simulationen zur Übertragbarkeit

	U_k	S_{rT}	P_{Fe}	P_{Cu}
$S_{rT} \leq 800 \text{ kVA}$	4 %	S_{rE}	1 % S_{rE}	1 % S_{rE}
$S_{rT} > 800 \text{ kVA}$	6 %	S_{rE}	1 % S_{rE}	1 % S_{rE}

4.3 Netzurückwirkungen

Gemäß der zugrundeliegenden Richtlinie sind bei der EZE-Zertifizierung die Netzurückwirkungen, wie Flicker, Spannungsänderungen durch Zu- und Abschalten der EZE, Oberschwingungen sowie Unsymmetrien im Stromverlauf nur auszuweisen. Die Ergebnisse der Vermessung der Netzurückwirkungen sind dem Auszug aus dem Messbericht als Anhang des Zertifikats zu entnehmen.

Bei der Vermessung der Unsymmetrie des HBG 430 wurde der Grenzwert von 1,5 % des Quotienten der Ströme aus Gegen- und Mitsystem überschritten und betrug 1,74. Ein phasenverschobener Anschluss der EZE am Transformator zeigte, dass der Quotient auf 1,16 gesunken ist. Dies wird den vorliegenden Netzeigenschaften zugeordnet. Aus diesem Grund sind die Anforderung zu Unsymmetrien erfüllt. /U1/

Die Anforderung zu Unsymmetrien für den HBG 70 sind durch Unterschreiten des Grenzwert von 1,5 % des Quotienten der Ströme aus Gegen- und Mitsystem erfüllt /U3/

Übertragbarkeit

Für die nicht vermessenen EZE kann der Auszug aus dem Prüfbericht als Anhang zum Einheitszertifikat angewandt werden. Die Werte aus dem Auszug können direkt verwendet werden, da diese auf die Nennleistung bezogen angegeben sind.

- Für $P_{rE} < 136 \text{ kW}$ sind die Ergebnisse des HBG 70 zu verwenden
- Für $P_{rE} \geq 136 \text{ kW}$ sind die Ergebnisse des HBG 430 zu verwenden

4.4 Wirkleistung

4.4.1 Wirkleistungsabgabe und Netzsicherheitsmanagement

Die maximale Wirkleistungsabgabe mit einer Mittelung über 200 ms, 1 min und 10 min sind nachfolgend aufgeführt.

Tabelle 32: Maximalwerte der Wirkleistungsabgabe HBG 430 /U1/

10-min-Mittelwert ($P_{E,max} = P_{600}$)	1-min-Mittelwert (P_{60})	200-ms-Mittelwert ($P_{0,2}$)
428,5 kW	428,7 kW	435,7 kW
1,00 P_{TE}	1,00 P_{TE}	1,01 P_{TE}

Tabelle 33: Maximalwerte der Wirkleistungsabgabe HBG 70 /U3/

10-min-Mittelwert ($P_{E,max} = P_{600}$)	1-min-Mittelwert (P_{60})	200-ms-Mittelwert ($P_{0,2}$)
70 kW	70,1 kW	70,6 kW
1,00 P_{TE}	1,00 P_{TE}	1,01 P_{TE}

Die Bewertung und Grenzen der Wirkleistungsabgabe und deren Regelung sind im Folgenden aufgeführt.

Tabelle 34: Bewertung der Wirkleistungsabgabe

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Technischen Mindestleistung $P_{E,min}$ Es gilt für Typ 1 $\leq 50 \% P_{TE}$	Erfüllt 50 % P_{TE}	/U15/
Bestehen signifikante Abhängigkeiten der maximalen Wirkleistungsabgabe von den Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Luftdruck)?	Laut Herstellerangabe bestehen keine Abhängigkeiten	/U15/
Schnittstellen zur Wirkleistungsvorgabe sind getrennt für Netzbetreiber und Direktvermarkter.	Erfüllt	/U15/
Es wird immer die niedrigste Wirkleistungsvorgabe übernommen.	Erfüllt	/U15/
Eine Einstellung des Wirkleistungsgradienten in der EZE ist möglich.	Erfüllt	/U15/
Angabe des maximalen und minimalen Gradienten sowie der Schrittweite.	Minimal: 0,4 % P_{TE}/s Maximal: 0,6 % P_{TE}/s Schrittweite: 0,01 %	/U15/
Maximale Regelabweichung	HBG 430: 0,75 % P_{TE} HBG 70: 0,16 % P_{TE}	/U1/ /U3/
Die Anforderung an die maximale Regelabweichung mit $\leq 5 \% P_{TE}$ wird eingehalten.	Erfüllt	/U1/ /U3/

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Maximaler Wirkleistungsgradient beim Sprung von 90 % P_{rE} auf $P_{E,min}$	HBG 430: 0,604 P_{rE}/s HBG 70: 0,678 P_{rE}/s	/U1/ /U3/
Maximaler Wirkleistungsgradient beim Sprung von $P_{E,min}$ auf 90 % P_{rE}	HBG 430: 0,718 P_{rE}/s HBG 70: 0,657 P_{rE}/s	/U1/ /U3/
Die Anforderung an den maximalen Wirkleistungsgradienten mit $\leq 0,66$ % P_{rE}/s wird eingehalten.	Erfüllt ⁴	
Minimaler Wirkleistungsgradient beim Sprung von 70 % P_{rE} auf 50 % P_{rE}	HBG 430: 0,302 P_{rE}/s HBG 70: 0,325 P_{rE}/s	/U1/ /U3/
Minimaler Wirkleistungsgradient beim Sprung von 50 % P_{rE} auf 70 % P_{rE}	HBG 430: 0,337 P_{rE}/s HBG 70: 0,332 P_{rE}/s	/U1/ /U3/
Die Anforderung an den minimalen Wirkleistungsgradienten mit $\geq 0,33$ % P_{rE}/s wird eingehalten.	Erfüllt ⁵	
Der Verlauf der Leistungssteigerung/-reduzierung erfolgt linear	Erfüllt	/U1/ /U3/

Übertragbarkeit

Die Messergebnisse und Bewertung können wie nachfolgend beschrieben auf die Produktfamilie übertragen werden.

- Für $P_{rE} < 136$ kW sind die Ergebnisse des HBG 70 zu verwenden
- Für $P_{rE} \geq 136$ kW sind die Ergebnisse des HBG 430 zu verwenden

Durch die ausreichende Einhaltung des eingestellten Wirkleistungsgradienten gemäß der Messung wird aufgezeigt, dass die Wirkleistungsregelung maßgeblich von der EZE-Regelung bestimmt wird. Die Angaben zu den Einstellgrößen und Parametern gelten für die gesamte Produktfamilie des Herstellers /U15/.

⁴ Bei der Vermessung war ein Wirkleistungsgradient von 0,66 P_{rE}/s eingestellt. Der Hersteller hat im Nachgang entschieden den Wirkleistungsgradient auf 0,6 P_{rE}/s zu begrenzen. Standardmäßig ist der Gradient auf 0,5 P_{rE}/s eingestellt. Es ist davon auszugehen, dass mit dem gewählten Gradienten die Anforderung eingehalten wird

⁵ Bei der Vermessung war ein Wirkleistungsgradient von 0,33 P_{rE}/s eingestellt. Der Hersteller hat im Nachgang entschieden den Wirkleistungsgradient auf 0,4 P_{rE}/s zu begrenzen. Standardmäßig ist der Gradient auf 0,5 P_{rE}/s eingestellt. Es ist davon auszugehen, dass mit dem gewählten Gradienten die Anforderung eingehalten wird

4.4.1.1 Anbindung an einen EZA-Regler / Schnittstellenbeschreibung / Anbindung der EZE an externe Sollwertvorgaben

Die im folgenden aufgeführten Schnittstellen/Sollwert-Kombinationen sind an der EZE möglich.

Tabelle 35: Verfügbare Schnittstellen/Sollwert-Kombinationen /U15/

Schnittstelle		Schrittweite [kW]
Analogkontakt	0/4-20 mA 0-1 V 0-2000Ω	0,01
Digitalkontakt	24VDC	Anzahl der Digitaleingänge: 3400XT: 12 3500XT: 23
Bus	CAN/Modbus	0,1

Die Regelung der EZE unterscheidet bei den Sollwertvorgaben zwischen einer Limitierung der Wirkleistung sowie einer Leistungsvorgabe. Die Limitierung der Wirkleistung hat Vorgang vor der P(f) Regelung. Nachfolgend ist das Regelungskonzept der Wirkleistung dargestellt. Die übergeordnete Steuerung übernimmt dabei keine Regelungsfunktion und leitet nur die kleinste Sollwertvorgabe an die EZE weiter. Das Netzsicherheitsmanagement NSM erfolgt über die Wirkleistungslimitierung und wird direkt an das easYgen XT übergeben. Sofern ein Modbus eingesetzt wird, ist eine zusätzliche Verzögerung von ca. 67 ms durch das Einschleifen der übergeordneten Steuerung im Regelkonzept zu berücksichtigen.

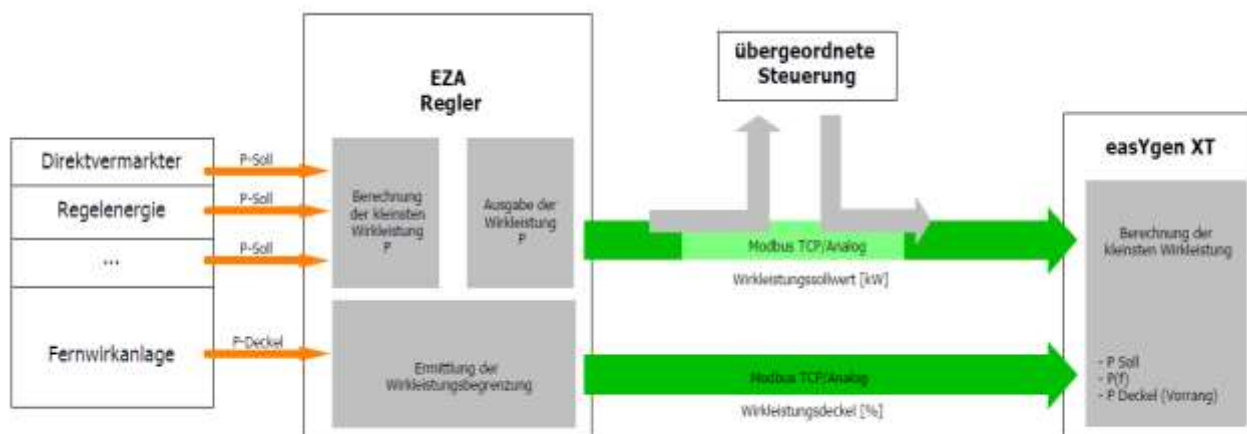


Abbildung 5: Regelungskonzept der Wirkleistung

Falle einer Kommunikationsstörung der externen Sollwertvorgabe an die EZE (z. B. Kommunikationsstörung zur Fernwirkanlage oder zum EZA-Regler) erkennt die EZE die Störung, reduziert die Leistungseinspeisung und trennt sich im vom Netz.

4.4.2 Wirkleistungsabgabe in Abhängigkeit der Netzfrequenz

Die in der EZE implementierte Funktion Wirkleistungsabgabe in Abhängigkeit der Netzfrequenz (LFSM-O und LFSM-U) wurde vermessen und wird im Folgenden hinsichtlich der Regelwerkseinhaltung bewertet.

Tabelle 36: Bewertung der Wirkleistungsabgabe in Abhängigkeit der Netzfrequenz

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Die EZE reagiert erst, wenn die Netzfrequenz außerhalb des Toleranzbands von ± 200 mHz liegt.	Erfüllt einstellbar über Parameter #5782-5730 sowie #5094-5095	/U15/
Das Toleranzband ist einstellbar mit den Schwellen 49,5 Hz und 49,8 Hz bzw. 50,2 Hz und 50,5 Hz.	Erfüllt einstellbar über Parameter 5782-5730 sowie #5094-5095	/U15/
Die Frequenzmessung erfüllt die nachfolgenden Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit und Abtastung: $ \Delta f \leq 10$ mHz im eingeschwungenen Zustand $ \Delta f \leq 50$ mHz bei schnellen Frequenzänderungen $\Delta t_{\text{Abtast}} \leq 200$ ms bei schnellen Frequenzänderungen	Erfüllt	/U15/

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
An- und Einschwingzeiten bei Wirkleistungssteigerung im LFSM-O und LFSM-U entsprechen den folgenden Forderungen: $T_{an, 90 \%} \leq 5 \text{ min bis } \Delta P \leq 20 \% P_{rE}$ $T_{ein} \leq 6 \text{ min}$	Erfüllt	/U1/ /U3/
An- und Einschwingzeiten bei Wirkleistungsreduzierung im LFSM-O und LFSM-U entsprechen den folgenden Forderungen: $T_{an, 90 \%} \leq 8 \text{ s bis } \Delta P \leq 45 \% P_{rE}$ $T_{ein} \leq 30 \text{ s}$ Für VKM gilt: $dP/dt \geq 0,66 P_{rE}/\text{min}$ für $P_{rE} \leq 2 \text{ MW}$ bzw. $dP/dt \geq 0,2 P_{rE}/\text{min}$ für $P_{rE} > 2 \text{ MW}$	Erfüllt über VKM Gradienten	/U1/ /U3/
Anforderungen an die Übergangsfunktion: a) Die anfängliche Zeitverzögerung T_V der frequenzabhängigen Wirkleistungsvariation beträgt nicht mehr als 2 s b) Nach $T_V + 0,1 \cdot (T_{an, 90 \%} - T_V)$ sind min. 9 % ΔP erbracht c) Nach $T_{an, 90 \%}$ sind min. 90 % ΔP erbracht	a) Nicht erfüllt, siehe unten und Tabelle 37 und Tabelle 38 b) HBG 70: Erfüllt HBG 430: Erfüllt für Leistungsreduzierungen Nicht erfüllt für Leistungssteigerungen. Aufgrund der erheblich kleineren Anschlagzeit zur geforderte Anschlagzeit von 5 min wird diese als unkritisch bewertet Für einen Sprung von 83,73% P_{rE} beträgt die Anschlagzeit 73,5 s 9 % der Leistungsänderung sind nach 13,91 s erbracht. c) Erfüllt	/U1/ /U3/
Die Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungsvariation ist zwischen 2 % und 12 % einstellbar.	Erfüllt Parameter #5784 und #5875, Standard: 5 % Einstellung erfolgt in % / Hz und muss entsprechend umgerechnet werden	/U15/
Die Typprüfung erfolgt bei einer Statik von 5 %.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Die Wirkleistungsreduktion ist bis zur technischen Mindestleistung der EZE möglich.	Erfüllt Eine Reduzierung erfolgt bis 30 % P_{rE} . Bei Sollwertvorgaben zwischen 50 % und 30 % P_{rE} trennt sich die EZE nach 30 min vom Netz. Bei Sollwertvorgaben kleiner 30 % P_{rE} trennt sich die EZE sofort vom Netz	/U15/
Oberhalb von 51,5 Hz kann die EZE weitere 5 s ohne Wirkleistungssteigerung betrieben werden. Eine Netztrennung darf nur aus Gründen des Eigenschutzes erfolgen.	Erfüllt	/U15/

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Beim Übergang in den Normalbetrieb wird Innerhalb 10 min nach Rückkehr der Frequenz in das Toleranzband (50 Hz \pm 0,2 Hz) die Wirkleistung ausgehend von P_{mom} mit maximal 10 % $P_{\text{b,Inst}}$ /min gesteigert.	Erfüllt Gradient einstellbar über Parameter 5014; Standard: 0,15 % P_{rE} /s Zeitraum für den kritischen Netzzustand ist über Parameter 5015 einstellbar. Standard: 600s	/U15/
Einstellbereiche und Parameter für die Funktion Wirkleistungsabgabe in Abhängigkeit der Netzfrequenz sind Anzugeben	Erfüllt siehe oben und Beschreibung in /U15/	/U15/ /U18/
Die EZE reduzieren ihre Wirkleistung entsprechend VDE4110, Bild 17 nicht.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Die im folgenden aufgeführten Frequenzänderungsgeschwindigkeiten können durchfahren werden: \pm 2,00 Hz/s für ein gleitendes Zeitfenster von 0,5 s \pm 1,50 Hz/s für ein gleitendes Zeitfenster von 1,0 s \pm 1,25 Hz/s für ein gleitendes Zeitfenster von 2,0 s	Erfüllt einstellbar über Parameter 3104 und 3105 Standard: 1,25 Hz/s / 2s	/U15/
Überfrequenz (LFSM-O)		
Das Verhalten bei Überfrequenz ist durch Frequenzsprünge von 1. 50 \pm 0,05 Hz / 2. 50,3 \pm 0,05 Hz / 3. 51,4 \pm 0,05 Hz / 4.1 50,3 Hz \pm 0,05 Hz / 5. 50,0 Hz \pm 0,05 Hz getestet.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Auf den vorgenannten Stufen wurde solange verharrt, bis nachgewiesen werden konnte, dass keine ungedämpften Leistungsspendelungen auftreten. Bei VKM mindesten 120 s.	Erfüllt	/U1/ /U3/
In den getesteten Frequenzbereichen bewegt sich die EZE hinsichtlich der Wirkleistungsabgabe auf der Kennlinie.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Für die Sprünge 2. auf 3. sowie 3. auf 4.1 erfüllen die An- und Einschwingzeiten die Anforderungen nach VDE4110, Kapitel 10.2.4.3.	Erfüllt über VKM Gradienten (siehe oben)	/U1/ /U3/
Für die Sprünge von 2.auf 3 und 3 auf 4.1 ⁶ erfüllt der jeweilige Wirkleistungsgradient die Anforderungen nach VDE4110, Kapitel 10.2.4.3. Statik 5 % bzw. 40 % P_{ref} /Hz.	Erfüllt gemessener mittlerer Gradient HBG 430: 39,8 % P_{ref} /Hz HBG 70: 40,1 % P_{ref} /Hz	/U1/ /U3/
Die momentane Wirkleistung P_{mom} zu Beginn des Versuchs beträgt mehr als 50 % P_{rE} .	Erfüllt	/U1/ /U3/
Unterfrequenz (LFSM-U)		

⁶ Überprüfung der Stufen abweichend von TR8, da diese nach TR3, Rev. 25 nicht auszuwerten sind.

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Das Verhalten bei Überfrequenz ist durch Frequenzsprünge von 1. $50 \pm 0,05 \text{ Hz}$ / 2. $49,7 \pm 0,05 \text{ Hz}$ / 3.1. $47,6 \pm 0,05 \text{ Hz}$ / 4.1. $48,7 \text{ Hz} \pm 0,05 \text{ Hz}$ / 5. $49,7 \text{ Hz} \pm 0,05 \text{ Hz}$ / 6. $50,0 \text{ Hz} \pm 0,05 \text{ Hz}$ getestet.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Auf den vorgenannten Stufen wurde solange verharret bis nachgewiesen werden konnte, dass keine ungedämpften Leistungspendelungen auftreten. Bei VKM mindestens 120 s.	Erfüllt	/U1/ /U3/
In den getesteten Frequenzbereichen bewegt sich die EZE hinsichtlich der Wirkleistungsabgabe auf der Kennlinie.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Die initiale Wirkleistung zu Beginn des Versuchs beträgt höchstens die technischen Mindestleistung.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Für die Sprünge 2. auf 3.1 sowie 3.1 auf 4.1 erfüllen die An- und Einschwingzeiten die Anforderungen nach VDE4110, Kapitel 10.2.4.3.	Erfüllt über VKM Gradienten (siehe oben)	/U1/ /U3/
Für die Sprünge von 2. auf 3.1 sowie 3.1 auf 4.1 erfüllt der jeweilige Wirkleistungsgradient die Anforderungen nach VDE4110, Kapitel 10.2.4.3. Statik 2 % bzw. 40 % P_{ref}/Hz .	Erfüllt Gemessener mittlerer Gradient HBG 430: $39,8 \% P_{\text{ref}}/\text{Hz}$ HBG 70: $40,0 \% P_{\text{ref}}/\text{Hz}$	/U1/ /U3/
VKM ist es erlaubt, die Wirkleistung unterhalb von 49,5 Hz um nicht mehr als 10 % P_{IE}/Hz ausgehend von 49,5 Hz zu reduzieren.	Keine Wirkleistungsreduzierung	/U15/
VKM dürfen die Wirkleistung im dynamischen Kurzzeitbereich (49,5 Hz bis 49,0 Hz) um maximal 3 % P_{IE} bis zur Rückkehr auf oberhalb 49,5 Hz reduzieren.	Erfüllt	/U1/ /U3/

Anfängliche Zeitverzögerung T_v

Die anfängliche Zeitverzögerung T_v ist bei den folgenden bewerteten Sprüngen größer als die in der VDE4110 vorgesehenen 2 Sekunden. In diesem Falls sieht die Richtlinie vor, dass der Betreiber der Stromerzeugungsanlage die Verzögerung unter Vorlage technischer Nachweise gegenüber dem Netzbetreiber begründet. /U17/ Der Hersteller der EZE hat erklärt, dass dies an physikalischen Eigenschaften des Turboladers des Gasmotors liegt. Nachfolgend sind die Zeiten für T_v in Tabelle 37 und Tabelle 38 aufgeführt.

Tabelle 37: Anfängliche Zeitverzögerung T_v sowie Gradient der Wirkleistung der $P(f)$ -Funktion HBG 430

Bereich	Art der Änderung	Sprung	T_v / s	Gradient
Überfrequenz	Leistungsreduktion	Stufe 2 \rightarrow Stufe 3	2,6	$>1,11 P_{\text{IE}}/\text{s}$
Überfrequenz	Leistungserhöhung	Stufe 3 \rightarrow Stufe 4	2,6	
Unterfrequenz	Leistungserhöhung	Stufe 2 \rightarrow Stufe 3	2,8	
Unterfrequenz	Leistungsreduktion	Stufe 3 \rightarrow Stufe 4	2,7	$>1,11 P_{\text{IE}}/\text{s}$
Unterfrequenz	Leistungsreduktion	Stufe 4 \rightarrow Stufe 5	3,8	$>1,11 P_{\text{IE}}/\text{s}$

Tabelle 38: Anfängliche Zeitverzögerung T_v sowie Gradient der Wirkleistung der $P(f)$ -Funktion HBG 70

Bereich	Art der Änderung	Sprung	T_v / s	Gradient
Überfrequenz	Leistungsreduktion	Stufe 2 → Stufe 3	2,06	$>1,11 P_{FE}/s$
Überfrequenz	Leistungserhöhung	Stufe 3 → Stufe 4	1,21	
Unterfrequenz	Leistungserhöhung	Stufe 2 → Stufe 3	1,37	
Unterfrequenz	Leistungsreduktion	Stufe 3 → Stufe 4	2,79	$>1,11 P_{FE}/s$
Unterfrequenz	Leistungsreduktion	Stufe 4 → Stufe 5	2,36	$>1,11 P_{FE}/s$

Übertragbarkeit

Die Messergebnisse und Bewertung können wie nachfolgend beschrieben auf die Produktfamilie übertragen werden.

- Für $P_{FE} < 136 \text{ kW}$ sind die Ergebnisse des HBG 70 zu verwenden
- Für $P_{FE} \geq 136 \text{ kW}$ sind die Ergebnisse des HBG 430 zu verwenden

Die Angaben zu den Einstellgrößen und Parametern gelten für die gesamte Produktfamilie des Herstellers /U15/.

4.5 Zuschaltbedingungen

4.5.1 Zuschalten ohne vorherige Schutzauslösung

Die Zuschaltlogik ohne vorherige Schutzauslösung ist in der EZE implementiert und im Folgenden hinsichtlich der Regelwerkseinhaltung bewertet.

Tabelle 39: Bewertung des Zuschaltens ohne vorherige Schutzauslösung

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Ist dieses Verfahren in der EZE umgesetzt?	Erfüllt in der EZE-Steuerung	/U15/
In den Bereichen zwischen 90 % U_n und 110 % U_n (jew. $\pm 2 \% U_n$) sowie 47,5 Hz und 50,2 Hz (jeweils $\pm 0,1 \text{ Hz}$) ist eine Zuschaltung der EZE technisch möglich.	Erfüllt	/U15/

Übertragbarkeit

Die Bewertung der Messergebnisse kann auf die gesamte Produktfamilie übertragen werden. Diese Funktion wird ausschließlich von der EZE-Regelung bestimmt.

4.5.2 Zuschalten nach Auslösung des Entkopplungsschutzes

Die Zuschaltlogik nach vorheriger Auslösung des Entkopplungsschutzes ist in der EZE-Steuerung als auch im EZE-Entkopplungsschutz implementiert und wurde vermessen und im Folgenden hinsichtlich der Regelwerkseinhaltung bewertet.

Tabelle 40: Bewertung des Zuschaltens ohne vorherige Schutzauslösung

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Ist dieses Verfahren in der EZE umgesetzt?	Erfüllt	/U15/
Eine automatische Zuschaltung ist nur im Bereich der Netzfrequenz von größer 49,9 Hz und kleiner 50,1 Hz sowie bei einer Netzspannung von mindestens 95 % U_n möglich, wenn die EZE durch eine Entkopplungsschutzeinrichtung vom Netz getrennt wurde.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Eine automatische Wiederzuschaltung erfolgt erst nach einer einstellbarer Netzberuhigungszeit von mindestens 0 bis 30 min.	Erfüllt Einstellbar über Parameter #2801	/U15/
Der Nachweis der automatischen Zuschaltung wurde bei einer Verzögerungszeit (Netzberuhigungszeit) von 5 min erbracht.	Erfüllt ⁷	/U1/ /U3/
Der Wirkleistungsgradient wurde nachgewiesen durch Herstellererklärung: Sollwertvorgaben (Zuschalten ohne vorherige Schutzauslösung)	Erfüllt Einstellbar zwischen 0,4 bis 0,6 % P_{FE}/s	/U15/
Der Wirkleistungsgradient wurde nachgewiesen durch Messung: Wiederzuschalten nach Spannungslosigkeit (Zuschalten nach Auslösung Entkopplungsschutz)	Erfüllt Messung erfolgte mit einem eingestellten Gradienten von HBG 430: 0,33 % P_{FE}/s HBG 70: 0,5 % P_{FE}/s	/U1/ /U3/
Die ermittelten Gradienten sind stets größer als 0,33 % P_{FE}/s und kleiner als 0,66 % P_{FE}/s . Bei Verbrennungskraftmaschinen muss der Gradient erst oberhalb der technischen Mindestleistung eingehalten werden.	Erfüllt	/U1/ /U3/
Der Gradient wurde nach einer Spannungslosigkeit von mindestens einer Minute bis zu einer Wirkleistung von mindestens 50 % P_{FE} vermessen.	Erfüllt mit Messung bis 100 % P_{FE}	/U1/ /U3/

Übertragbarkeit

Die Bewertung der Messergebnisse kann auf die gesamte Produktfamilie übertragen werden. Die Zuschaltbedingung werden ausschließlich der EZE-Regelung bzw. dem EZE-Entkopplungsschutz bestimmt.

Die Messergebnisse (bezogen auf P_{FE}) und Bewertung können wie nachfolgend beschrieben auf die Produktfamilie übertragen werden.

- Für $P_{FE} < 136$ kW sind die Ergebnisse des HBG 70 zu verwenden

⁷ Bei der Vermessung der Zuschaltbedingungen war eine Verzögerungszeit von 0s eingestellt. Das Messlabor hat einen zusätzlichen Test nachgereicht mit einer Verzögerungszeit von 5 min. Siehe Messbericht /U3/ Kapitel 6.1.4.

- Für $P_{TE} \geq 136 \text{ kW}$ sind die Ergebnisse des HBG 430 zu verwenden

Die Angaben zu den Einstellgrößen und Parametern gelten für die gesamte Produktfamilie des Herstellers /U15/.

4.6 FRT

4.6.1 Insel- und Teilnetzbetriebsfähigkeit sowie Schwarzstartfähigkeit

Der Hersteller hat keine Aussagen hierzu gemacht. Da dieser Punkt nach Kapitel 10.2.1.4 der VDE4110 optional ist, erfolgt keine Bewertung.

4.6.2 Dynamische Netzstützung

Die FRT-Fähigkeit und die dynamische Netzstützung wurden an der EZE vermessen und im Folgenden hinsichtlich der Regelwerkseinhaltung bewertet.

Tabelle 41: Bewertung der FRT-Fähigkeit und der dynamischen Netzstützung

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Die geforderten UVRT- und OVRT-Versuche wurden entsprechend VDE4110 Kapitel 11.2.5 und TR3 vollständig und erfolgreich durchgeführt. Dadurch ist auch der Nachweis für den Eigenschutz und die mit vermessenen Hilfsaggregate erbracht. Die EZE trennte sich bei allen UVRT- und OVRT-Tests nicht vom Netz.	Erfüllt	/U2/ /U4/
Die Prüfpunkte 1 und 2 für Typ 1 aus der TR8, Kapitel A.1.2.7.3.1 zur dynamischen Netzstützung durch die EZE werden erfüllt.	Erfüllt	/U2/ /U4/
Bei Inbetriebsetzung von EZA ab dem 01.01.2021: Nachweis der Beherrschung von einem Spannungssprung um mindestens 15 % U_r auf einen Wert $> 115 \% U_r$ für 5 s bzw. $\geq 115 \% U_r$ für 60 s.	Erfüllt Nachweise über Messungen: Die Test gemäß der TR3 wurden mit entsprechende Spannungen sowie Zeiten durchgeführt	/U2/ /U4/
Das korrekte Verhalten im Übergang vom dynamischen zum quasistationären Betrieb der Erzeugungseinheiten ist für <ul style="list-style-type: none"> einen symmetrischen Spannungseinbruch durch Absenken der Netzspannung auf einen Wert zwischen 85 % U_r und 90 % U_r und einen symmetrischen Spannungssprung durch Steigern der Netzspannung auf einen Wert $\geq 110 \% U_r$ für jeweils $\geq 60 \text{ s}$ nachzuweisen. 	Erfüllt	/U2/ /U4/
Die EZE speist während des Fehlers einen Blindstrom gemäß den Anforderungen für Typ 1-EZE ein.	Erfüllt	/U2/ /U4/
Eine Spannungs-Zeit-Kennlinie (Vermögen der EZE) ist vorhanden.	Erfüllt Siehe Abbildung 6	/U15/

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Das Vermögen der EZE entspricht mindestens den geforderten Grenzkurven aus VDE4110 Kapitel 10.2.3.	Erfüllt	/U15/
Die Steigerung der Wirkleistung nach einem FRT erfolgt mit einer Anschwingzeit ≤ 3 s (Typ 1).	Erfüllt	/U2/ /U4/
Der Nachweis, dass eine Typ-1-EZE in der Lage ist, mehrfach aufeinanderfolgende Spannungseinbrüche durchfahren zu können, ist erbracht, wenn der Generator nachweislich nach DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1), Kapitel 9.3.2 ausgelegt ist.	Erfüllt	/U15/ /U23/
Die EZE ist in der Lage, 30 min nach einem Mehrfachfehler erneut einen Mehrfachfehler zu durchfahren. Dies ist in einer Herstellererklärung nachvollziehbar dargestellt.	Erfüllt Herstellererklärung & durch zeitlichen Ablauf der TR3 Tests	/U15/

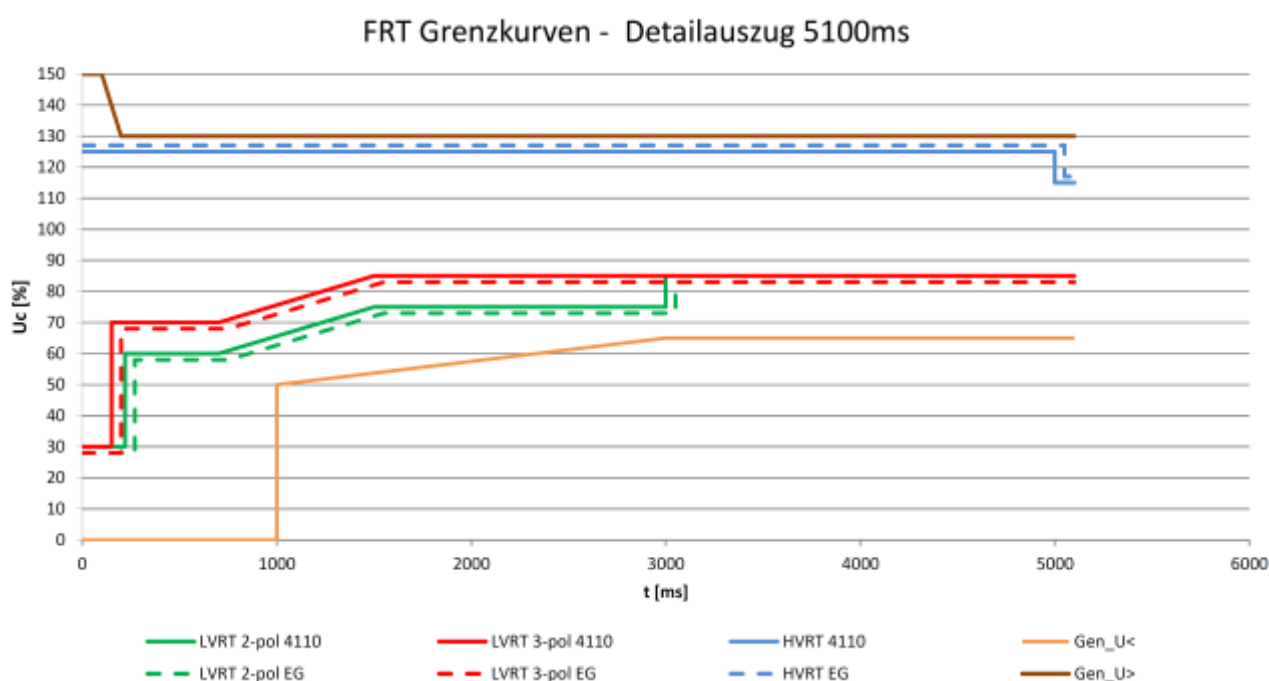


Abbildung 6: Spannungs-Zeit-Kennlinie (Vermögen der EZE) /U15/

Tabelle 42: Werte zu den Spannungs-Zeit-Kennlinien (Vermögen der EZE) /U15/

Unterspannung		
U/U_n	3-polige FRT Zeit [s]	2-polige FRT Zeit [s]
0,28	0,20	0,27
0,58	---	0,75
0,68	0,75	---
0,73	---	3,05
0,83	60,05	60,05

Überspannung	
U/U_n	Zeit [s]
1,27	0,15
1,22	5,05
1,17	60,05

Übertragbarkeit

Die Angaben zur Spannungs-Zeit-Kennlinie und der Beherrschung von Mehrfachfehlern gelten für die gesamte Produktfamilie des Herstellers /U15/. Die Übertragbarkeit der Messergebnisse basiert auf der transienten Stabilitätsbetrachtung nach VDE4110, Kapitel 11.2.5.3 unter Verwendung des validierten Modells und ist in Kapitel 4.1 dieses Berichts ausgeführt.

4.6.3 Beitrag zum Kurzschlussstrom

Die Kurzschlussströme bezogen auf den Nennstrom für symmetrische Fehler aus dem Messberichten /U2/ und /U4/ zu den FRT-Versuche sind in Tabelle 43 und Tabelle 44 aufgeführt.

Tabelle 43: Kurzschlussströme aus der Messung des HBG 430 /U2/

Spannung während des Fehlers [p.u.]	Scheitelwert (t = t1) \hat{I}_k [p.u.]	1-Perioden-Effektivwerte (t = t1) I_k [p.u.]	1-Perioden-Effektivwerte (t = t1+150ms) I_k [p.u.]	1-Perioden-Effektivwerte (t = t2-20ms) I_k [p.u.]
$0,30 \leq U \leq 0,35$	10,022	5,797	2,077	2,077
$0,45 \leq U \leq 0,55$	6,000	3,453	1,824	1,824
$0,70 \leq U \leq 0,80$	3,906	2,239	1,449	1,307
$0,90 \leq U \leq 0,95$	1,993	1,151	0,703	0,599

Tabelle 44: Kurzschlussströme aus der Messung des HBG 70 /U4/

Spannung während des Fehlers [p.u.]	Scheitelwert (t = t1) \hat{I}_k [p.u.]	1-Perioden-Effektivwerte (t = t1) I_k [p.u.]	1-Perioden-Effektivwerte (t = t1+150ms) I_k [p.u.]	1-Perioden-Effektivwerte (t = t2-20ms) I_k [p.u.]
$0,30 \leq U \leq 0,35$	23,058	13,493	1,332	1,332
$0,45 \leq U \leq 0,55$	14,357	8,212	2,059	2,059
$0,70 \leq U \leq 0,80$	8,485	4,790	1,881	1,740
$0,90 \leq U \leq 0,95$	4,036	2,233	0,817	0,619

Die zur Berechnung des Kurzschlussstromes nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102) erforderlichen Daten sind in Tabelle 45 aufgeführt. Die Angaben sind auf die Generatortypenleistung bezogen.

Tabelle 45: Parameter zur Kurzschlussstromberechnung /U24/

Generator		U_{rG} [V]	S_{rG} [MVA]	R_G [p.u.]	x_d'' [p.u.]	x_q'' [p.u.]	$\cos \varphi_{rG}$
Bezeichnung	Klasse						
LSA 44.3 S4	F	400	82	0,028	0,141	0,375	0,8
LSA 44.3 L10	F	400	137	0,028	0,149	0,438	0,8
LSA 44.3 VL14	F	400	182	0,028	0,149	0,438	0,8
LSA 46.3 S5	F	400	228	0,032	0,165	0,353	0,8
LSA 46.3 M8	F	400	273	0,028	0,152	0,338	0,8
LSA 47.2 L9	F	400	535	0,019	0,149	0,310	0,8
LSA 49.3 S4	F	400	595	0,019	0,169	0,283	0,8
LSA 49.3 M6	F	400	660	0,017	0,103	0,116	0,8

Alle Zeitverläufe der Ströme bei dreipoligen Fehlern sind im Messberichten /U2/ und /U4/ dargestellt.

4.7 Schutz

4.7.1 Allgemeine Anforderungen an den Schutz

Tabelle 46: Bewertung allgemeiner Anforderungen an den Schutz

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Die Schutzeinrichtungen an den EZE wurden so ausgeführt, dass die eingestellten Werte einfach und ohne zusätzliche Hilfsmittel ablesbar sind oder falls zusätzliche Hilfsmitteln notwendig sind, ist die Authentizität und Identifikation der ausgelesenen Daten eindeutig sichergestellt.	Erfüllt, Display	/U21/
Schutzprüfung ist ohne Ausklemmen von Drähten möglich.	Erfüllt	/U15/
Es ist in der Herstellererklärung eine technische Beschreibung der geforderten Prüfklemmleiste in Anlehnung an Kapitel 6.3.4.5 der VDE4110 enthalten.	Erfüllt	/U15/
Die Schutzfunktionen arbeiten autark von den Steuerungsfunktionen.	Erfüllt, Gemäß der Herstellererklärung arbeiten die Schutz- und Steuerungsfunktionen autark voneinander.	/U15/
Eine netzunabhängige Hilfsenergieversorgung ist vorhanden und hält die Schutzfunktionen für min. 5 s aufrecht.	Erfüllt, durch DC-Speisung der EZE-Steuerung	/U15/
Die Funktionsfähigkeit der Schutzfunktionen innerhalb der in VDE4110, Bild 4 aufgeführten Betriebsbereiche ist gegeben.	Erfüllt	/U15/

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Ein Ausfall der Hilfsenergie der Schutzeinrichtungen bzw. der Anlagensteuerung führt zum schnellstmöglichen (im Sinne von unverzögerten) Auslösen des Hauptschalters der EZE.	Erfüllt	/U15/
Die Funktionsfähigkeit der Schutzfunktionen ist vor Aufnahme der Leistungseinspeisung durch die EZE gegeben.	Erfüllt	/U15/
Die Spannungswandler an der EZE sind netzseitig vor dem Leistungsschalter der EZE installiert.	Erfüllt Keine Spannungswandler eingesetzt, Spannungsmessung erfolgt netzseitig vor dem Leistungsschalter der EZE	/U15/

4.7.2 Einstellbereiche

Mögliche Einstellbereiche sind mit Parametername, Pfad, Standardeinstellungen und Schrittweiten in der Herstellererklärung /U18/ als Anhang zum Zertifikat ausgewiesen.

Tabelle 47: Bewertung der Einstellbereiche

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Es liegt eine Typprüfung der in der EZE integrierten Schutzeinrichtungen der in VDE4110, Tabelle 11 bzw. 13 geforderten Einstellbereiche gemäß TR3 Rev. 25 oder neuer vor.	Erfüllt	/U1/ /U3/ /U21/ /U22/
Zusätzlich vorhandene Schutzeinrichtungen der EZE sind mit Einstellbereich angegeben.	Erfüllt	/U15/ /U18/

4.7.3 Genauigkeit

Tabelle 48: Bewertung der Genauigkeiten

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Für die Schutzeinrichtungen der EZE werden die geforderten Messgenauigkeiten für die Spannung von $\pm 1 \% U_r$ eingehalten.	Erfüllt	/U21/ /U22/
Für die Schutzeinrichtungen der EZE werden die geforderten Messgenauigkeiten für die Frequenz von 0,1 Hz eingehalten.	Erfüllt	/U21/ /U22/
Das Rückfallverhältnis der Spannungsschutzeinrichtungen wird eingehalten. Spannungssteigerungsschutz $\geq 0,98$ Spannungsrückgangsschutz $\leq 1,02$	Erfüllt	/U21/ /U22/

4.7.4 Kuppelschalter

Tabelle 49: Bewertung des Kuppelschalters

Bewertungskriterium	Bewertung	Quelle
Der Kuppelschalter stellt eine dreipolige galvanische Trennung sicher und ist gemäß der Herstellerangabe ausgelegt.	Erfüllt	/U15/
Der Kuppelschalter ist unter Berücksichtigung von eventuell erforderlichen Schutzeinrichtungen unverzüglich auslösbar.	Erfüllt	/U15/
Der messtechnische Nachweis der Gesamtausschaltzeit von Schutz und Schaltgerät (Gesamtwirkungskette) sollte im Rahmen der Vermessung der Erzeugungseinheit nach FGW TR3 erfolgen.	Erfüllt	/U1/ /U3/

4.8 Simulationsmodell

Tabelle 50: Daten des Simulationsmodells und der Modelldokumentation

Simulationsmodell		
Dateiname	Größe	Checksumme (MD5)
P1968_69_70_HBG430_PFD1_V08_R08_encrypt.pfd	173 KB	858369fb6a4bfee53855b84f2be4e457
HBG430_32bit_R05.zip	59 KB	4c6a58a94976f035ca7dbd349ab64657
HBG430_64bit_R05.zip	59 KB	ddc9514ceeacd895dea6490883096974
P1968_69_70_HBG70_PFD2_V07_R07_encrypt.pfd	176 KB	ef57118530e25b4bd64a39554127e7e4
HBG70_32bit_R05.zip	59 KB	6cde1338dfec71fea78d59f098fe594a
HBG70_64bit_R05.zip	59 KB	ca5a59687e951fc9aec2c4d933c20376
SH 30.pfd	143 KB	018de0c2497b3028b302917ca4219156
SH 50-1.pfd	143 KB	bcaa77c00f3c741427c7daa7ac658d6b
SH 65.pfd	143 KB	c82b868283894663e6487ed780b19e28
SH 70.pfd	143 KB	8f44574dbef1a8b4400d5a1685cd1052
SH 100.pfd	143 KB	8ec7a4046a6ebf0c8d22d84578b984f0
SH 125.pfd	143 KB	bb6074b0de044cab8995a432f46e43df
SH 140.pfd	143 KB	980a64f84db41e76d28e19a1b5e3b756
SH 160.pfd	143 KB	51c10abeacce7d17e5078bff62ed7ddd
SH 170.pfd	143 KB	8158c42e5176afa990efb43925dfaeaf
SH 190.pfd	143 KB	a3e3d28fe6b592b8e510afbd8fb163cb
SH 190-1.pfd	143 KB	040b44ebf9efa3aa5a01d85e594e27c9
SH 210.pfd	143 KB	03169a386600f27c9ee1b6cf25025bae
SH 210-1.pfd	143 KB	1677fe627b665c6a8ff9846a43d81599
SH 280.pfd	143 KB	b8dccf04e9c11e61c2053a77829c9bac
SH 350.pfd	143 KB	e4f31b1bfaa76f11bd41bd231ef83f37
SH 400.pfd	143 KB	ab2a38b4ddc79d64b372ed73e1a069b7
SH 430.pfd	143 KB	7663843e5564c3242089ee5ed4184474
SH 530-1.pfd	143 KB	465a5295aa88544a6b8436d3a85be564

Modelldokumentation	
Dateiname	Checksumme (MD5)
P2067_Sommer_Modellbeschreibung_V01_R01	30fc86ca43bf1b42eea7fb192bb0f904

Modellbeschreibung	
Simulationsumgebung	DlgSILENT PowerFactory
Version der Software	2019
Schrittweite	Dynamische Netzfehlerfälle 0,1 ms Quasistationär (Kraftwerkseigenschaften) 0,1 ms mit einer automatischen Schrittweitenanpassung von 2,5 ms
Simulationsmethode	EMT
Solver	Siehe Modelldokumentation
Netzfehlerfälle	Symmetrische / unsymmetrische Fehler
Kraftwerkseigenschaften	Validierte Funktionen: $P_{set}, P(f), Q_{set}, Q(P), Q(U), Q_{set}$, mit U-Begrenzungsfunktion
Schutzfunktion	Entkuppelungsschutz: $U_{<<}, U_{<}, U_{>>}, U_{>}, f_{<<}, f_{<}, f_{>>}, f_{>}$ Eigenschutz: $U_{<<}, U_{<}, U_{>>}, U_{>}, f_{<<}, f_{<}, f_{>>}, f_{>}, I_{>}, \cos \varphi$
Schnittstellen	Siehe Modelldokumentation

4.8.1 Anforderungen an Simulationsmodelle

Die Prüfpunkte der TR8 zum Simulationsmodell sind im Validierungsbericht 35294763-001 /U13/ als Anhang zum Zertifikat berücksichtigt. Nachfolgend sind die Ergebnisse der Nachweisführung, bestehend aus Validierung und Plausibilität, zusammengefasst:

Anforderung	Bewertung
Nachbildung des Teststands	Erfüllt
Allgemeine Anforderungen an Modell und Modellbeschreibung	Erfüllt
Validierung der dynamischen Netzstützung	Erfüllt
Validierung des quasistationären Betriebs	Erfüllt
Validierung der Schutzeinrichtungen	Erfüllt
Plausibilitätsprüfung des Simulationsmodells	Erfüllt

Dabei sind die folgenden Hinweise, Auflagen und Einschränkungen zu beachten:

Hinweise für die Anwendung des Validierungsberichtes	Das Modell wurde mit PowerFactory Version 2019 validiert. Die Plausibilitätsprüfung des Simulationsmodells erfolgte mit einer Netzkurzschlussleistung von 230 MVA. Der Überstromschutz und der $\cos \varphi$ -Schutz (Eigenschutz) wurden nicht plausibilisiert. Im Modell des HBG 70 entspricht der Block „Protection“ dem Block „Grid Protection“ aus der Modelldokumentation.
Einschränkungen des Validierungsberichts	Die Simulationsmodelle sind mit den Vermessungen der BHKW HBG 70 und HBG 430 validiert. Eine Übertragung der Ergebnisse auf weitere BHKW der HBG-Produktfamilie erfolgt in Abschnitt 4.1 diese Berichtes.

5 Zusammenfassung

Die in Tabelle 7 genannten EZE der Baureihe SH von Sommer energy GmbH erfüllen die Anforderungen an EZE aus der VDE4110 und der FGW TR8 mit den unten aufgeführten Bemerkungen und Einschränkungen.

Es wird die Ausstellung eines Einheitenzertifikats mit folgenden Ergänzungen empfohlen:

Bemerkung	Bei der Blindleistungsregelung sind die nach folgenden Punkte zu beachten: Sofern eine Wirkleistungsreduzierung zu Gunsten der Blindleistungseinspeisung in einer EZA erforderlich ist, muss diese laut Herstellerangabe über einen übergeordneten EZA-Regler erfolgen. Eine fernwirktechnische Umschaltung zwischen den Blindleistungsregelverfahren ist nicht möglich. Eine manuelle Umschaltung der Regelverfahren ist jedoch gegeben. Im Falle einer Kommunikationsstörung der externen Sollwertvorgabe an die EZE ist der Weiterbetrieb mit dem letzten gültigen Sollwert nur bei Verwendung einer Bus-Anbindung möglich. In diesem Fall würde sich die EZE aber bei einer Kommunikationsstörung vom Netz trennen, da unter anderem diverse Sensoren über den Bus an die EZE angebunden sind, die für den Betrieb benötigt werden. Der Wirkleistungsgradient darf abweichend zur Vermessung nur zwischen $0,4 P_{TE}/s$ und $0,6 P_{TE}/s$ eingestellt werden. In der Bewertung wurden die Standardeinstellungen des Eigenschutzwerte gemäß der Parameterliste /U18/ berücksichtigt. Abweichende Einstellungen müssen im Rahmen der Anlagenzertifizierung bewertet werden.
Einschränkungen	Die anfängliche Zeitverzögerung T_v bei der Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz ($P(f)$ -Funktion) ist größer als 2 Sekunden. Eine Begründung kann der Herstellererklärung /U17/ entnommen werden.

Dipl.-Ing. Malte Berghaus

Bewerter

Dipl.-Ing. Christian Unterschemmann

Evaluierer