

Einheitszertifikat für VKM



| | |
|-------------------------------|---|
| Zertifikats-Nr.: | MOE 15-0135-26 |
| Unterzeichnete Kopie 1 | |
| Hersteller: | SOMMER energy GmbH Hauptstr. 52 37355 Deuna |
| Geltungsbereich | |
| Produkt: | Blockheizkraftwerke |
| Typ: | siehe Tabelle 1 |
| Software Version: | siehe Tabelle 2 |
| Hilfsaggregate der VKM: | siehe Tabelle 4 und Tabelle 5 |
| Auflagen: | - Blindleistungsgenauigkeit (SH 265 - Familie) - Schutzeinrichtung, Wiederzuschaltungsbedingungen und Spannungsüberwachung - Auslegung Schütze - Überspannungen bei LVRT Details, siehe Tabelle 7 |
| Validierte Modelle | Sommer_FRT_SH-65_20151103_rel3_enc.pfd, MD5: 22fed74d60ce883cf469433115691612; Sommer_Familie_SH-265_20160708_rel4enc.pfd, MD5: e697e1c302033ae45afa7d4f39149020 |
| Richtlinien und Verordnungen: | BDEW Technische Richtlinie Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, 2008 inkl. 4. Ergänzung FGW TR3 Rev. 23, FGW TR 4 Rev. 07 |
| Zertifizierungssystem: | FGW TR8 Rev. 06 inkl. der Ergänzung „Anhang H“ vom 22.09.2014 |
| Gültig ab: | 01.02.2016 |
| Gültig bis: | 31.01.2021 |

| | |
|-------------------------|--|
| Mitgeltende Unterlagen: | Anhang A bis Anhang E Bewertungsbericht MOE 15-0135-09 Validierungsbericht MOE 15-0135-07 & MOE 15-0135-08 LVRT-Übertragungsberichte MOE 15-0135-13, MOE 15-0135-14, MOE 15-0135-15, MOE 15-0135-16 und MOE 15-0135-23 Bewertungsbericht Übertragung MOE 15-0135-17 und MOE 15-0135-24 |
|-------------------------|--|



Itzehoe – Germany 10.10.2016

Geprüft:



Erstellt:

Tobias Busboom, M.Eng.

Samuel Voß, M.Eng.

Stellv. Leiter der Zertifizierungsstelle

Experte der Zertifizierungsstelle



0 Vorwort

Dieses Zertifikat ist für die in Tabelle 1 aufgelisteten Verbrennungskraftmaschinen der SOMMER energy GmbH gültig. Das bestehende Zertifikat MOE 15-0135-19 sowie die Gültigkeitserklärung MOE 15-0135-21 wird durch dieses Zertifikat ersetzt und es wird ein weiteres Familienmitglied ergänzt.

Die gültigen Softwareversionen sind in der Tabelle 2 angegeben. Die in diesem Zertifikat genannten elektrischen Charakteristika können nur für die genannten Softwareversionen sicher reproduziert werden. Alle zu einem späteren Zeitpunkt gültigen Versionen werden in einer Liste veröffentlicht, die unter „<http://moe-service.net/de/downloads/erstelte-zertifikate>“ -> “Liste der erstellen EZE-Zertifikate” zum Download bereit steht.

In diesem Einheitszertifikat sind ausschließlich die Ergebnisse dargestellt. Für die jeweiligen Nachweise wird auf die entsprechenden Berichte verwiesen (siehe Deckblatt des Zertifikats „Mitgeltende Unterlagen“).



1 Beschreibung der VKM

Der prinzipielle Aufbau der Erzeugungseinheit ist Abbildung 1 dargestellt. Die VKM besteht aus einer Antriebsmaschine der Firma MAN, einem Generator der Firma Leroy Somer, den Hilfsaggregaten sowie den Regelungs- / Steuerungssystemen. Eine Auflistung der Varianten sowie der getesteten Komponenten ist Tabelle 1 bis Tabelle 6 zu entnehmen.

Der Betrieb der VKM erfolgt über einen AVR der Firma Leroy Somer der die $\cos \varphi$ / Blindleistungsregelung übernimmt. Die Synchronisierungseinheit stimmt Generator- und Netzspannung für das Zuschalten der Einheit aufeinander ab, daraufhin schaltet der Kuppelschalter den Generator an das Netz.

Mit Hilfe des AVR kann die Blindleistung geregelt werden und anhand der Motorsteuerung bzw. der Primärenergiezufuhr die Wirkleistung. Die Steuerungseinheit stellt dabei die übergeordnete Regelungsstruktur dar. Über ein Interface sind die Parameter aller Komponenten einstellbar.

Die Einheit wird von der SOMMER energy GmbH gefertigt. Hierfür liegt eine gültige ISO 9001 Urkunde vor. Dieses Zertifikat ist nur gültig, solange für die SOMMER energy GmbH eine gültige ISO 9001 Urkunde vorliegt.

Tabelle 1: Relevante Erzeugungseinheiten

| Nr. | Typ ¹⁾ | Elektrische Nennleistung (kW) | Spannung (V) | Generator Typbezeichnung | Antriebsmaschine Typbezeichnung |
|-----|-------------------|-------------------------------|--------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1 | SH 50 | 50 | 400 | Leroy Somer LSA 44.3 S4 | MAN E0836 |
| 2 | SH 50-2 | 50 | 400 | Leroy Somer LSA 44.3 S3 | MAN E0834 |
| 3 | SH 65 | 65 | 400 | Leroy Somer LSA 44.2 VS3 | MAN E0834 |
| 4 | SH 65-2 | 65 | 400 | Leroy Somer LSA 44.3 S4 | MAN E0834 |
| 5 | SH 70 | 70 | 400 | Leroy Somer LSA 44.3 S5 | MAN E0836 |
| 6 | SH 75 | 75 | 400 | Leroy Somer LSA 44.3 S5 | MAN E0836 |
| 7 | SH 75-1 | 75 | 400 | Leroy Somer LSA 44.2 VS45 | MAN E0836 |
| 8 | SH 100 | 100 | 400 | Leroy Somer LSA 44.3 L10 | MAN E0836 |



| Nr. | Typ ¹⁾ | Elektrische Nennleistung (kW) | Spannung (V) | Generator Typbezeichnung | Antriebsmaschine Typbezeichnung |
|-----|-------------------|-------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 9 | SH 100-2 | 100 | 400 | Leroy Somer LSA 44.2 M95 | MAN E0836 |
| 10 | SH 120 | 120 | 400 | Leroy Somer LSA 46.2 M5 | MAN E2876 |
| 11 | SH 125 | 125 | 400 | Leroy Somer LSA 46.2 M5 | MAN E2876 |
| 12 | SH 135 | 135 | 400 | Leroy Somer LSA 46.2 M5 | MAN E2876 |
| 13 | SH 140 | 140 | 400 | Leroy Somer LSA 46.2 M5 | MAN E2876 |
| 14 | SH 160 | 160 | 400 | Leroy Somer LSA 46.2 L9 | MAN E2876 |
| 15 | SH 170 | 170 | 400 | Leroy Somer LSA 46.2 L6 | MAN E2876 |
| 16 | SH 190 | 190 | 400 | Leroy Somer LSA 46.2 L9 | MAN E2876 |
| 17 | SH 210 | 210 | 400 | Leroy Somer LSA 46.2 VL12 | MAN E2676 |
| 18 | SH 210-1 | 210 | 400 | Leroy Somer LSA 46.2 VL12 | MAN E2876 |
| 19 | SH 240 | 240 | 400 | Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p | MAN E2842 |
| 20 | SH 250 | 250 | 400 | Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p | MAN E2848 |
| 21 | SH 265 | 265 | 400 | Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p | MAN E2848 |
| 22 | SH 350 | 350 | 400 | Leroy Somer LSA 47.2 L9 | MAN E2842 |



| Nr. | Typ ¹⁾ | Elektrische Nennleistung (kW) | Spannung (V) | Generator Typbezeichnung | Antriebsmaschine Typbezeichnung |
|-----|-------------------|-------------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------------|
| 23 | SH 350-2 | 350 | 400 | Leroy Somer LSA 47.2 M7 | MAN E3268 |
| 24 | SH 350-3 | 350 | 400 | Leroy Somer LSA 47.2 L9 | MAN E3268 |
| 25 | SH 380 | 380 | 400 | Leroy Somer LSA 47.2 L9 | MAN E2842 |
| 26 | SH 400 | 400 | 400 | Leroy Somer LSA 47.2 L9 | MAN E2842 |
| 27 | SH 400-2 | 400 | 400 | Leroy Somer LSA 47.2 M8 | MAN E2842 |
| 28 | SH 530 | 530 | 400 | Leroy Somer LSA 49.1 M6 | MAN E3262 |
| 29 | SH 530-2 | 530 | 400 | Leroy Somer LSA 49.1 S4 | MAN E3262 |
| 30 | SH 530-3 | 530 | 400 | Leroy Somer LSA 49.3 S4 | MAN E3262 |

Anmerkung: Die Antriebsmaschinen werden gemäß Herstellerangaben der MAN Truck & Bus AG mit Erdgas, Biogas und Deponiegas betrieben.



Tabelle 2: Softwarestände

| Softwarestände | |
|---|--|
| Softwaremodul | Version |
| BHKW-Steuerung auf Siemens Simatic S7 | SH 1.7 |
| AVR/ cos φ – Regler von Leroy Somer D510C | Firmware 2.20 |
| Ziehl UFR 1001E, Entkupplungsschutzeinrichtung | Geprüfte Version: 0-01 und 0-05 Zugelassene Version: 0-0x mit x = 1 und höher Quelle: Bureau Veritas; Konformitätsnachweis, Zertifikatsnummer: 12-095_1 |

Anmerkung: Alle zu einem späteren Zeitpunkt gültigen Softwareversionen werden in einer Liste veröffentlicht, die unter www.moe-service.com/de/downloads/erstelte-zertifikate/ zum Download bereit steht.

Tabelle 3: Weitere Komponenten der Familienmitglieder

| | |
|-------------------|---------------------------------------|
| | EZE 1 – EZE 30 |
| Spannungsregler | Leroy Somer D510C |
| Steuerungssystem | BHKW-Steuerung auf Siemens Simatic S7 |
| Energiemessmodul | In Steuerung integriert |
| Netzkopplung | AVR von Leroy Somer D510C |
| Leistungsschalter | projektspezifisch ¹⁾ |

Anmerkung: Die Leistungsschalter sind nicht Bestandteil der Zertifizierung. Die Dimensionierung muss gemäß den projektspezifischen Anforderungen (Kurzschlussfestigkeit, Abschaltvermögen, etc.) erfolgen. Das Schutzkonzept ist projektspezifisch zu prüfen.

Tabelle 4: Liste der FRT getesteten Hilfsaggregate mit Elektronik, siehe /17/

| Hilfsaggregat | Typ | Spannungsunterbrechung führte zu keiner Fehlfunktion der VKM? |
|---------------|-----|---|
| - | - | - |

Anmerkung: Eine Auflistung aller geprüften Hilfsaggregate (technisch relevante) ist unter www.moe-service.com/de/downloads/erstelte-zertifikate/ zu finden.



Tabelle 5: Liste der FRT getesteten Hilfsaggregate ohne Elektronik, siehe /17/

| Hilfsaggregat | Typ | Spannungsunterbrechung führte zu keiner Fehlfunktion der VKM? |
|---|-------------------|---|
| Interne-/ Externe Pumpe | Asynchronmaschine | Ja |
| Gem.- Kühlerpumpe | | Ja |
| Gemischk.- ventilator (nur beim Typ SH 250 bzw. SH 265) | | Ja |
| Ablüfter | | Ja |

Anmerkung: Eine Auflistung aller zusätzlich geprüften Hilfsaggregate (technisch relevante) ist unter www.moe-service.com/de/downloads/erstelte-zertifikate zu finden.

Tabelle 6: Liste der verbauten Wandler (gem. /17/)

| Generator | Spannung (kV) | Spannungswandler | Stromwandler |
|--|---------------|------------------|--------------|
| Keine Wandler verbaut. Die Spannung wird direkt von dem NA-Schutz gemessen. | | | |

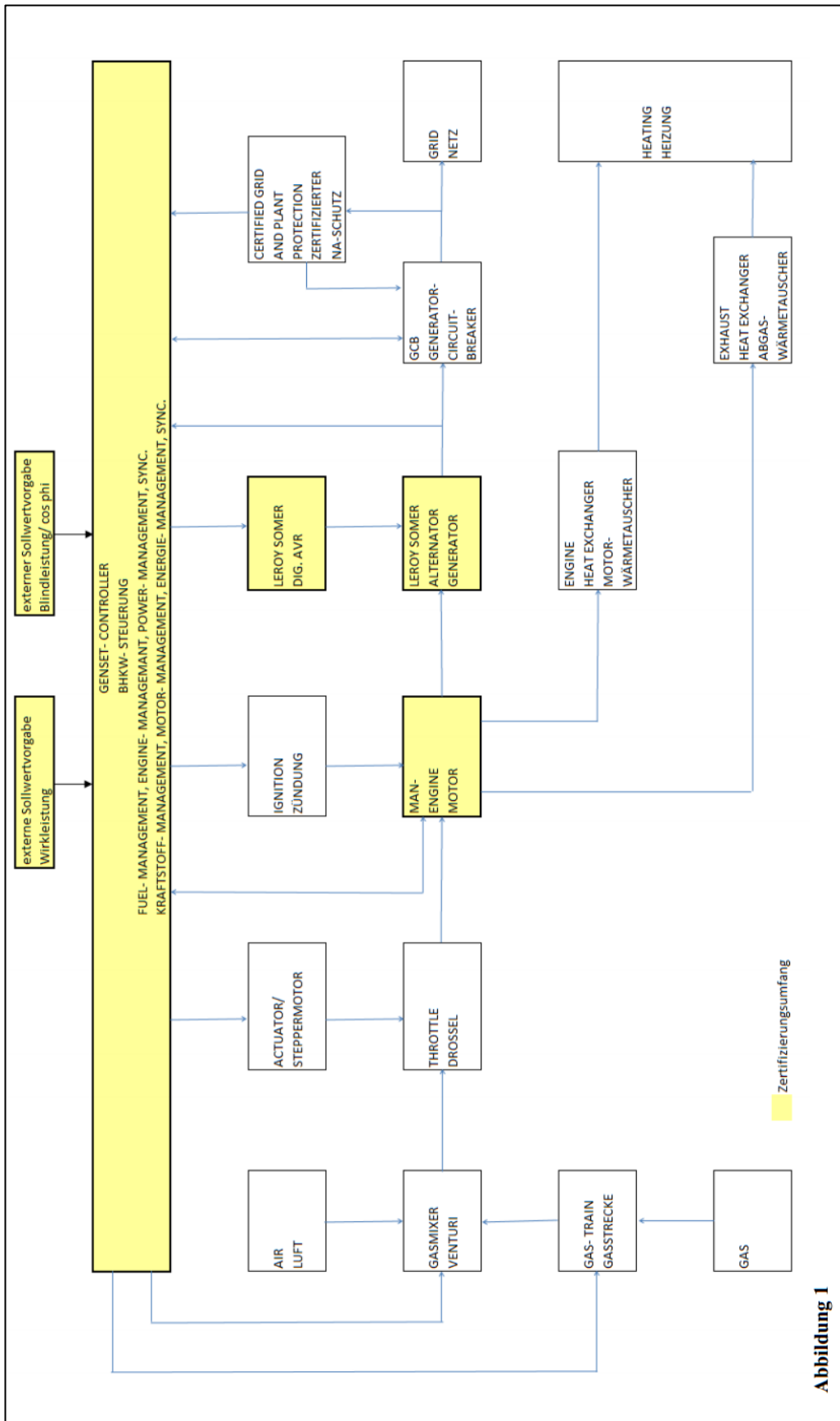


Abbildung 1

Abbildung 1: Blockdiagramm der Baureihe „SH“ (/17/)



2 Auflagen und Hinweise

Tabelle 7: Auflagen

| Abweichender Bewertungspunkt | Auflage |
|---|---|
| Blindleistungssollwertvorgabe: Toleranzüberschreitung (SH 265 - Familie) | Test und Abgleich der $\cos \varphi$ – Sollwertvorgabe bei der Inbetriebnahme der Familie des SH 265, EZE 12 – 30 gemäß Tabelle 1 (Die Anforderung an die $\cos \varphi$ Genauigkeit von $\pm 0,005$ ist messtechnisch nachzuweisen). |
| Schutzeinrichtung, Wiederzuschaltbedingungen und Spannungsüberwachung (LVRT- Spannungskurve): NA-Schutz nicht serienmäßig | Bei der Verwendung eines abweichenden NA-Schutzes muss eine Prüfung bei Inbetriebnahme erfolgen, welche sicherstellt, dass die Anforderungen an die Schutzeinrichtung und Wiederzuschaltgrenzwerte eingehalten werden. Zusätzlich muss die Spannungsüberwachung überprüft werden (LVRT-Spannungskurve). Die Anforderungen an die Schutzeinrichtung kann auch durch ein Komponentenzertifikat nachgewiesen werden. |
| Schütze | Die Dimensionierung der Leistungsschalter muss projektspezifisch vorgenommen und überprüft werden. |
| Hinweis bzgl. Überspannung | <p>Es kann bei der Simulation nach Fehlerklärung zu Spannungsüberhöhungen von bis zu 118,3 % kommen. Dieses entsprechend zu berücksichtigen ist. Diese Überschreitung der 1,15 U_n-Schwelle liegt bei dem SH-350-3 für 230 ms vor. Die längste Überschreitung tritt beim SH 530-3 mit 471 ms auf. Hierbei tritt ein Maximum von 116,5 % U_n auf.</p> <p>Die Schwelle von 1,15 U_n wird bei den EZE-Nr. 24, 27 und 30 überschritten.</p> <p>Die Überspannungen treten in der Familienbildung auf, bei der eine sehr geringe Netzkurzschlussleistung von 15 MVA angenommen wird. In realen Netzen werden mit höheren Netzkurzschlussleistungen diese Überschreitungen unter Umständen nicht vorkommen.</p> |

Anhang A zum Zertifikat

Anhang A zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-26

Darstellung der elektrischen
Eigenschaften

SOMMER energy GmbH
Baureihe „SH“



| | | |
|------|---|----|
| 1 | Allgemeines | 3 |
| 2 | Relevante Testberichte | 3 |
| 3 | Relevante Nenndaten der VKM | 4 |
| 4 | Darstellung der Ergebnisse..... | 7 |
| 5 | Übertragbarkeit..... | 7 |
| 6 | Wirkleistungsabgabe..... | 9 |
| 6.1 | Maximale Wirkleistung | 9 |
| 6.2 | Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe | 11 |
| 6.3 | Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz..... | 15 |
| 7 | Zuschaltbedingungen | 19 |
| 7.1 | Grenzwerte für Wiedereinschaltung..... | 19 |
| 7.2 | Verhalten bei Wiedereinschaltung / Wirkleistungsgradient..... | 20 |
| 8 | Blindleistungsbereitstellung..... | 23 |
| 8.1 | Maximaler Blindleistungsstellbereich (a)..... | 23 |
| 8.2 | Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe (b) | 31 |
| 8.3 | Q-Übergangsfunktion..... | 33 |
| 8.4 | Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung ($\cos \varphi_{(U)}$ -Kennlinie)..... | 37 |
| 8.5 | Verschiebungsfaktor in Abhängigkeit der Wirkleistung ($\cos \varphi_{(P)}$ -Kennlinie) | 42 |
| 9 | Netzurückwirkungen | 43 |
| 9.1 | Flicker im Dauerbetrieb..... | 44 |
| 9.2 | Schalthandlungen..... | 44 |
| 9.3 | Oberschwingungen, Zwischenharmonische und Hochfrequente..... | 46 |
| 10 | Verhalten bei Störungen im Netz..... | 57 |
| 10.1 | Low Voltage Ride Through (LVRT) Typ 1 | 57 |
| 10.2 | Ermittlung der Kurzschlussstrombeiträge (Typ 1)..... | 69 |
| 10.3 | Leistungssteigerung nach Fehlerklärung..... | 70 |
| 11 | Schutzeinrichtungen..... | 71 |
| 11.1 | Allgemeines | 71 |
| 11.2 | Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz..... | 73 |
| 11.3 | Frequenzsteigerungs- und Rückgangsschutz | 74 |
| 11.4 | Eigenschutz..... | 75 |
| 12 | Validiertes Modell der Einheit..... | 77 |
| 13 | Veröffentlichung | 84 |
| 14 | Referenzen | 85 |



1 Allgemeines

In diesem Anhang A zum Einheitszertifikat werden die Ergebnisse des Einheitszertifikats dargestellt. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte in einem separaten Bericht (siehe Einheitszertifikat, mitgeltende Unterlagen).

2 Relevante Testberichte

Der in Tabelle 8 aufgelistete Testbericht findet in dem Bewertungsbericht MOE 15-0135-09 bzw. diesem Einheitszertifikat Berücksichtigung.

Tabelle 8: Relevante Testberichte

| Testbericht | Richtlinie | Verweis | Bemerkung |
|--|----------------------|---------|---|
| NV14009B2 - Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 65 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland | FGW TR 3 Rev. 23 /1/ | /11/ | Elektrische Eigenschaften, Power Quality, Wirk- und Blindleistungsverhalten, Verhalten bei Störungen im Netz der SH 65 |
| NV13028B3 - Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 265 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland | FGW TR 3 Rev. 23 /1/ | /10/ | Elektrische Eigenschaften, Power Quality, Wirk- und Blindleistungsverhalten, Verhalten bei Störungen im Netz der SH 265 |

Hinweis:

Die Vermessungen der SH 65 und SH 265 wurden in Aachen/Deutschland auf einem Prüfstand des Instituts für Hochspannungstechnik der RWTH Aachen durchgeführt. Die Aggregate wurden jeweils an einen Transformator angeschlossen, der netzseitig verbunden ist. Es waren keine weiteren Anlagen an diesen Transformator angeschlossen.



3 Relevante Nenndaten der VKM

Im Zertifikat sind sowohl die Ergebnisse der vermessenen Variante, als auch die für die vollständige Baureihe anzugeben. Daher zeigt Tabelle 9 die Nenndaten der vermessenen EZE.

Tabelle 9: Nenndaten der vermessenen EZE

| Verbrennungskraftmaschine SH 65 | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------------------|----------------------------|
| Nennscheinleistung | 68,43 kVA | Nennstrom ¹⁾ | 93,8 A |
| Nennwirkleistung | 65 kW | | |
| Nennfrequenz | 50 Hz | Nennspannung | 400 V (Leiter-Leiter-Spg.) |
| Verbrennungskraftmaschinen SH 265 | | | |
| Nennscheinleistung | 278,95 kVA | Nennstrom ¹⁾ | 382,5 A |
| Nennwirkleistung | 265 kW | | |
| Nennfrequenz | 50 Hz | Nennspannung | 400 V (Leiter-Leiter-Spg.) |

Anmerkungen:

1) Nennstrom gemäß Messberichte /10/ und /11/. Dieser liegt jeweils bei $\cos \varphi = 1$ vor.

Nach Herstellerangaben (siehe auch Bewertungsbericht MOE 15-0135-09) besitzen die einzelnen Varianten der Baureihe „SH“ die Nennwerte gemäß Tabelle 10.

Tabelle 10: Nenndaten der einzelnen Varianten

| Nr. | Antriebsmaschine | Generator (Leroy Somer) | $U_{n \text{ VKM}}^{1)}$ in V | $P_{n \text{ max VKM}}^{2)}$ in kW | $S_{n \text{ max VKM}}^{3)}$ in kVA | $I_{n \text{ VKM}}^{4)}$ in A |
|-----|------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | MAN E0836 | Leroy Somer LSA 44.3 S4 | 400 | 50 | 52,64 | 76,28 |
| 2 | MAN E0834 | Leroy Somer LSA 44.3 S3 | 400 | 50 | 52,64 | 76,28 |
| 3 | MAN E0834 | Leroy Somer LSA 44.2 VS3 | 400 | 65 | 68,43 | 99,18 |
| 4 | MAN E0834 | Leroy Somer LSA 44.3 S4 | 400 | 65 | 68,43 | 99,18 |
| 5 | MAN E0836 | Leroy Somer LSA 44.3 S5 | 400 | 70 | 73,68 | 106,79 |
| 6 | MAN E0836 | Leroy Somer LSA 44.3 S5 | 400 | 75 | 78,95 | 114,42 |
| 7 | MAN E0836 | Leroy Somer LSA 44.2 VS45 | 400 | 75 | 78,95 | 114,42 |



| Nr. | Antriebsmaschine | Generator (Leroy Somer) | $U_{n \text{ VKM}}^{1)}$ in V | $P_{n \text{ max VKM}}^{2)}$ in kW | $S_{n \text{ max VKM}}^{3)}$ in kVA | $I_{n \text{ VKM}}^{4)}$ in A |
|-----|------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 8 | MAN E0836 | Leroy Somer LSA 44.3 L10 | 400 | 100 | 105,27 | 152,56 |
| 9 | MAN E0836 | Leroy Somer LSA 44.2 M95 | 400 | 100 | 105,27 | 152,56 |
| 10 | MAN E2876 | Leroy Somer LSA 46.2 M5 | 400 | 120 | 126,32 | 183,07 |
| 11 | MAN E2876 | Leroy Somer LSA 46.2 M5 | 400 | 125 | 131,58 | 190,70 |
| 12 | MAN E2876 | Leroy Somer LSA 46.2 M5 | 400 | 135 | 142,11 | 205,95 |
| 13 | MAN E2876 | Leroy Somer LSA 46.2 M5 | 400 | 140 | 147,37 | 223,58 |
| 14 | MAN E2876 | Leroy Somer LSA 46.2 L9 | 400 | 160 | 168,42 | 244,09 |
| 15 | MAN E2876 | Leroy Somer LSA 46.2 L6 | 400 | 170 | 178,95 | 259,35 |
| 16 | MAN E2876 | Leroy Somer LSA 46.2 L9 | 400 | 190 | 200,00 | 289,86 |
| 17 | MAN E2676 | Leroy Somer LSA 46.2 VL12 | 400 | 210 | 221,05 | 320,37 |
| 18 | MAN E2876 | Leroy Somer LSA 46.2 VL12 | 400 | 210 | 221,06 | 320,37 |
| 19 | MAN E2842 | Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p | 400 | 240 | 252,64 | 366,15 |
| 20 | MAN E2848 | Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p | 400 | 250 | 263,16 | 381,39 |
| 21 | MAN E2848 | Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p | 400 | 265 | 278,95 | 404,28 |
| 22 | MAN E2842 | Leroy Somer LSA 47.2 L9 | 400 | 350 | 368,42 | 533,95 |
| 23 | MAN E3268 | Leroy Somer LSA 47.2 M7 | 400 | 350 | 368,43 | 533,95 |
| 24 | MAN E3268 | Leroy Somer LSA 47.2 L9 | 400 | 350 | 368,43 | 533,95 |



| Nr. | Antriebsmaschine | Generator (Leroy Somer) | $U_{n \text{ VKM}}^{1)}$ in V | $P_{n \text{ max VKM}}^{2)}$ in kW | $S_{n \text{ max VKM}}^{3)}$ in kVA | $I_{n \text{ VKM}}^{4)}$ in A |
|-----|------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 25 | MAN E2842 | Leroy Somer LSA 47.2 L9 | 400 | 380 | 400,00 | 579,71 |
| 26 | MAN E2842 | Leroy Somer LSA 47.2 L9 | 400 | 400 | 421,06 | 610,23 |
| 27 | MAN E2842 | Leroy Somer LSA 47.2 M8 | 400 | 400 | 421,06 | 610,23 |
| 28 | MAN E3262 | Leroy Somer LSA 49.1 M6 | 400 | 530 | 557,89 | 808,55 |
| 29 | MAN E3262 | Leroy Somer LSA 49.1 S4 | 400 | 530 | 557,89 | 808,55 |
| 30 | MAN E3262 | Leroy Somer LSA 49.3 S4 | 400 | 530 | 557,89 | 808,55 |

Anmerkungen:

- 1) Hier wird die Nennspannung der VKM gem. Herstellerangaben im Zertifizierungsantrag dargestellt (SOMMER energy GmbH). Die Nennspannung des Generators kann hiervon abweichen, und ist in den entsprechenden Kapiteln tabellarisch angegeben.
- 2) Angegeben ist die maximale Wirkleistung gem. Zertifizierungsantrag.
- 3) Bei maximaler Wirkleistung und maximaler Blindleistung ($\cos \varphi = 0,95$ übererregt) (dieser Wert reduziert sich entsprechend, wenn projektspezifisch die Wirkleistung reduziert wird)
- 4) Nennstrom laut Herstellererklärung bei $\cos \varphi = 0,95$



4 Darstellung der Ergebnisse

In diesem Zertifikat sind – sofern dieses nach TR 8 /2/ gefordert ist – die Ergebnisse der Typvermessung mit aufgeführt.

5 Übertragbarkeit

Die detaillierte Beschreibung der Übertragbarkeit der Messergebnisse findet unter jedem folgendem Kapitel statt.

Elektrisches Verhalten und Verhalten im Fehlerfall

Die vermessenen Varianten haben eine Nennleistung von 65 und 265 kW. Die Testergebnisse können gem. FGW TR 8 /2/ Anhang H unter bestimmten Voraussetzungen in einem Bereich von $0,5 \cdot P_{n,vermessen}$ bis $2 \cdot P_{n,vermessen}$ übertragen werden. In dem vorliegenden Bericht wäre dies eine Leistungsspanne von 32,5 kW bis 530 kW. Die folgenden Anforderungen müssen für eine Übertragung gegeben sein FGW TR 8, neuer Anhang H /9/.

Die Anforderungen gemäß FGW TR 8, neuer Anhang H /3/ wurden im Bewertungsbericht MOE 15-0135-09 überprüft und positiv bewertet.

Im Normalfall sind für nicht-LVRT-Tests alle Testergebnisse, die auf die Nennleistung (P_n) oder den Nennstrom (I_N) bezogen sind, unverändert zu übertragen, sofern keine Gründe vorliegen hiervon abzuweichen.

Die Verbrennungskraftmaschinen mit der Bezeichnung SH 65 und SH 265 (Nr. 3 + 21 gemäß Tabelle 10) wurden vollständig vermessen. Die Varianten der beiden Familien sind baugleich. Der Spannungsregler ist gemäß Herstellererklärung /17/ identisch.

Tabelle 11: Zuordnung für die Übertragung

| BHKW - Typ | Nennleistung P_n | vermessenes BHKW Ergebnisse für die Übertragung | Nennleistung P_n |
|------------|--------------------|---|--------------------|
| SH 50 | 50 kW | SH 65 | 65 kW |
| SH 50-2 | | | |
| SH 65 | | | |
| SH 65-2 | | | |
| SH 70 | 70 kW | | |
| SH 75 | 75 kW | | |
| SH 75-1 | | | |
| SH 100 | 100 kW | | |
| SH 100-2 | | | |



| BHKW - Typ | Nennleistung P _n | vermessenes BHKW Ergebnisse für die Übertragung | Nennleistung P _n |
|------------|-----------------------------|---|-----------------------------|
| SH 120 | 120 kW | SH 265 | 265 kW |
| SH 125 | 125 kW | | |
| SH 135 | 135 kW | | |
| SH 140 | 140 kW | | |
| SH 160 | 160 kW | | |
| SH 170 | 170 kW | | |
| SH 190 | 190 kW | | |
| SH 210 | 210 kW | | |
| SH 210-1 | | | |
| SH 240 | 240 kW | | |
| SH 250 | 250 kW | | |
| SH 265 | 265 kW | | |
| SH 350 | 350 kW | | |
| SH 350-2 | | | |
| SH 350-3 | | | |
| SH 380 | 380 kW | | |
| SH 400 | 400 kW | | |
| SH 400-2 | | | |
| SH 530 | 530 kW | | |
| SH 530-2 | | | |
| SH 530-3 | | | |

Allgemeine technische Informationen zur Übertragbarkeit

Nachfolgend werden die wesentlichen Baugruppen der VKM für die Übertragung aufgeführt und bzgl. der Übertragbarkeit beschrieben.

Tabelle 12: Allgemeine Informationen zur Übertragbarkeit

| Übertragbarkeit | | |
|-----------------|--------------|--------|
| | Beschreibung | Quelle |
| | | |



| | | |
|--|---|--------------|
| Verbrennungskraftmaschinentyp | Gem. der Herstellererklärung sind keine unterschiedlichen Verbrennungstechnologien vorgesehen. | /17/ |
| Spannungsregler | Die Spannungsregler in den EZEn unterscheiden sich nicht voneinander. | /17/ |
| Leistungs-/Drehzahlregler | Gem. der Herstellerangabe reagiert der Leistungs-/Drehzahlregler nicht innerhalb der BDEW-Grenzlinie 1. Aus diesem Grund muss der Drehzahlregler nicht im Modell berücksichtigt werden muss. Durch die Modellvalidierung wird bestätigt, dass der Leistungsregler innerhalb der Grenzlinie 1 nicht reagiert, da das Modell ohne Drehzahlregler die EZE mit konstanter Antriebsleistung abbildet und hiermit eine gute Übereinstimmung der Wirkleistungsverläufe erreicht. | /43/ |
| Synchrongenerator | Es werden nur Synchrongeneratoren von einem Hersteller verwendet. | /17/ |
| EZE mit gleicher Nennleistung (unterschiedlichen Ausführungsvarianten) | Die EZE mit einer Nennleistung von 50, 65, 75, 100, 210, 350, 400 sowie 530 kW liegen in zwei und die EZE mit einer Nennleistung von 530 kW liegt in drei unterschiedlichen Ausführungsvarianten vor. Hierbei variiert der Generator bzw. die Antriebsmaschine der EZE (Vgl. Tabelle 10). Alle weiteren Ausführungen sind baugleich. Ansonsten sind gemäß Zertifizierungsantrag keine Varianten mit gleicher Nennleistung (unterschiedliche Ausführungsvarianten) geplant. Es wurde die EZE des ungünstigen Falles (in Bezug auf den Generator) vermessen. | /18/ /44/ |

6 Wirkleistungsabgabe

6.1 Maximale Wirkleistung

In Tabelle 13 ist die maximale elektrische Leistung der EZE bei verschiedenen Mittelungszeiten aufgelistet. Die Angabe bezieht sich auf die projektspezifische Nennwirkleistung der VKM (P_n). Es sind die Ergebnisse der Vermessung angegeben.

Die Ergebnisse können in Bezug auf die (projektspezifische) Nennwirkleistung auf die anderen Varianten übertragen werden (siehe auch Tabelle 11).

Tabelle 13: Maximale Ausgangsleistung des SH 65 65kW

| | 600 s Mittelwert | 60 s Mittelwert | 0,2s Mittelwert |
|--|------------------|-----------------|-----------------|
| | | | |



| | | | |
|--|-------------------|------------------|-------------------|
| Maximale Ausgangsleistung in kW | $P_{600} = 64,29$ | $P_{60} = 64,37$ | $P_{0,2} = 65,03$ |
| Maximale Ausgangsleistung in P/P _n | $p_{600} = 0,99$ | $p_{60} = 0,99$ | $p_{0,2} = 1,00$ |

Tabelle 14: Maximale Ausgangsleistung des SH 265 265kW

| | 600 s Mittelwert | 60 s Mittelwert | 0,2s Mittelwert |
|--|-------------------------|------------------------|------------------------|
| Maximale Ausgangsleistung in kW | $P_{600} = 264,84$ | $P_{60} = 265,68$ | $P_{0,2} = 270,85$ |
| Maximale Ausgangsleistung in P/P _n | $p_{600} = 1,00$ | $p_{60} = 1,00$ | $p_{0,2} = 1,02$ |

6.2 Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

Tabelle 15: Relevante Schnittstelle für die Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

| Relevante Schnittstelle für die Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe | |
|--|---|
| Analoge Schnittstelle zur Wirkleistungsvorgabe | 4 – 20 mA (= stufenlos 0 – 100 %), die Auflösung beträgt 12bit Wirkleistungssollwertvorgabe über das Display Einstellbar in 1 kW Schritten von 0 – 100 % P _n |
| Digitale Schnittstellen zur Wirkleistungsvorgabe | Fünf digitale Eingänge (Kontakteingänge): EISMAN Sollwertvorgabe in 0 %, 30 %, 60 % und 100 % P _n ¹⁾ , sowie Schnellstop (verzögerungslos) |
| Vermessene Schnittstelle | Analoge Schnittstelle, siehe oben ²⁾ |

Hinweis:

- 1) Bei einer Sollwertvorgabe von unter 50 % P_n schaltet sich die EZE ab. Eine projektspezifische Erweiterung des Leistungsbereiches beim SH 265 bzw. SH 250 ist nach Absprache mit dem Hersteller möglich.
- 2) Das Ausgangssignal der BHKW-Steuerung ist auf 0 – 10 V mit einer Auflösung von 12bit skaliert (vgl. /17/)

Vergleich zwischen Sollwert und Istwert der Wirkleistung

Die Tabelle 16 und Tabelle 17 zeigen die Messergebnisse.

Tabelle 16: SH 265 265kW: Vergleich zwischen Sollwert und Istwert der Wirkleistung /10/

| Wirkleistung in % von P _n | Wirkleistungs-sollwertvorgabe in kW | Gemessene Wirkleistung in kW | Abweichung in % bezogen auf P _n |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|
| 100 | 264,51 | 270,83 | 2,385 |
| 90 | 238,02 | 237,03 | -0,374 |
| 80 | 211,53 | 212,00 | 0,177 |
| 70 | 185,07 | 185,40 | 0,125 |
| 60 | 158,56 | 159,20 | 0,242 |
| 50 | 132,11 | 132,83 | 0,272 |
| 40 | 105,59 | 106,30 | 0,268 |
| 30 | 79,13 | 79,79 | 0,249 |
| 20...0 ¹⁾ | aus | aus | - |



Hinweis:

1) Für Blockheizkraftwerke nicht notwendig

Tabelle 17: SH 65 65kW: Vergleich zwischen Sollwert und Istwert der Wirkleistung /11/

| Wirkleistung in % von P _n | Wirkleistungs- sollwertvorgabe in kW | Gemessene Wirkleistung in kW | Abweichung in % bezogen auf P _n |
|---|---|---------------------------------|---|
| 100 | 64,87 | 64,19 | -1,046 |
| 90 | 58,39 | 57,96 | -0,662 |
| 80 | 51,91 | 51,64 | -0,415 |
| 70 | 45,43 | 45,11 | -0,492 |
| 60 | 38,91 | 38,67 | -0,369 |
| 50 | 32,44 | 32,29 | -0,231 |
| 40...0 ¹⁾ | aus | aus | - |

Hinweis:

1) Für Blockheizkraftwerke nicht notwendig

Tabelle 18: Maximale Abweichungen der Wirkleistung vom Sollwert

| Maximale Abweichung vom Sollwert | | |
|----------------------------------|----------------------------------|--|
| SH 65 65 kW | Maximale Abweichung (< Sollwert) | -1,05 % von P _n (beim 100 % Sollwert) |
| | Maximale Abweichung (> Sollwert) | - ¹⁾ |
| SH 265 265 kW | Maximale Abweichung (< Sollwert) | -0,37 % von P _n (beim 90 % Sollwert) |
| | Maximale Abweichung (> Sollwert) | 2,39 % von P _n (beim 100 % Sollwert) |

Hinweis:

1) Alle Abweichungen waren negativ d.h. die Wirkleistungsabgabe ist geringer als der Sollwert.

Darstellung der Sprungantwort von 100% P_N auf 50 % P_N

Die Sprungantwort ist in Abbildung 2 und Abbildung 3 für eine Wirkleistungsreduktion von 100 % P_N auf 50 % P_N dargestellt.

Der Test der Sprungantwort zeigt, dass sich die Einstellgenauigkeit des Wirkleistungswertes in dem erlaubten Toleranzbereich von ± 5 % P_N befindet. Die Einschwingzeiten (Tabelle 19) liegen unterhalb des Grenzwertes von 45 s. Die ermittelten Zeiten können absolut auf die anderen nicht vermessenen EZEn übertragen werden.

Tabelle 19: Sprungantwort bei Wirkleistungsvorgabe

| Wirkleistungssprungantwort | | geforderte Einschwingzeit | gemessene Einschwingzeit |
|--|----------------|------------------------------|-----------------------------|
| Sollwertsprung von 100 % P _n auf 50 % P _n | SH 65, 65 kW | 45 s | 34,3 s |
| | SH 265, 265 kW | 45 s | 38,2 s |

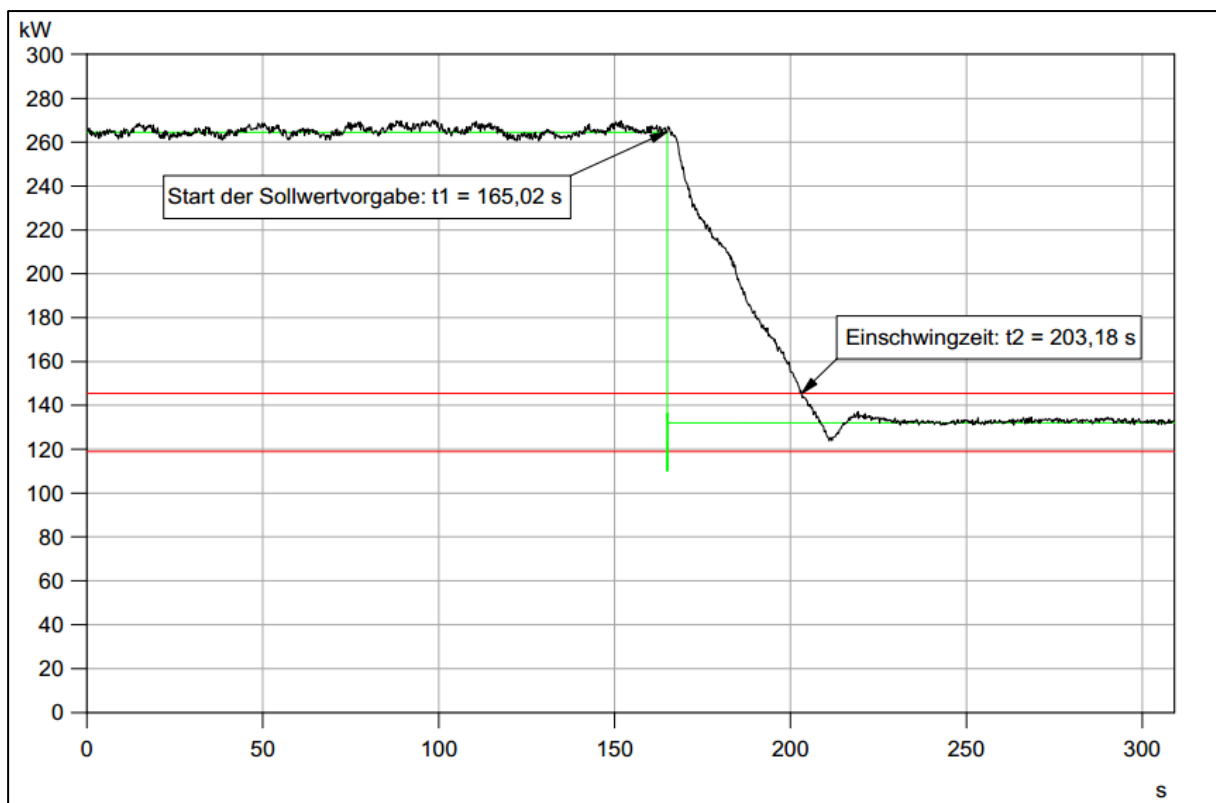


Abbildung 2: SH 265 265 kW: Sprungantwort von 100 % P_n auf 50 % P_n, entnommen aus /10/

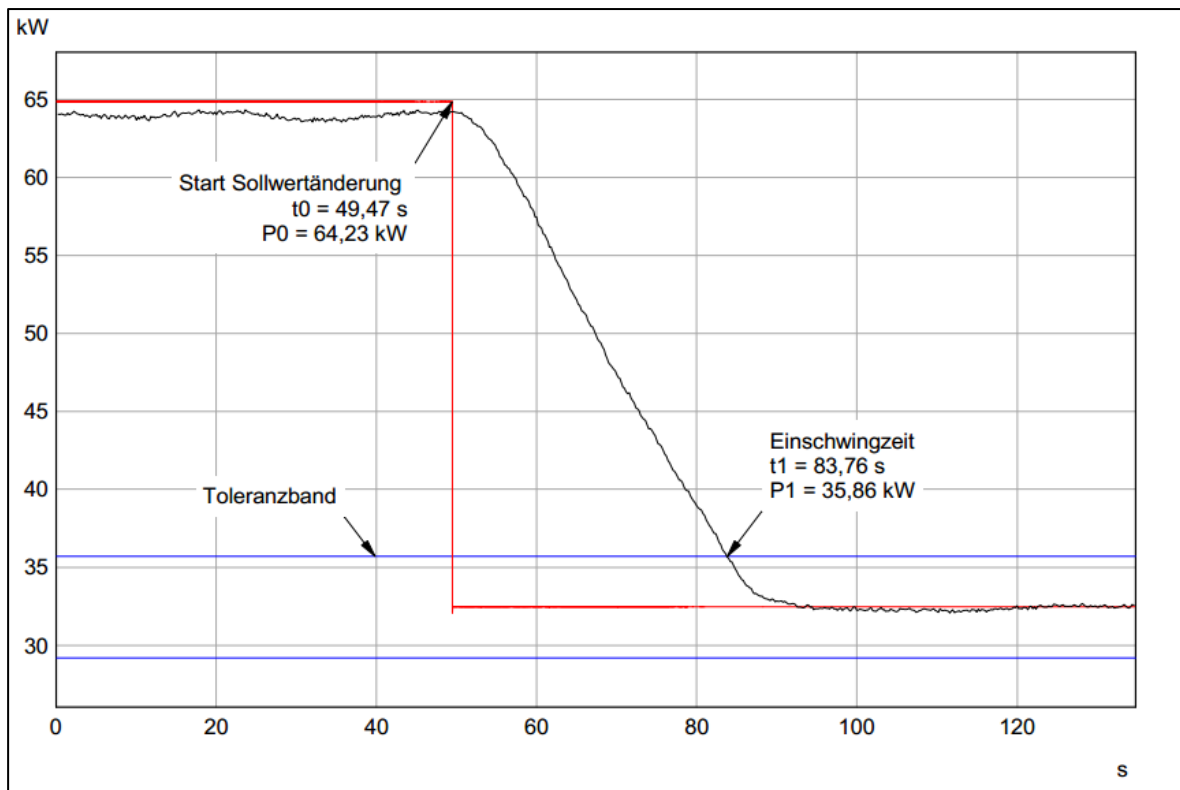


Abbildung 3: SH 65 65 kW: Sprungantwort von 100 % P_n auf 50 % P_n , entnommen aus /11/

Tabelle 20: Übersicht Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

| Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe | |
|--|--|
| Wirkleistungsreduzierung von 100 % P_n bis 50% P_n ohne Trennung vom Netz möglich? | Ja |
| Verhalten der Wirkleistung unterhalb von 50 % P_n | Trennung der EZE vom Netz. ¹⁾ |
| Kleinster möglicher Wirkleistungssollwert ohne Trennung vom Netz (Dauerhafter Betrieb möglich) | 50 % P_n ¹⁾ |
| Feinere Stufung als 10% P_n möglich? | Ja |
| Verhalten der EZE bei Sollwertvorgabe $P_n = 0$ % | Sofortige Trennung vom Netz. |

Übertragbarkeit

Gemäß Herstellerklärung /17/ wird für alle BHKW Varianten die gleiche Wirkleistungsregelung verwendet. Die Leistungsregelung wird durch eine im Controller implementierte Rampenfunktion begrenzt. Durch den identischen Aufbau mit gleichen Komponenten ist ein ähnliches Verhalten der Sollwertfolge und der Einstellgenauigkeit zu erwarten, sodass die angegebenen Genauigkeiten mit der jeweiligen Nennleistung übertragen werden können. Die Einstellzeiten können von den beiden vermessenen Typen absolut übertragen werden.

Eine Zuordnung für die Übertragung ist in Tabelle 11 zu finden.

6.3 Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz

In dem vorliegenden Fall wurde der Test der Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz gemäß /1/ bei Nennleistung durchgeführt.

Auf den folgenden Seiten werden die Ergebnisse dieser Tests dargestellt. In Abbildung 4 bis Abbildung 7 sind die Prüfungen bei Nennleistung dargestellt. Die Messung lässt sich, bezogen auf die (projektspezifische) Nennwirkleistung der VKM, auf andere Varianten übertragen.

Nennleistung

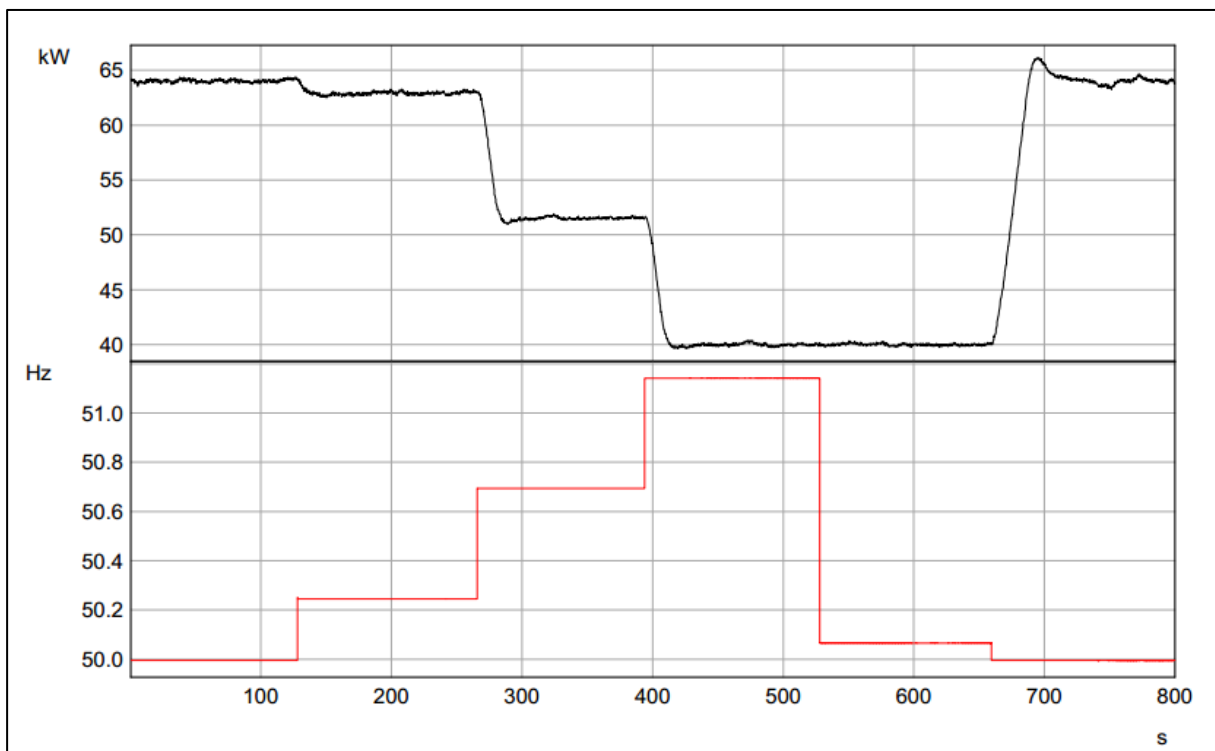


Abbildung 4: SH 65 65 kW: Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz: P über t (statische Darstellung), /11/

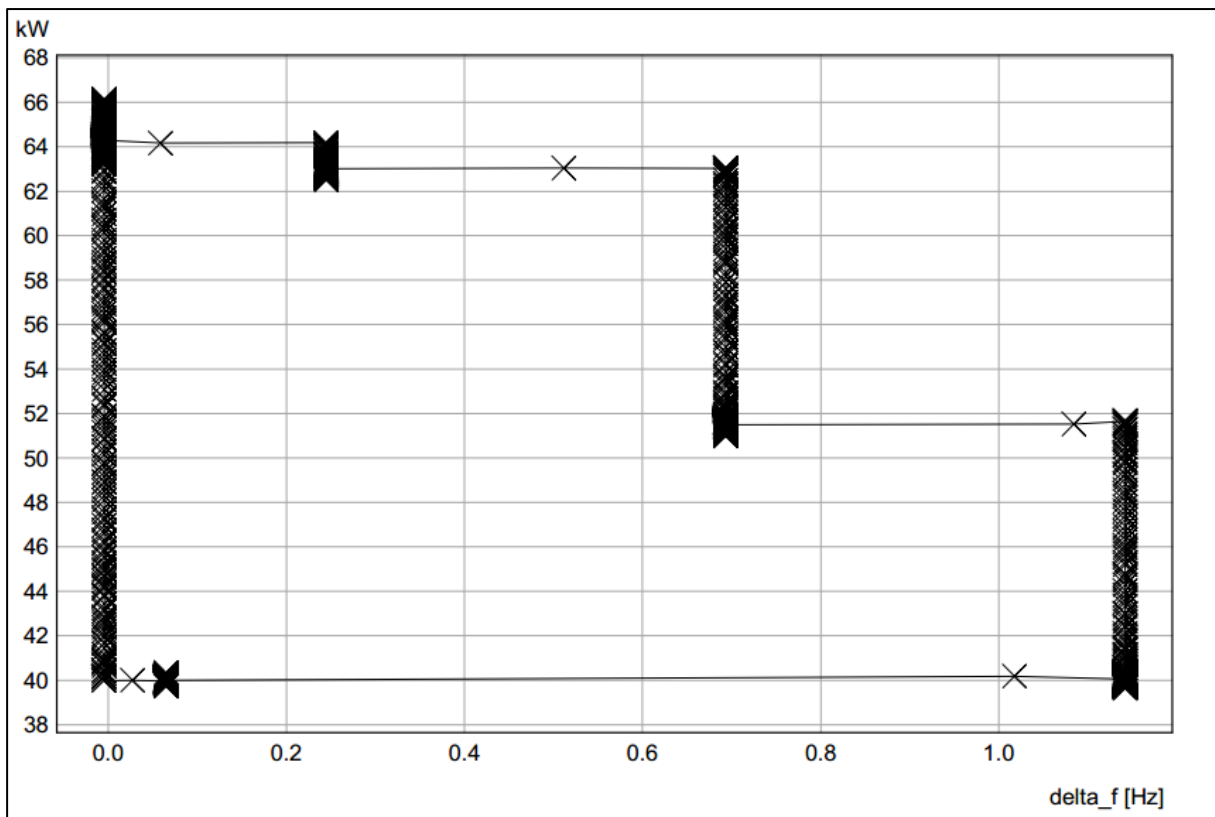


Abbildung 5: SH 65 65 kW: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz (Volllast): P über t (dynamische Darstellung), /11/

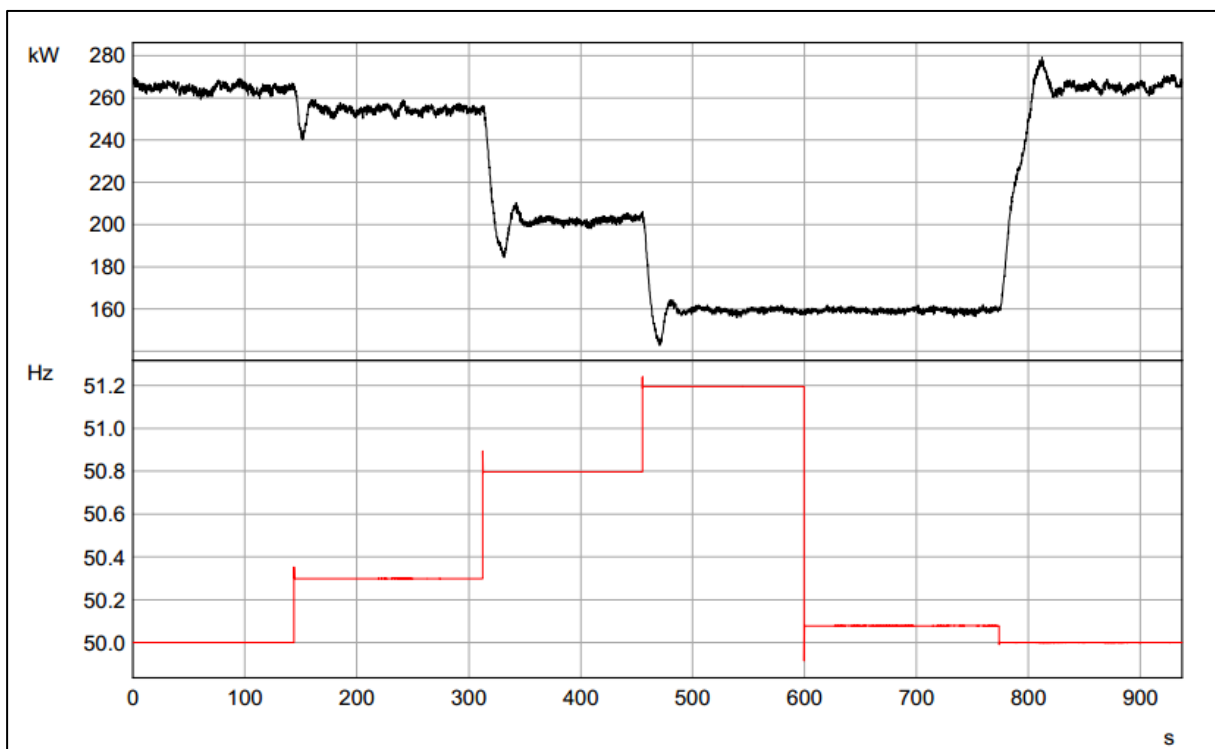


Abbildung 6: SH 265 265 kW: Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz: P über t (statische Darstellung), /10/

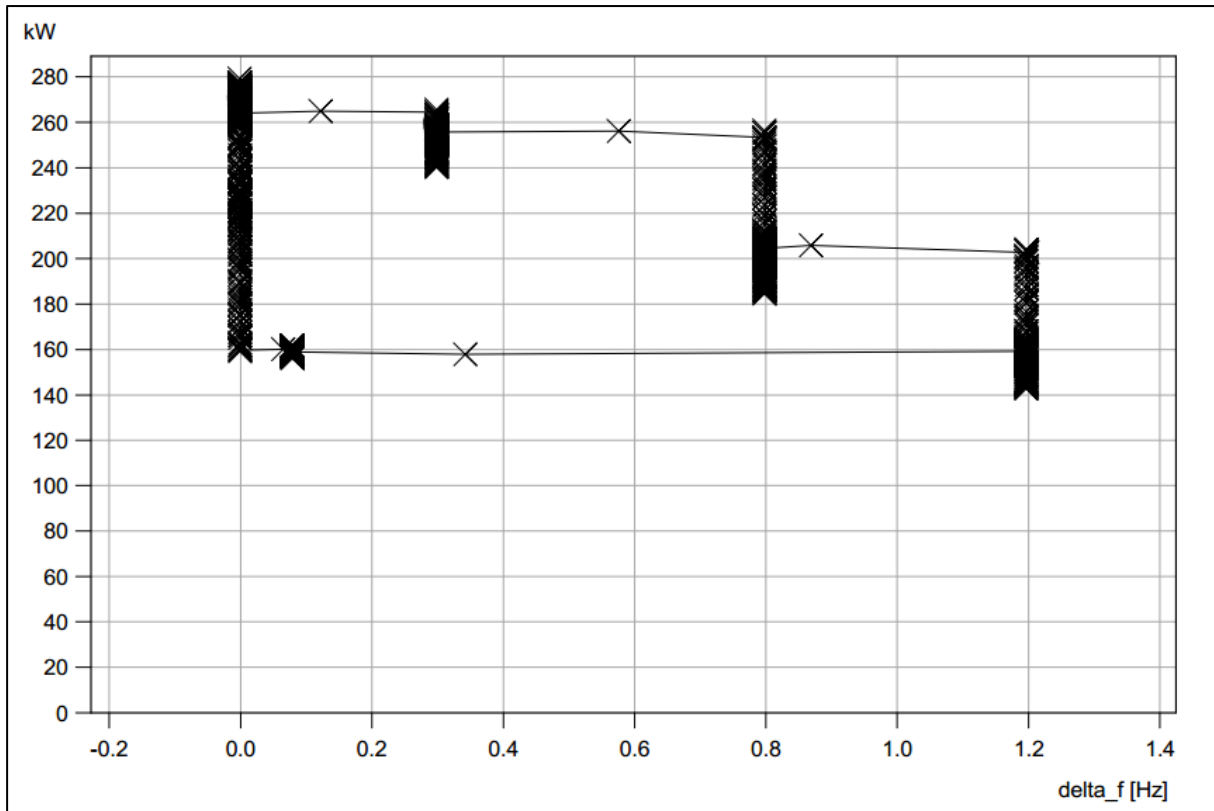


Abbildung 7: SH 265 265 kW: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz (Volllast): P über t (dynamische Darstellung), /10/

Tabelle 21: SH 65 65 kW: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz

| Frequenz | Δf in Hz | Gradient = $\Delta P / \Delta f$ in kW/Hz | Normierter Gradient = $(\Delta P / P_{\text{available}}) / \Delta f$ in %/Hz |
|--------------------------------------|---------------------|--|--|
| 50,25 Hz bis 50,70 Hz | 0,45 | -25,56 | -39,83 |
| 50,70 Hz bis 51,15 Hz | 0,45 | -25,78 | -40,03 |
| Mittelwert des normierten Gradienten | | | -39,93 |

Tabelle 22: SH 265 265 kW: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz

| Frequenz | Δf in Hz | Gradient = $\Delta P / \Delta f$ in kW/Hz | Normierter Gradient = $(\Delta P / P_{\text{available}}) / \Delta f$ in %/Hz |
|--------------------------------------|---------------------|--|--|
| 50,2 Hz bis 50,80 Hz | 0,60 | -102,47 | -38,35 |
| 50,80 Hz bis 51,20 Hz | 0,40 | -111,63 | -41,74 |
| Mittelwert des normierten Gradienten | | | -40,05 |



Tabelle 23: SH 65 65 kW: Abweichung des Wirkleistungssollwertes bei Überfrequenz

| Simulierte Frequenz | Frequenz-abweichung gegenüber 50 Hz | Gemessene Wirkleistung | Berechneter Wirkleistungssollwert gemäß BDEW MSR 2008 | Abweichung P/P _n in % |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------|---|----------------------------------|
| 50,00 ±0,1 Hz | 0 Hz | 64,18 kW | 65,00 kW | -1,26 % |
| 50,20 +0,10 Hz | 0,25 Hz | 63,07 kW | 63,70 kW ¹⁾ | -0,97 % |
| 50,70 ±0,10 Hz | 0,70 Hz | 51,57 kW | 52,00 kW ¹⁾ | -0,66 % |
| 51,15 ±0,05 Hz | 1,15 Hz | 39,97 kW | 40,30 kW ¹⁾ | -0,51 % |

Hinweis:

Bei der Berechnung des theoretischen (berechneten) Sollwertes wird davon ausgegangen, dass bei einer Frequenzerhöhung um 0,2 Hz (auf 50,2 Hz) keine Wirkleistungsreduzierung stattfindet. Die bei 50,2 Hz anliegende Wirkleistung von 65 kW wird „eingefroren“ und als Basiswert für die Leistungsreduzierung verwendet.

Tabelle 24: SH 265 265 kW: Abweichung des Wirkleistungssollwertes bei Überfrequenz

| Simulierte Frequenz | Frequenz-abweichung gegenüber 50 Hz | Gemessene Wirkleistung | Berechneter Wirkleistungssollwert gemäß BDEW MSR 2008 | Abweichung P/P _n in % |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------|---|----------------------------------|
| 50,00 ±0,1 Hz | 0 Hz | 264,21 kW | 265 kW | -0,30 % |
| 50,20 +0,10 Hz | 0,3 Hz | 264,83 kW | 254,4 kW ¹⁾ | +3,94 % |
| 50,70 ±0,10 Hz | 0,8 Hz | 203,35 kW | 201,40 kW ¹⁾ | 0,74 % |
| 51,15 ±0,05 Hz | 1,2 Hz | 158,70 kW | 159,00 kW ¹⁾ | -0,11 % |

Hinweis:

Bei der Berechnung des theoretischen (berechneten) Sollwertes wird davon ausgegangen, dass bei einer Frequenzerhöhung um 0,2 Hz (auf 50,2 Hz) keine Wirkleistungsreduzierung stattfindet. Die bei 50,2 Hz anliegende Wirkleistung von 265 kW wird „eingefroren“ und als Basiswert für die Leistungsreduzierung verwendet.

Tabelle 25: Verhalten der Wirkleistung unterhalb von 50 % P_n

| | |
|--|--|
| Verhalten der Wirkleistung unterhalb von 50 % P _n | Sofortige Trennung der VKM vom Netz. ¹⁾ |
|--|--|

Hinweis:

Eine projektspezifische Anpassung des Verhaltens der Wirkleistung unterhalb von 50 % P_n ist für alle Typen möglich, hierfür ist eine Absprache mit dem Hersteller nötig. Bei der Vermessung des SH 265 265 kW lag eine abweichende Parametrierung vor, sodass die Einheit bis zu 30 % P_n am Netz verblieben ist. Eine Trennung vom Netz liegt jedoch standardgemäß unterhalb von 50 % P_n vor.

Gemäß Tabelle 23 und Tabelle 24 wird die Toleranz von ± 10 % P_N eingehalten.



Übertragbarkeit

Die angefahrenen Ist-Werte der Wirkleistung liegen deutlich innerhalb der zulässigen Toleranz von $\pm 10\% P_n$.

Gemäß Herstellererklärung /17/ wird die Frequenz zyklisch alle 125 ms erfasst und von der Steuerung gerundet. Diese Steuerung ist für alle BHKW-Varianten identisch. Die relativen, auf die Nennleistung bezogenen Ergebnisse der vermessenen Einheiten können bezogen auf die projektespezifische Nennleistung der Blockheizkraftwerke, direkt und unverändert übertragen werden. Dies betrifft die Gradienten und die Abweichungen.

Eine Zuordnung für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.

7 Zuschaltbedingungen

7.1 Grenzwerte für Wiederausaltung

Der Test der Grenzwerte für die Wiederausaltung wurde bestanden (siehe Tabelle 26). Es wurden die Werte gemäß BDEW Mittelspannungsrichtlinie /5/ eingestellt.

Tabelle 26: Ergebnis der Wiederausaltungsbedingungen

| Test | Vorgabe | Grenzwert | Wiederausaltungswert (gemessen) | Bewertung |
|----------------------|-----------|-----------|------------------------------------|-----------|
| Unterspannung [p.u.] | 95% U_N | 95% U_N | 218,5 V | Erfüllt |
| Unterfrequenz [Hz] | 47,5 Hz | 47,5 Hz | 47,56 Hz | Erfüllt |
| Überfrequenz [Hz] | 50,05 Hz | 50,05 Hz | 50,05 Hz | Erfüllt |

Relevante Parameter für die Wiederausaltungsgrenzwerte

Die Parameter für die Wiederausaltung sind der jeweiligen Dokumentation des NA-Schutzes zu entnehmen.

Bemerkung

Bei der Verwendung eines abweichenden NA-Schutzes vom Netzschutzmodul „UFR1001E“ muss eine Prüfung bei Inbetriebnahme erfolgen, welche sicherstellt, dass die Anforderungen an die Wiederausaltungsgrenzwerte eingehalten werden.

7.2 Verhalten bei Wiedereinschaltung / Wirkleistungsgradient

Die Ergebnisse der Prüfung des Wirkleistungsgradienten nach einem Netzfehler können den folgenden Abbildungen entnommen werden.

Während des Tests war der Parameter bei dem SH 265 gem. /10/ für die Warmlaufphase auf 300 s bei 80 kW parametrisiert. Dies entspricht einen absoluten Gradienten von 0,25 kW/s. Dies resultiert bei einer Nennleistung von 265 kW zu einen Gradient von $< 10 \% P_n / \text{min}$, wie er gefordert ist.

Bei der Vermessung des SH 65 war der Parameter gemäß Herstellerangabe für die Warmlaufphase auf 247 s bei 20 kW parametrisiert. Dies entspricht einen absoluten Gradienten von 0,08 kW/s. Dies resultiert bei einer Nennleistung von 65 kW zu einen Gradient von $< 10 \% P_n / \text{min}$, wie er gefordert ist.

Wie Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen, kommt es nach Freigabe zur Synchronisation zu einem sprunghaften Anstieg der Wirkleistung. Der ermittelte Gradient beträgt mehr als $10 \% P_n / \text{min}$. Die Parametrierung lässt sich allerdings eindeutig aus dem Signalverlauf ablesen.

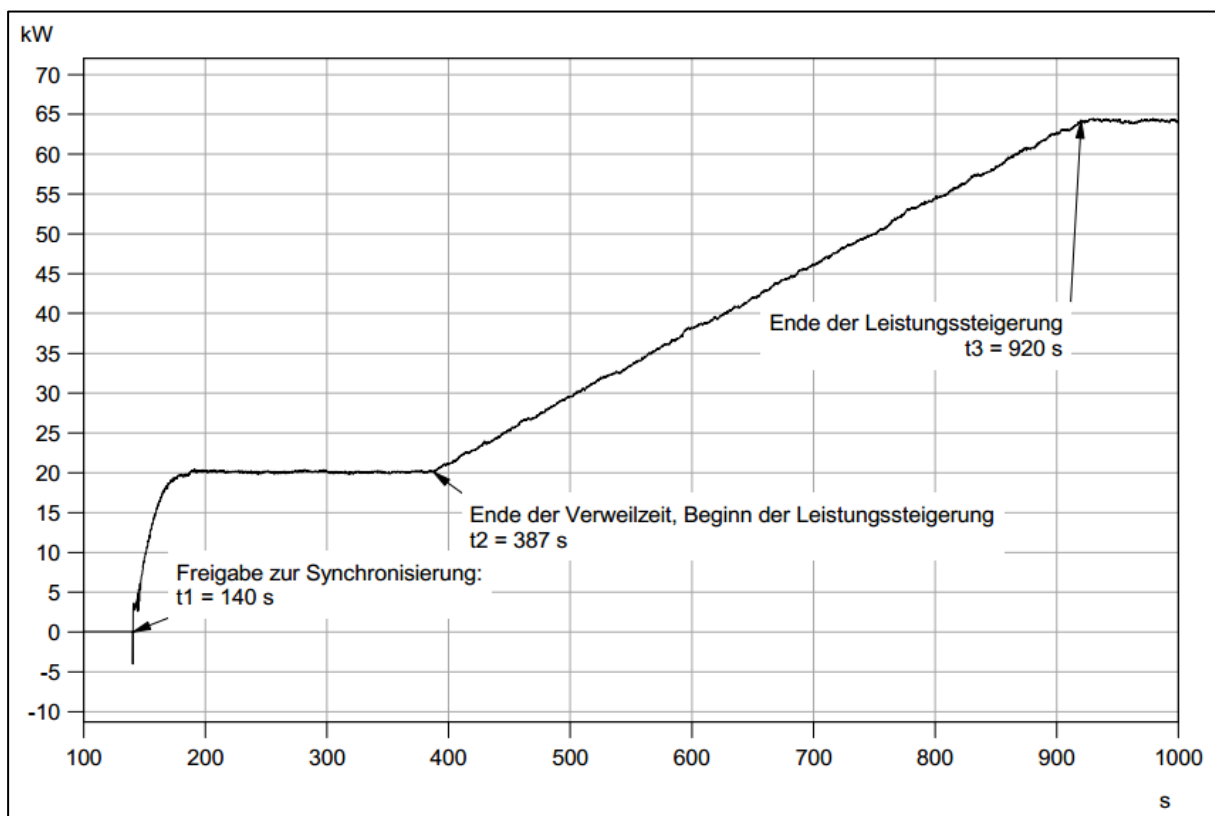


Abbildung 8: SH 65 65 kW: Wirkleistung nach Wiedereinschaltung, /11/

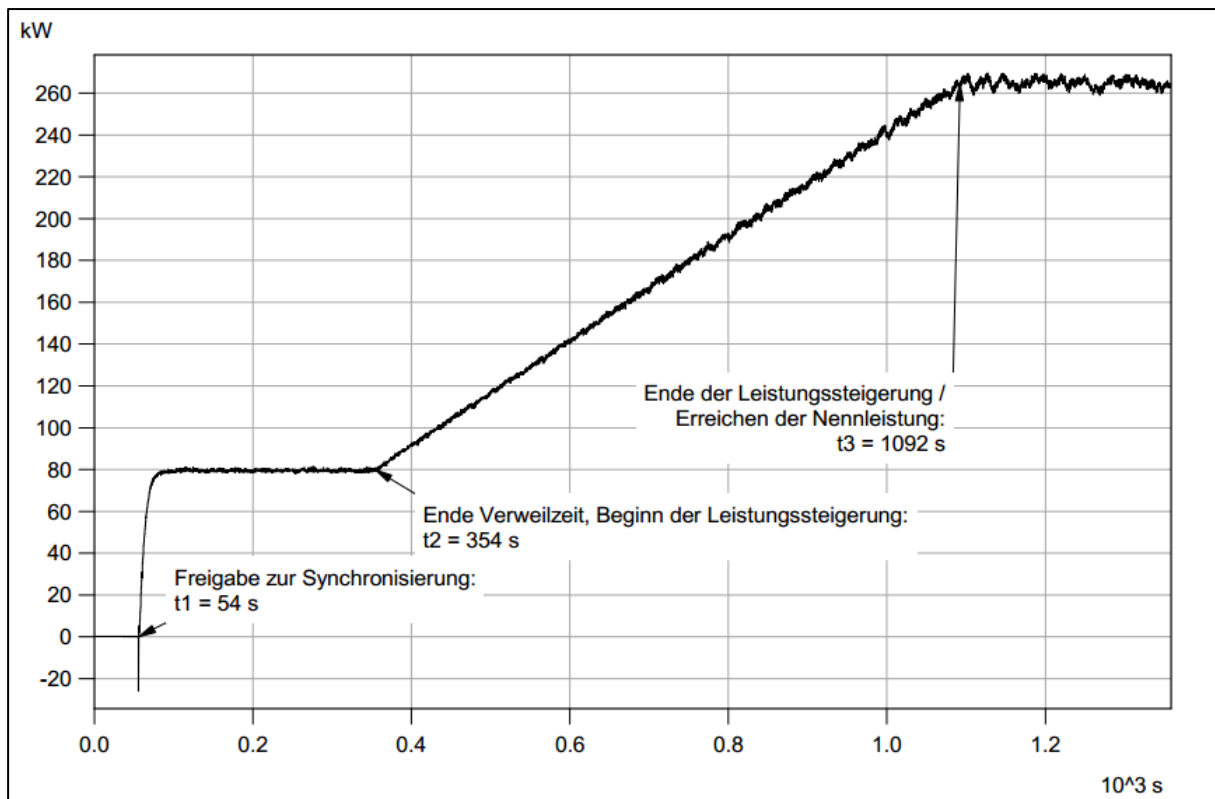


Abbildung 9: SH 265 265 kW: Wirkleistung nach Wiederschaltung, /10/

Das generelle Verhalten der Wirkleistungssteigerung ist konform mit der VKM spezifischen Auswertung gemäß der FGW TR 3. Durch die Wahl des Schrittes auf 80 kW anstatt auf max. 20% P_n kommt es zu Überschreitungen des Gradienten. Die Verstellung des Parameters wird durch eine Herstellerermessung nachgewiesen.

Da die gezeigten Wirkleistungsverläufe nicht den gewünschten Gradienten der Wirkleistungssteigerung $\leq 10 \% P_n / \text{min}$ aufzeigen, wurde im Ermessen der Zertifizierungsstelle eine Nachmessung durch den Hersteller an einem baugleichen SH 160 mit einer Nennleistung von 160 kW durchgeführt.

Während des Tests war der Parameter bei dem SH 160 für die Warmlaufphase auf 240 s bei 32 kW parametrieren. Dies entspricht einen absoluten Gradienten von 0,13 kW/s. Abbildung 10: zeigt den zeitlichen Verlauf der Wirkleistung nach Wiedereinschaltung.

Die relevanten Parameter werden, bezogen auf die Nennleistung der Erzeugungseinheit, auf diese Standardwerte gesetzt. (vgl. Herstellererklärung /17/)



Abbildung 10: SH 160 160 kW: Wirkleistung nach Wiedereinschaltung

In der Abbildung 10 ist beispielhaft die Wirkleistung während der Messung an einem SH 160 mit 160 kW dargestellt. Da sich die Ergebnisse auf die Nennwirkleistung beziehen, können sie bei identischer Zeit auf die (projektspezifische) Nennwirkleistung der einzelnen Varianten übertragen werden.

Es ergibt sich für den gesamten Zeitraum der Wiedereinschaltung ein gemittelter Gradient von ca. 13 kW / min. Dies entspricht 8,13 % P_n / min. Direkt nach der Netzsynchronisation liegt der Gradient unter diesem Mittelwert, da die Mitte eines 60s Mittelungsintervalls auf den Zeitpunkt der Netzkopplung gelegt werden kann. Der maximale Gradient liegt bei ca. 15,5 kW / min bzw. 9,69 % P_n / min.

Tabelle 27: Vermessene Parametrierung, Wirkleistungsgradient

| Vermessene Parametrierung, Wirkleistungsgradient | |
|--|---|
| Wirkleistungsgradient | 8,13 % P _N /min (gemittelt über den Zeitraum der Wiedereinschaltung, der maximale Gradient liegt bei 9,69 % P _n / min) |

Relevante Parameter für den Wirkleistungsgradient nach Wiedereinschaltung

Der Wirkleistungsgradient wird durch den Hersteller gemäß BDEW- Mittelspannungsrichtlinie und den TAB des EVUs fest eingestellt und ist durch den Betreiber oder EVU nicht programmierbar /17/. Die relevanten Parameter werden, bezogen auf die Nennleistung der Erzeugungseinheit, auf die Standardwerte gesetzt. (vgl. Herstellererklärung /17/)



Übertragung

Nach der Wiederzuschaltung wird die Leistung (Rampe mit entsprechendem Gradient) als Sollwert von der Steuerung vorgegeben. Dieses geschieht in Relation zur Nennleistung der entsprechenden Variante (/17/). In Abschnitt 6.2 wurde die Übertragbarkeit von Sollwertvorgaben auf andere Varianten bereits bestätigt. Da die Sollwertvorgabe bei allen Varianten identischer Konstruktion und Funktion ist, lässt sich damit auch die Funktion der Leistungssteigerung nach Netzfehler/Wirkleistungsgradient auf die anderen Varianten direkt (bezogen auf die jeweilige Nennleistung) übertragen. Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.

8 Blindleistungsbereitstellung

8.1 Maximaler Blindleistungsstellbereich (a)

In Tabelle 28 wird der Referenzpunkt der Messung und der Herstellerangaben angegeben.

Tabelle 28: Referenzpunkt maximale PQ-Fähigkeit

| Referenzpunkt | |
|-------------------------------------|--|
| Referenzpunkt der Messung | Klemmleiste der VKM für den Netzanschluss (Unterspannungsseite des Maschinentransformators) |
| Referenzpunkt der Herstellerangaben | |

Die Tabelle 29 enthält die verschiedene Schnittstellen, Arten der Blindleistungsvorgabe und die vermessene Schnittstelle.



Herstellerangaben zum möglichen Blindleistungsbereich

Tabelle 29: Blindleistungsvermögen EZE 1 - 30

| Wirk- und Blindleistungsvermögen gemäß Herstellerangaben | | |
|--|--|-----------------------|
| Q _{übererregt} [% P _n] | Q _{untererregt} [% P _n] | P [% P _n] |
| 32,9 | -32,9 | 100 |
| 29,6 | -29,6 | 90 |
| 26,3 | -26,3 | 80 |
| 23,0 | -23,0 | 70 |
| 19,7 | -19,7 | 60 |
| 16,4 | -16,4 | 50 |
| <p><i>Anmerkung: Unterhalb der Wirkleistung von 50 % P_n erfolgt standardgemäß eine sofortige Netztrennung. Das Blindleistungsvermögen besteht gemäß Herstellerangabe im Spannungsband von 90 – 110 % U_N und entspricht genau einem Verschiebungsfaktor von 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt.</i></p> | | |

Eine grafische Darstellung des Blindleistungsvermögens gemäß Herstellerangaben ist der Abbildung 11 zu entnehmen.

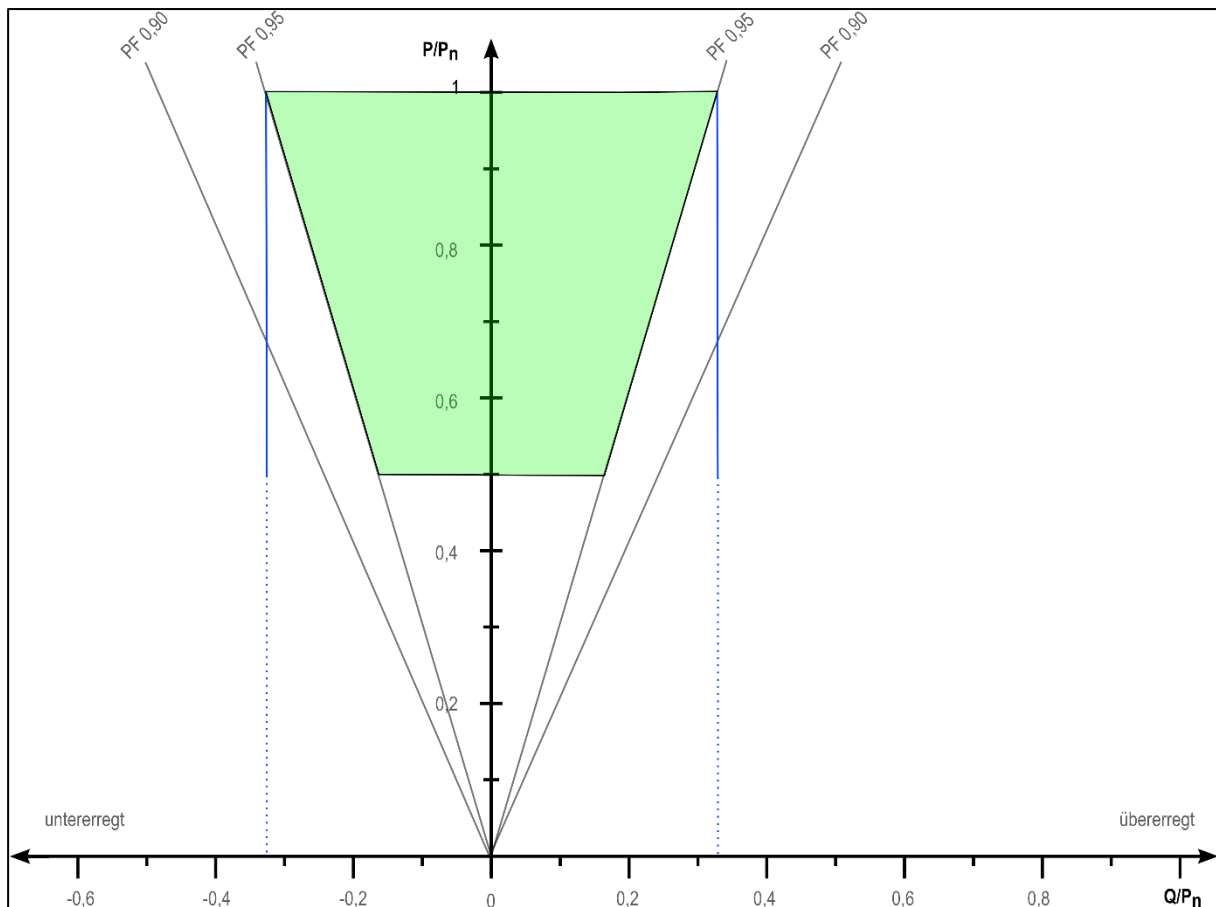


Abbildung 11: Blindleistungsbereich (grün eingefärbt dargestellt) der Baureihe „SH“, im Spannungsband von 90 – 110 % U_N , nach /17/

Messwerte

Die Ergebnisse der Vermessung können Tabelle 30 bzw. Tabelle 31 entnommen werden. Für die weiteren Varianten wurde eine gesonderte Betrachtung gem. Blindleistungsbereitstellung des Generators vorgenommen. Die Blindleistungsbereiche für die einzelnen Varianten werden nachfolgend ebenfalls zusammen mit den Ergebnissen der Messung dargestellt.

Ergebnisse Blindleistungsvermögen

Tabelle 30: SH 65 65 kW: Gemessenes Blindleistungsvermögen bei Sollwertvorgabe $\cos \varphi$ maximal unter-/übererregt

| | | Wirkleistung in % von P_n | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 50 % | 60 % | 70 % | 80 % | 90 % | 100 % |
| $\cos \varphi = 0,95$ (übererregt) | Wirkleistung in kW | 32,28 | 38,74 | 45,17 | 51,65 | 58,06 | 64,27 |
| | Blindleistung in kvar | 10,51 | 12,06 | 14,05 | 16,37 | 18,55 | 20,38 |
| | Verschiebungsfaktor | 0,947 | 0,952 | 0,952 | 0,951 | 0,951 | 0,952 |



| | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| cos φ = 0,95 (untererregt) | Wirkleistung in kW | 32,28 | 38,72 | 45,09 | 51,56 | 57,94 | 64,39 |
| | Blindleistung in kvar | -9,71 | -12,03 | -14,30 | -16,21 | -18,38 | -20,27 |
| | Verschiebungsfaktor | 0,952 | 0,949 | 0,949 | 0,950 | 0,950 | 0,950 |

| | | | | | | | |
|------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| cos φ = 1 | Wirkleistung in kW | 32,29 | 38,72 | 45,12 | 51,61 | 58,05 | 64,47 |
| | Blindleistung in kvar | 0,24 | -0,16 | 0,03 | -0,10 | -0,74 | -0,86 |
| | Verschiebungsfaktor | 0,994 | 0,995 | 0,996 | 0,996 | 0,997 | 0,997 |

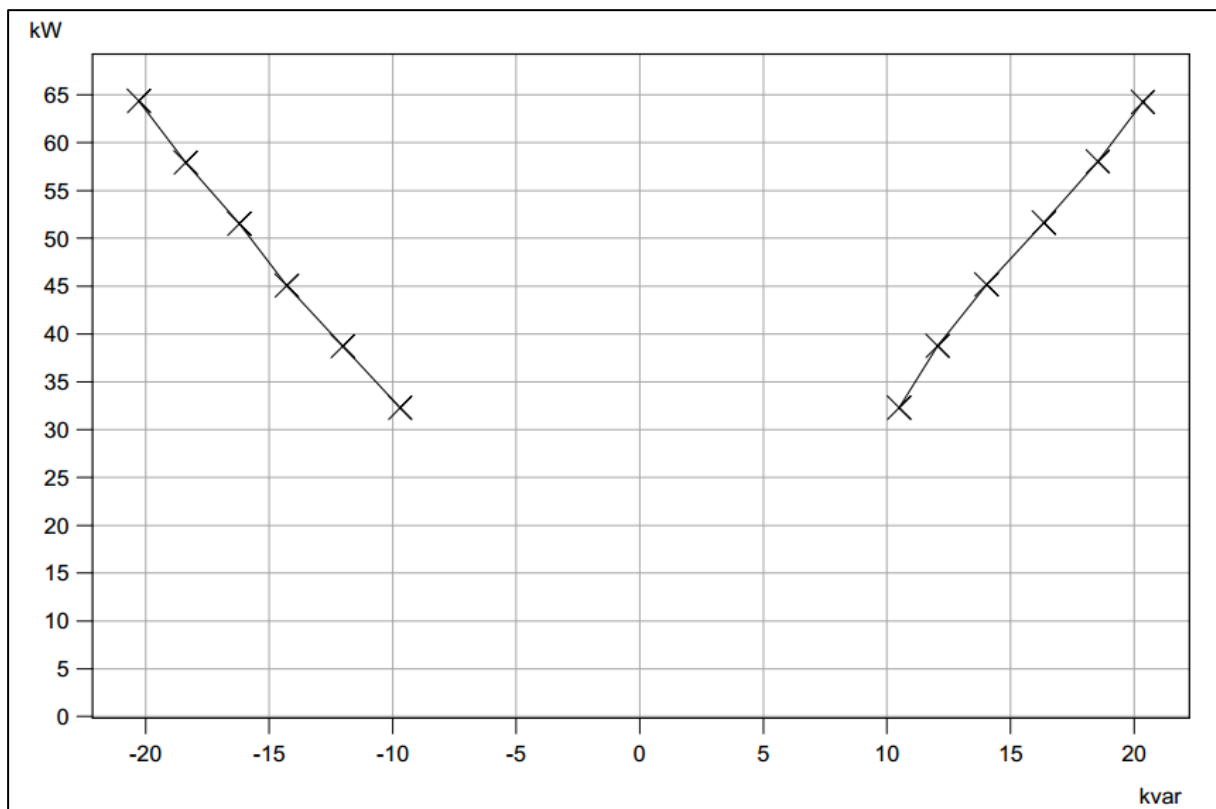


Abbildung 12: Blindleistungsbereich des SH 65 65 kW, entnommen aus /11/



Tabelle 31: SH 265 265 kW: Gemessenes Blindleistungsvermögen bei Sollwertvorgabe $\cos \varphi$ maximal unter-/übererregt

| | | Wirkleistung in % von P_n | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 50 % | 60 % | 70 % | 80 % | 90 % | 100 % |
| $\cos \varphi = 0,95$ (übererregt) | Wirkleistung in kW | 133,03 | 159,52 | 185,99 | 212,52 | 239,01 | 265,41 |
| | Blindleistung in kvar | 35,22 | 46,01 | 56,54 | 66,62 | 76,14 | 85,48 |
| | Verschiebungsfaktor | 0,966 | 0,960 | 0,956 | 0,954 | 0,952 | 0,951 |

| | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| $\cos \varphi = 0,95$ (untererregt) | Wirkleistung in kW | 132,13 | 158,50 | 184,70 | 210,97 | 237,33 | 263,24 |
| | Blindleistung in kvar | -46,77 | -60,31 | -67,05 | -74,88 | -82,69 | -90,87 |
| | Verschiebungsfaktor | 0,943 | 0,935 | 0,940 | 0,942 | 0,944 | 0,944 ¹⁾ |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\cos \varphi = 1$ | Wirkleistung in kW | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| | Blindleistung in kvar | -3,46 | -1,32 | -2,24 | 1,61 | -3,48 | -9,99 |
| | Verschiebungsfaktor | 0,999 | 0,999 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,999 |

Hinweis:

Bei einer Sollwertvorgabe von 100 % P_n liegt beim vermessenen SH 265 eine Abweichung des Verschiebungsfaktors von -0,006 zum Sollwert von 0,950 vor. Diese Abweichung liegt gemäß /2/ nicht im Toleranzbereich von $\pm 0,005$. Für weitere Details siehe Kapitel 8.2

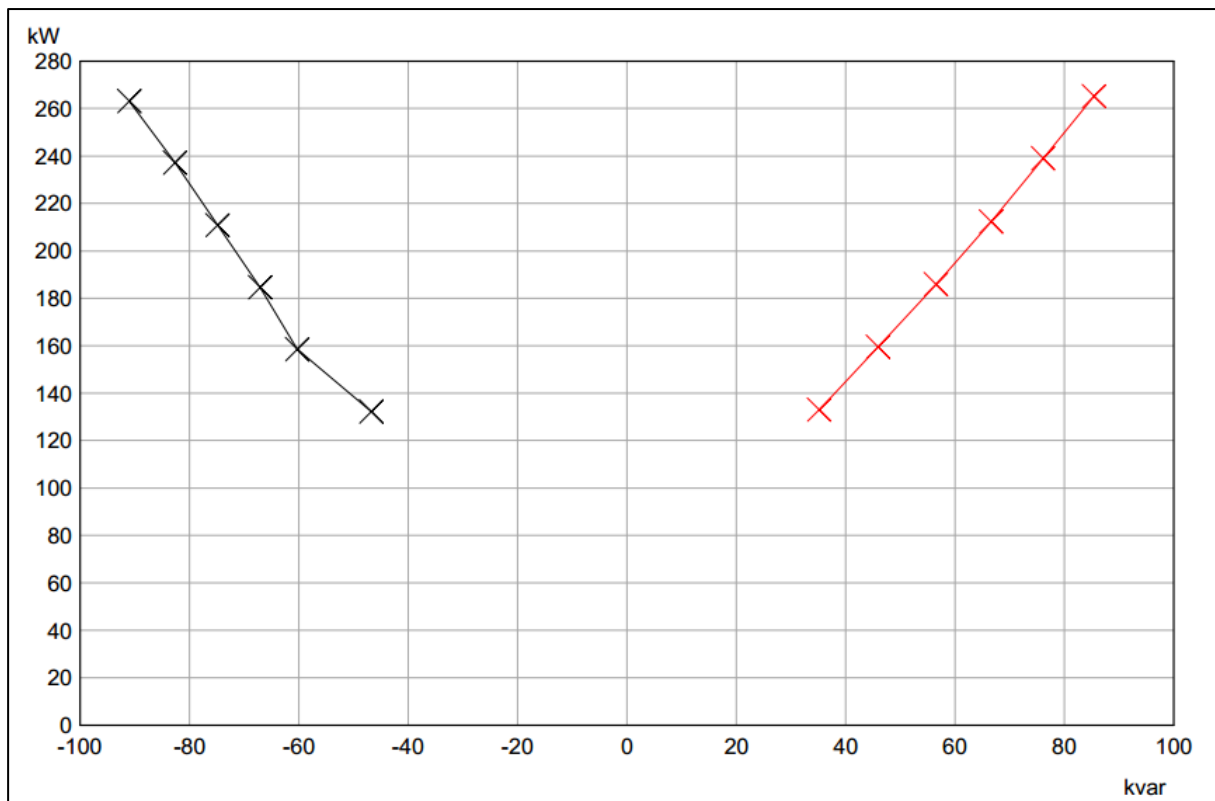


Abbildung 13: Blindleistungsbereich des SH 265 265 kW, entnommen aus /10/

In Abbildung 12 und Abbildung 13 werden die Messwerte für die maximale Blindleistungsbereitstellung bei Nennspannung dargestellt. Die Angaben des VKM-Herstellers werden durch die Messungen bestätigt. Da die Angaben der Generatorherstellers deutlich größer sind als die Angaben des VKM-Herstellers sind aus gutachterlicher Sicht diese Werte zusätzlich bestätigt.

Übertragung

Gemäß Herstellererklärung /17/ wird für alle Varianten eine Regelung identischer Realisierung eingesetzt, weshalb identische Einstellgenauigkeiten - bezogen auf die Nennleistung – zu erwarten sind. Daher sind die Ergebnisse der Blindleistungseinstellungen auf die Nennleistung des BHKW bezogen zu übertragen.

Lediglich die Variante 27 (SH 400-2 - Leroy Somer LSA 47.2 M8) und die Variante 30 (SH 530-3 – Leroy Somer LSA 49.3 S4) weisen ein eingeschränktes Generatorblindleistungsvermögen auf. Gemäß Herstellererklärung kann die Einheit das Vermögen nicht im gesamten Spannungsband zwischen 90 und 110% U_N einhalten. Im untererregten Betriebsfall bei Spannung kleiner $0,95 U_N$ wird das Vermögen, wie in Abbildung 14 dargestellt, eingehalten.

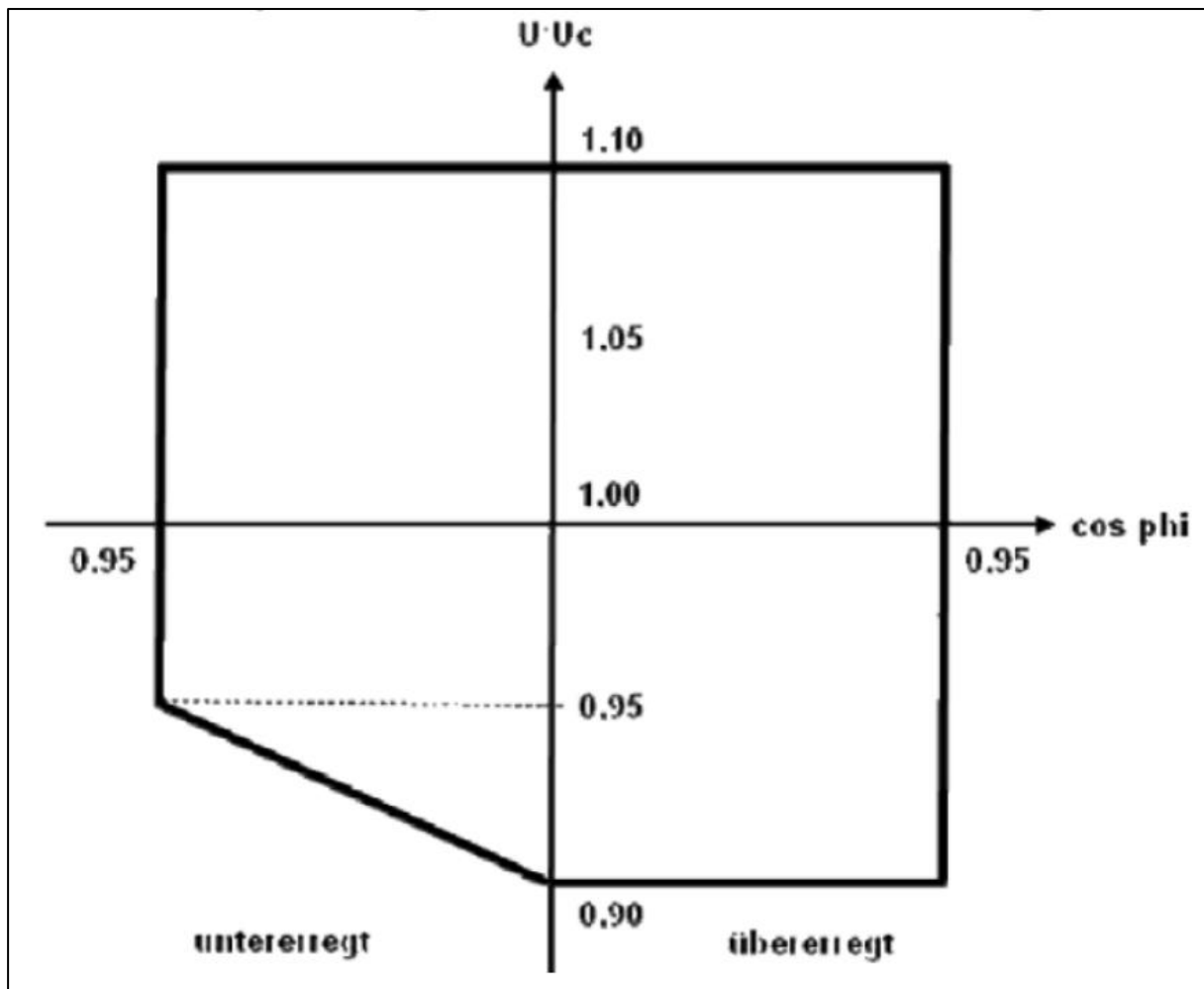


Abbildung 14: Blindleistungsbereich des SH 400-2 sowie SH 530-3 nach /17/

Die übrigen Generatorvarianten beider Familien zeigen in der Plausibilitätsüberprüfung ein Vermögen auf, das mindestens so groß ist wie das in Abbildung 11 dargestellte. Eine Übertragung der Ergebnisse ist daher möglich.

Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.



Relevante Parameter für die Blindleistungsbereitstellung

Die Parameter für die Blindleistungsbereitstellung werden gem. Herstellererklärung /17/ projektspezifisch bei der Inbetriebnahme hinterlegt.

Tabelle 32: Parameter für die Blindleistungsbereitstellung gem. /17/

| Fester $\cos \varphi$, Einstellbar über das Display | | |
|--|-----------------------|--------------|
| Einstellbereich ¹⁾ | | Schrittweite |
| Untere Grenze | 0,9 untererregt bis 1 | 0,001 |
| Obere Grenze | 0,8 übererregt bis 1 | 0,001 |
| Externe $\cos \varphi$ Sollwertvorgabe | | |
| Einstellbereich ¹⁾ | | Schrittweite |
| Untere Grenze | 0,9 untererregt bis 1 | 0,001 |
| Obere Grenze | 0,8 übererregt bis 1 | 0,001 |
| $\cos \varphi (P)$ – Kennlinie ^{2) 3)} | | |
| Einstellbereich ¹⁾ | | Schrittweite |
| Untere Grenze | 0,9 untererregt bis 1 | 0,001 |
| Obere Grenze | 0,8 übererregt bis 1 | 0,001 |
| Q-Sollwertvorgabe ⁴⁾ | | |
| Einstellbereich ¹⁾ | | Schrittweite |
| Untere Grenze | 0,9 untererregt bis 1 | 0,001 |
| Obere Grenze | 0,8 übererregt bis 1 | 0,001 |

Hinweis:

- 1) Der Einstellbereich ist standardgemäß 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt (default).
- 2) Leistungsbereich 50,00 – 100,00 % P_n , Schrittweite 0,01 %
- 3) Die 4 Stützwerte werden durch den Hersteller gemäß BDEW-Richtlinie und aktueller TAB des EVUs fest eingestellt und sind durch den Betreiber oder EVU nicht parametrierbar.
- 4) Bei geforderter Q-Sollwertvorgabe muss der AVR von $\cos \phi$ – Regelung auf Blindleistungsregelung parametriert werden.



8.2 Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe (b)

Ergebnis der Vermessung und Übertragung

Die Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe erfolgte bereits in Kapitel 8.1. Eine $\cos \varphi$ - Sollwertvorgabe wurde vorgenommen.

Tabelle 33: Vermessene Schnittstelle zur Blindleistungsbereitstellung

| Vermessene Schnittstelle zur Blindleistungsbereitstellung | |
|---|---|
| Schnittstelle | Händische Eingabe von Sollwertänderungen des $\cos \varphi$ über die Tastatur des Displays oder des Programmiergerätes durch den Hersteller ¹⁾ |
| Art der Blindleistungsvorgabe | $\cos \varphi$ |

Hinweis:

Gemäß Einschätzung des Herstellers zur Genauigkeit der Schnittstellen liegen hier vernachlässigbare Abweichungen von 0,025 % vor.

Maximale Abweichung der Blindleistung vom Sollwert

In Tabelle 30 und Tabelle 31 sind die Messwerte dargestellt. Der Typ SH 65 erfüllt die Genauigkeitsanforderung von $\pm 0,005$, der Typ SH 265 erfüllt die Genauigkeitsanforderungen bei P_n im untererregten Betrieb nicht. Die Abweichung vom Sollwert beträgt $-0,006$ für den $\cos \varphi$ (Vgl. Tabelle 31). Dies entspricht $-3,69$ kvar.

Die Übertragung der Testergebnisse auf die anderen Varianten findet in Relation zur Nennwirkleistung der VKM statt.

Übertragung:

Die Übertragung findet innerhalb der beiden Familien vom vermessenen Typen statt, bei dem die Einstellgenauigkeit geprüft wurde (Vgl. Kapitel 8.1). Die Übertragung kann erfolgen, da die Varianten bezüglich der Blindleistung/ $\cos \varphi$ Regelung identisch aufgebaut sind. Das Nichterfüllen der Blindleistungseinstellgenauigkeit des SH 265 wird entsprechend auf die Familienmitglieder mit der im folgenden Absatz beschriebenen Auflage übertragen. Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.

Auflage

Bei Inbetriebnahme der Familienmitglieder des SH 265 (EZE 12 - 30) ist ein Test und Abgleich der $\cos \varphi$ – Sollwertvorgabe nötig. Die Anforderung an die $\cos \varphi$ Genauigkeit von $\pm 0,005$ ist messtechnisch nachzuweisen. (vgl. Tabelle 7)



Relevante Schnittstelle für die Blindleistungsbereitstellung durch Sollwertvorgabe

Tabelle 34: Relevante Schnittstelle für die Blindleistungsbereitstellung

| | |
|---|---|
| Analoge Schnittstellen zur Blindleistungsvorgabe | Externe Sollwertvorgabe: 4 - 20 mA (= stufenlos $\cos \varphi$ 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt), die Auflösung beträgt 12bit |
| Digitale Schnittstellen zur Blindleistungsvorgabe | Optional: Sollwert über Kontakte |
| Arten der Blindleistungsvorgabe | $\cos \varphi$ und Q, $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie, $\cos \varphi$ (P) Kennlinie |
| Vermessene Schnittstelle und Blindleistungsvorgabe | Händische Eingabe von Sollwertänderungen des $\cos \varphi$ über die Tastatur des Displays oder des Programmiergerätes durch den Hersteller ¹⁾ |
| Externe Ist-Wert-Erfassung möglich? (z.B. für eine Regelung auf den NAP) | Ja, aber nicht vermessen und bewertet. ²⁾ |

Hinweis:

- 1) Gemäß Einschätzung des Herstellers zur Genauigkeit der Schnittstellen liegen hier vernachlässigbare Abweichungen von 0,025 % vor.
- 2) Eine externe Ist-Wert-Erfassung ist generell möglich. Diese wird projektspezifisch in Abhängigkeit des EVUs umgesetzt.

Relevante Parameter für die Blindleistungssollwertvorgabe

Die Parameter sind bereits im Kapitel 8.1 angegeben, s. hierzu auch Tabelle 32.

8.3 Q-Übergangsfunktion

Die Blindleistungsübergangsfunktion wurde für die EZE mit den Sollwerten gemäß FGW TR3 /1/ Kapitel 4.3.3 getestet. Diese Prüfung wurde sowohl für 100 % Nennleistung, als auch für 50 % Nennleistung durchgeführt.

Die Ergebnisse der Vermessung sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Hierbei wird jeweils der gesamte Zeitbereich dargestellt (Abbildung 15 bis Abbildung 18).

Die Ergebnisse lassen sich in Relation auf die Nennwirkleistung auf die anderen Varianten übertragen. Es ist zu erwarten, dass sich die Zeiten dabei nicht wesentlich ändern, so dass sich diese absolut auf die nicht vermessenen Varianten übertragen lassen.

100 % Nennleistung

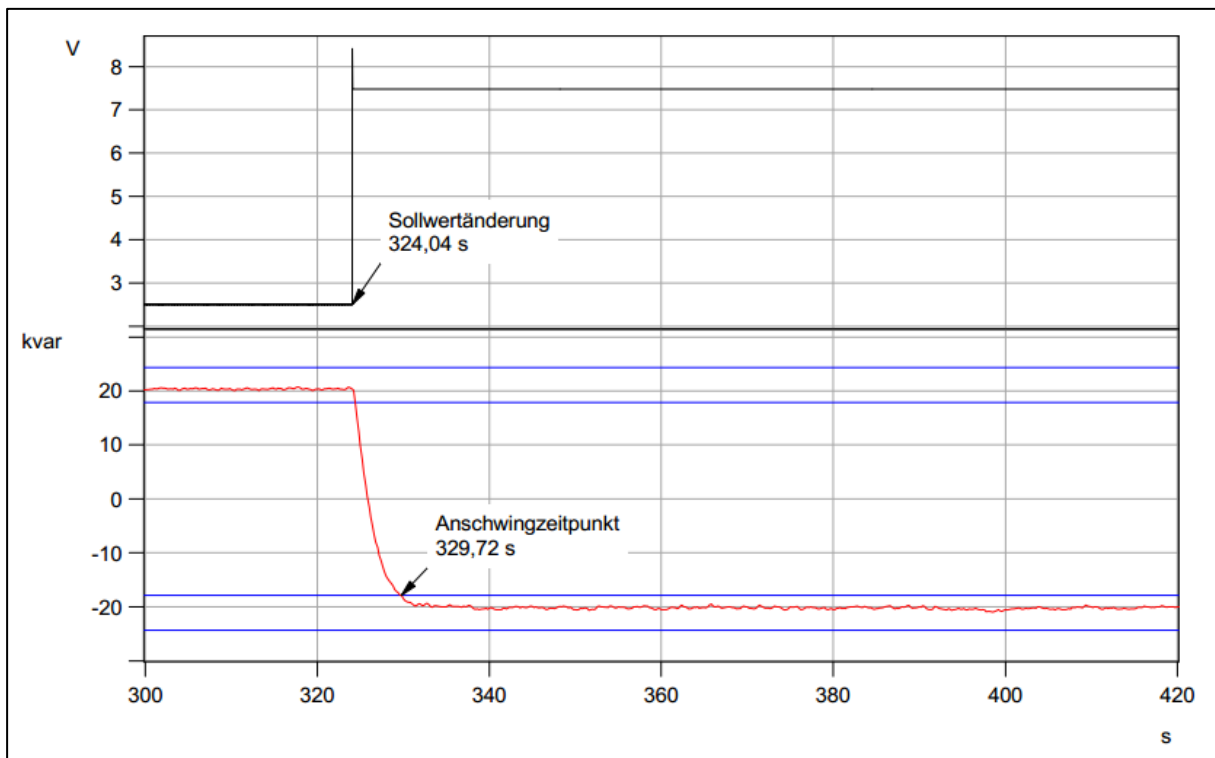


Abbildung 15: SH 65 65 kW: Q-Übergangsfunktion bei 100 % P_n , Sollwertsprung von max. kapazitiv auf max. induktiv (Einschwingzeit 5,68 s) gem. Testbericht /11/ (Q "rot", Toleranzband "blau", Sollwertsignal "schwarz")

Der gemessene Blindleistungswert erreicht das Toleranzband und verbleibt in diesem. Die gemessenen Einschwingzeiten sind in Tabelle 35 dargestellt.

Tabelle 35: SH 65 65 kW: Einschwingzeiten für Q-Sollwertsprünge bei 100% P_n

| Stufe | Einschwingzeit |
|--|----------------|
| $Q = 0 \rightarrow Q_{\text{max. übererregt}}$ | 5,49 s |
| $Q_{\text{max. übererregt}} \rightarrow Q_{\text{max. untererregt}}$ | 5,68 s |
| $Q_{\text{max. untererregt}} \rightarrow Q = 0$ | 4,13 s |

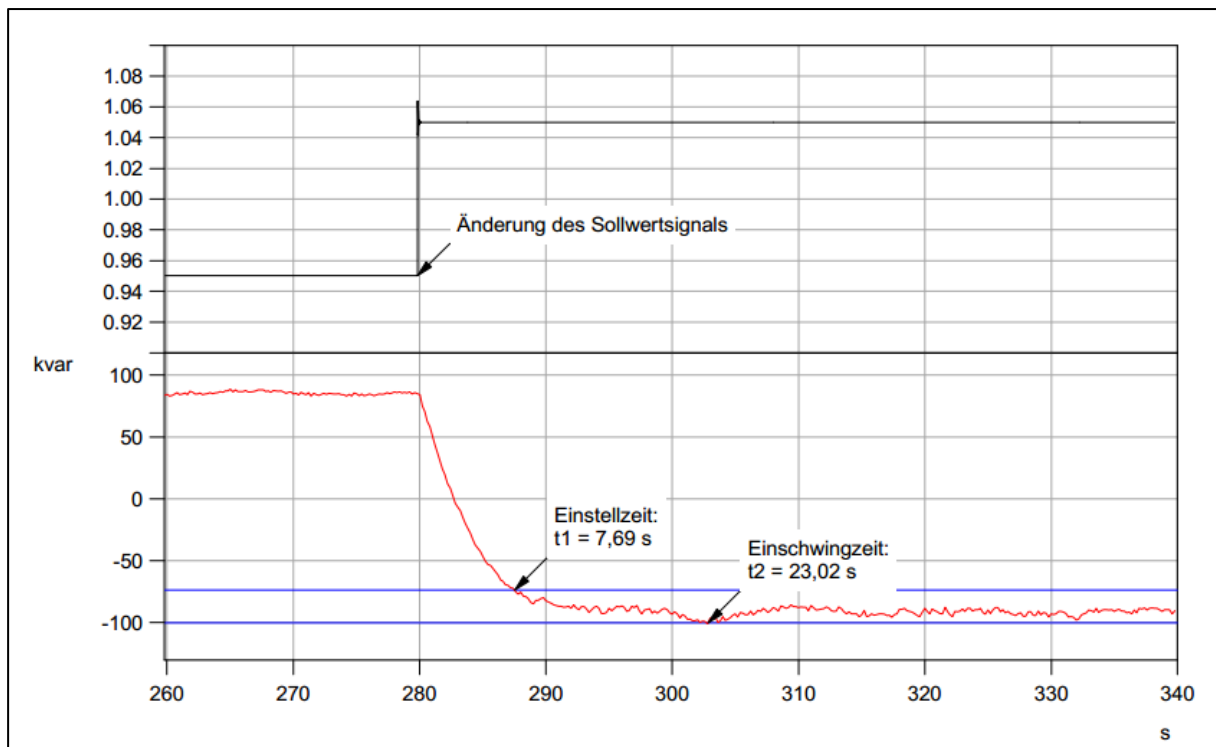


Abbildung 16: SH 265 265 kW: Q-Übergangsfunktion bei 100 % P_n, Sollwertsprung von max. kapazitiv auf max. induktiv (Einschwingzeit 23,02 s) gem. Testbericht /10/ (Q "rot", Toleranzband "blau", Sollwertsignal "schwarz")

Tabelle 36: SH 265 265 kW: Einschwingzeiten für Q-Sollwertsprünge bei 100% P_n

| Stufe | Einschwingzeit |
|---|----------------|
| Q = 0 -> Q max. übererregt | 9,51 s |
| Q max. übererregt -> Q max. untererregt | 23,02 s |
| Q max. untererregt -> Q = 0 | 31,55 s |

50 % Nennleistung

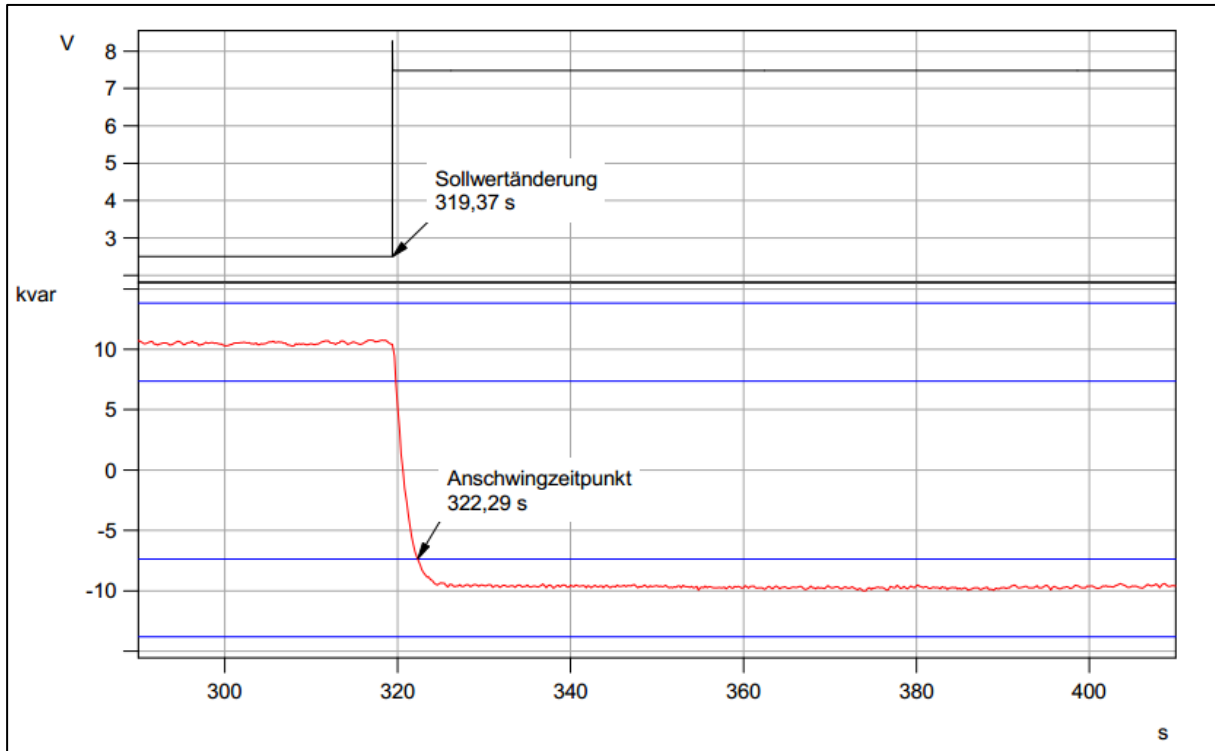


Abbildung 17: SH 65 65 kW: Q-Übergangsfunktion bei 50 % P_n, Sollwertsprung von max. kapazitiv auf max. induktiv (Einschwingzeit 2,92 s) gem. Testbericht /11/ (Q "rot", Toleranzband "blau", Sollwertsignal "schwarz")

Der gemessene Blindleistungswert erreicht das Toleranzband und verbleibt in diesem. Die gemessenen Einschwingzeiten sind in Tabelle 35 dargestellt.

Tabelle 37: SH 65 65 kW: Einschwingzeiten für Q-Sollwertsprünge bei 50% P_n

| Stufe | Einschwingzeit |
|---|----------------|
| Q = 0 -> Q _{max.} übererregt | 2,06 s |
| Q _{max.} übererregt -> Q _{max.} untererregt | 2,92 s |
| Q _{max.} untererregt -> Q = 0 | 1,52 s |

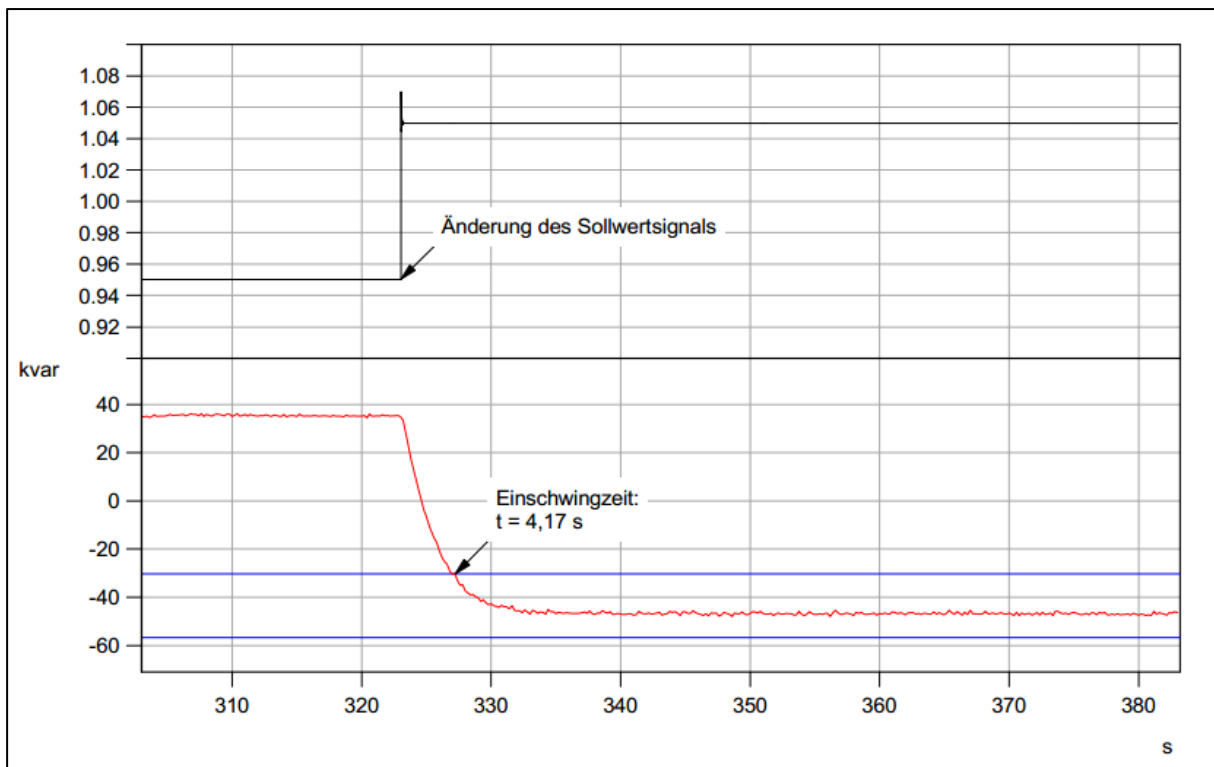


Abbildung 18: SH 265 265 kW: Q-Übergangsfunktion bei 50 % P_n, Sollwertsprung von max. kapazitiv auf max. induktiv (Einschwingzeit 4,17 s) gem. Testbericht /10/ (Q "rot", Toleranzband "blau", Sollwertsignal "schwarz")

Tabelle 38: SH 265 265 kW: Einschwingzeiten für Q-Sollwertsprünge bei 50% P_n

| Stufe | Einschwingzeit |
|---|----------------|
| Q = 0 -> Q max. übererregt | 5,52 s |
| Q max. übererregt -> Q max. untererregt | 4,17 s |
| Q max. untererregt -> Q = 0 | 4,43 s |

Übertragung

Der Hersteller hat per Erklärung /17/ bestätigt, dass Ausführung der Blindleistungs- bzw. Leistungsfaktorregelung bei allen Varianten identisch ausgeführt ist. Die seitens des Generators maßgeblichen Parameter für die Dynamik sind die Synchronreaktanzen X_d und X_q. Diese liegen bei alle Generatoren innerhalb derselben Größenordnung. Daher sind für alle Varianten Sprungantworten für die Blindleistung in identischer Form zu erwarten, weshalb die Ergebnisse direkt übertragen werden können. Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.



8.4 Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung ($\cos \varphi$ (U)-Kennlinie)

Die Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Klemmenspannung kann in der EZE über Parameter eingestellt werden.

Tabelle 39: $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie für die Typen SH 65 65 kW und SH 265 265 kW

| Q (U)-Kennlinienvorschlag gemäß /1/ | | | |
|---|-----------------|-------|-----------------|
| U | 0,96 U_n | U_n | 1,04 U_n |
| Q | $Q_{\max.kap.}$ | 0 | $Q_{\max.ind.}$ |
| eingestellte $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie | | | |
| U | 0,97 U_n | U_n | 1,03 U_n |
| Q | $Q_{\max.kap.}$ | 0 | $Q_{\max.ind.}$ |

Die Ergebnisse der Prüfung der $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie können den folgenden Abbildungen entnommen werden. Die Tests wurden mit einer Einstellzeit von 10 Sekunden und 60 Sekunden durchgeführt.

SH 65 65 kW: Einstellzeit 10 Sekunden

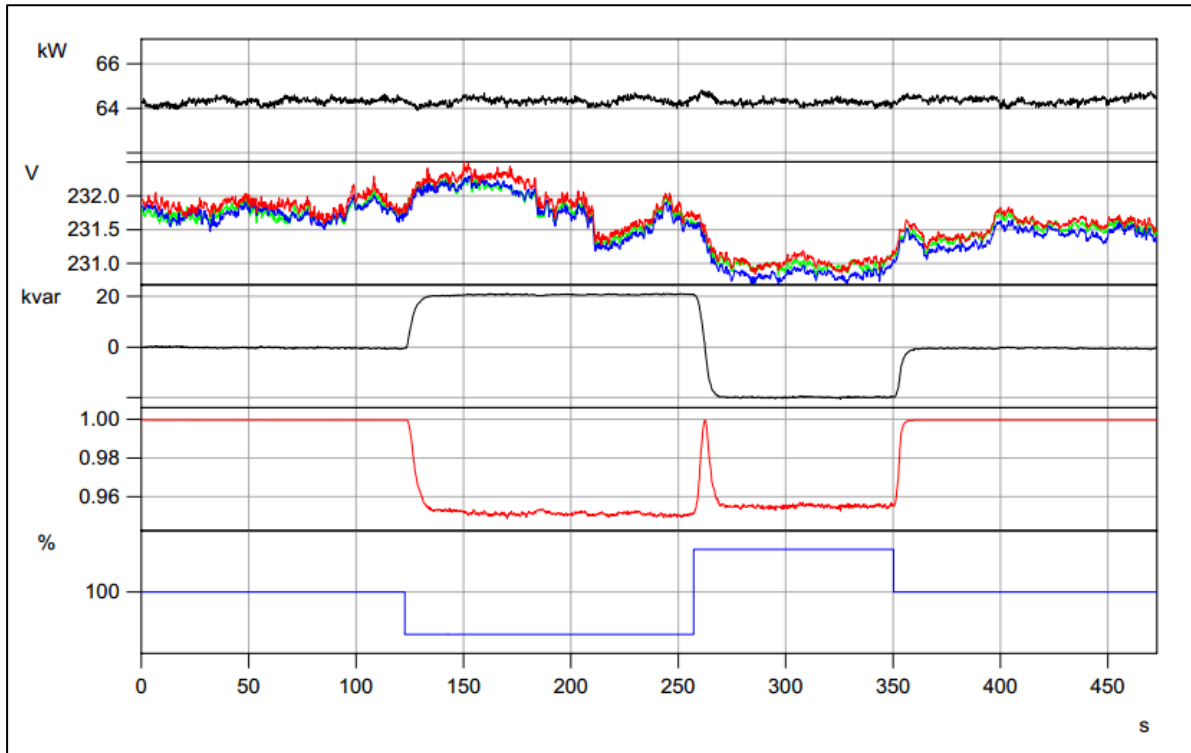


Abbildung 19: SH 65 65 kW: $\cos \varphi (U)$ -Test mit der Einstellzeit 10 s, (Wirkleistung "schwarz", Spannung an den EZE-Klemmen "rot, blau, grün", Blindleistung "schwarz", Verschiebungsfaktor "rot", Sollwertvorgabesignal Spannung "blau"), entnommen aus /11/

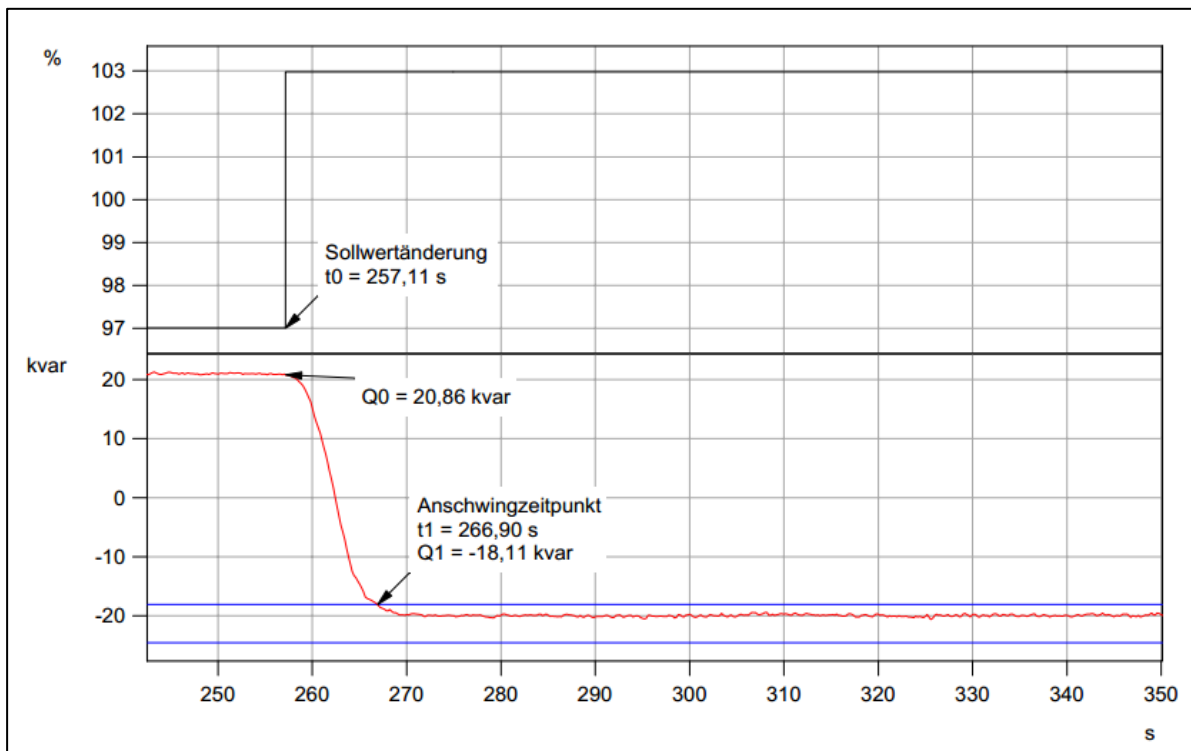


Abbildung 20: SH 65 65 kW: $\cos \varphi (U)$ -Test mit der Einstellzeit 10 s (zoom), (Sollwertvorgabesignal Spannung "schwarz", Blindleistung "rot", Toleranzband "blau"), entnommen aus /11/

SH 65 65 kW: Einstellzeit 60 Sekunden

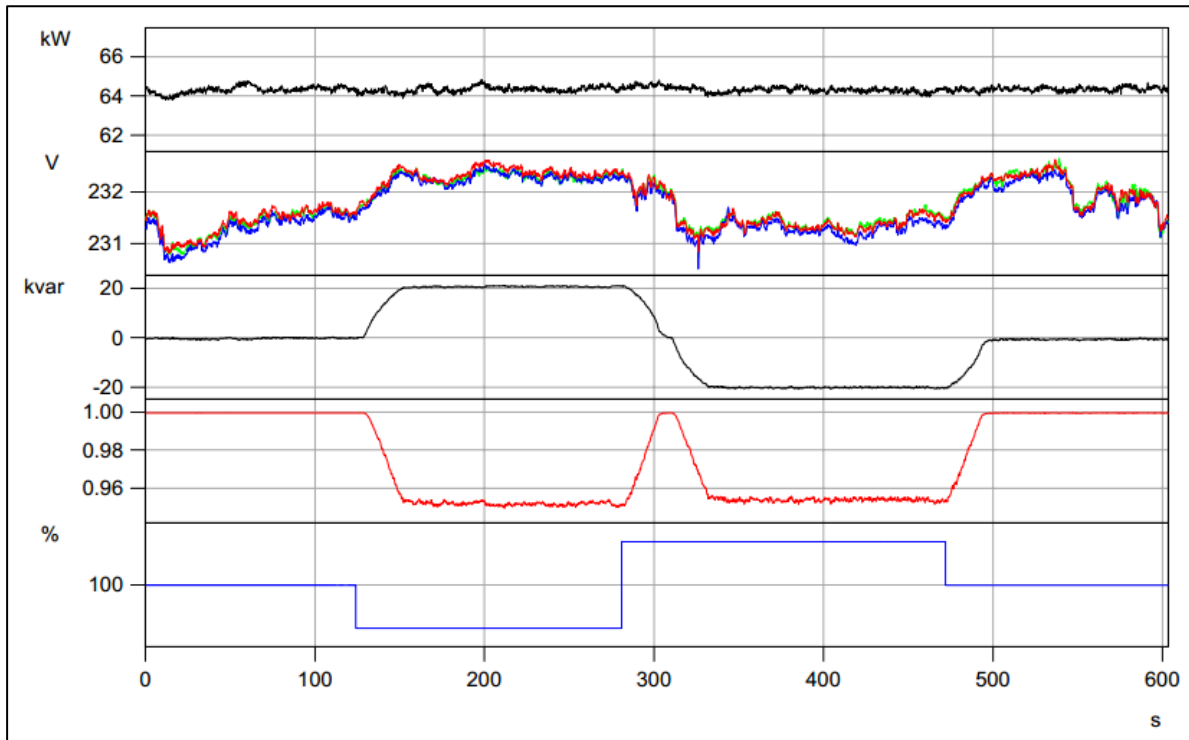


Abbildung 21: SH 65 65 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 60 s, (Wirkleistung "schwarz", Spannung an den EZE-Klemmen "rot, blau, grün", Blindleistung "schwarz", Verschiebungsfaktor "rot", Sollwertvorgabesignal Spannung "blau"), entnommen aus /11/

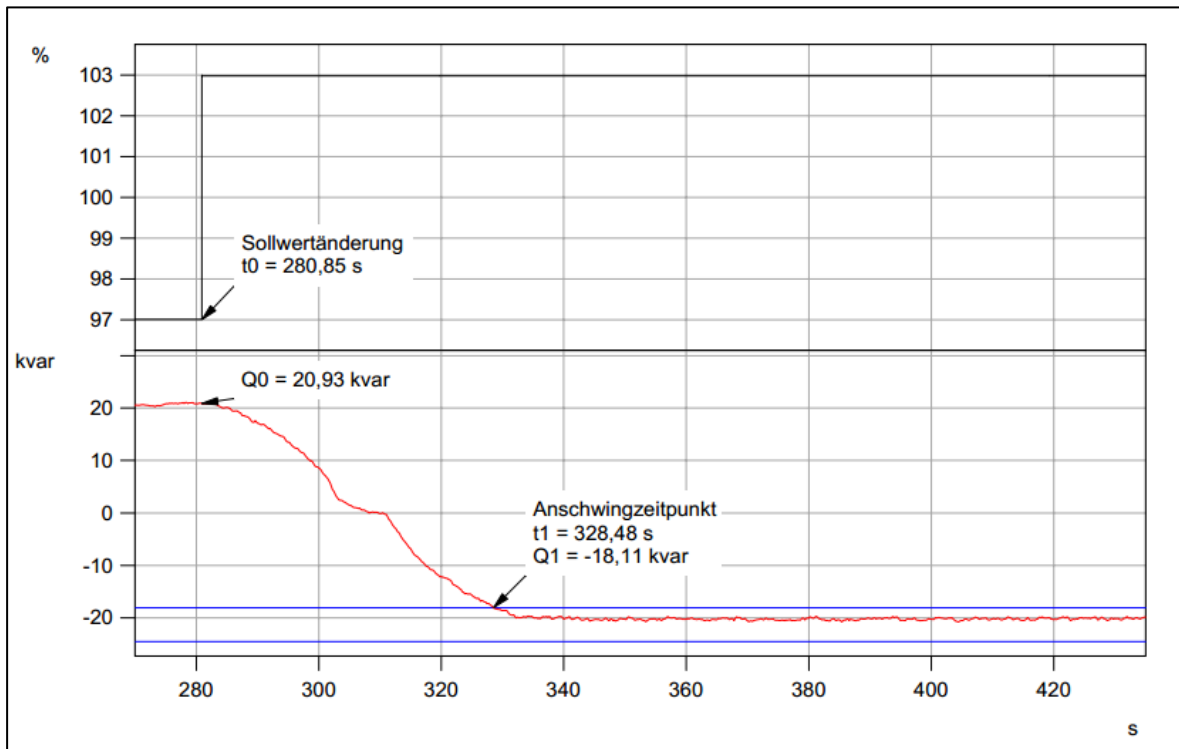


Abbildung 22: SH 65 65 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 60 s (zoom), (Sollwertvorgabesignal Spannung "schwarz", Blindleistung "rot", Toleranzband "blau"), entnommen aus /11/

SH 265 265 kW: Einstellzeit 10 Sekunden

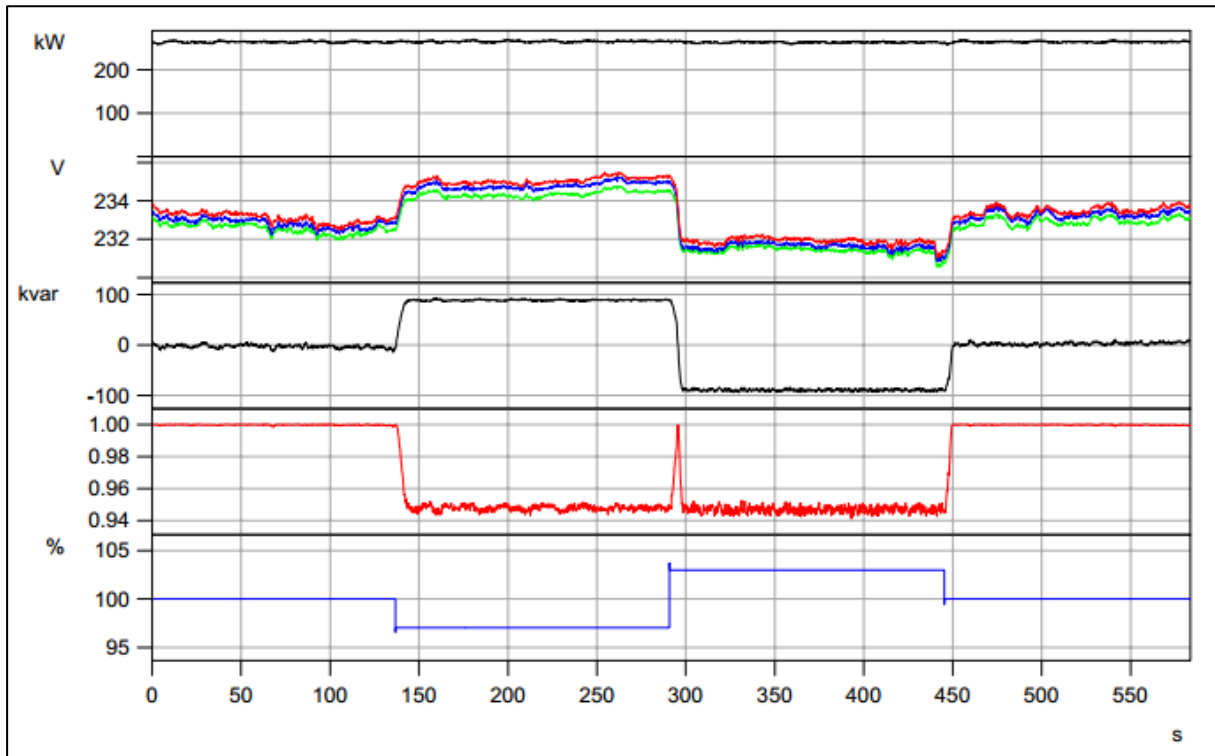


Abbildung 23: SH 265 265 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 10 s, (Wirkleistung "schwarz", Spannung an den EZE-Klemmen "rot, blau, grün", Blindleistung "schwarz", Verschiebungsfaktor "rot", Sollwertvorgabesignal Spannung "blau"), entnommen aus /10/

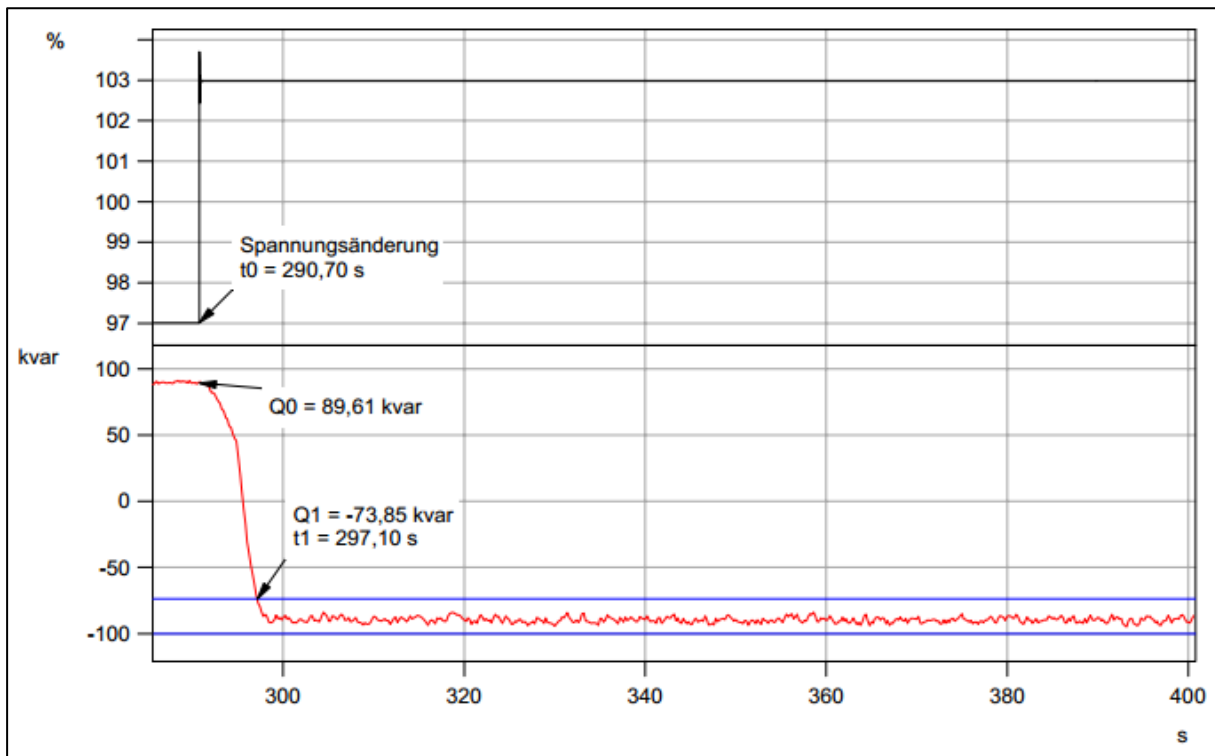


Abbildung 24: SH 265 265 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 10 s (zoom), (Sollwertvorgabesignal Spannung "schwarz", Blindleistung "rot", Toleranzband "blau"), entnommen aus /10/

SH 265 265 kW: Einstellzeit 60 Sekunden

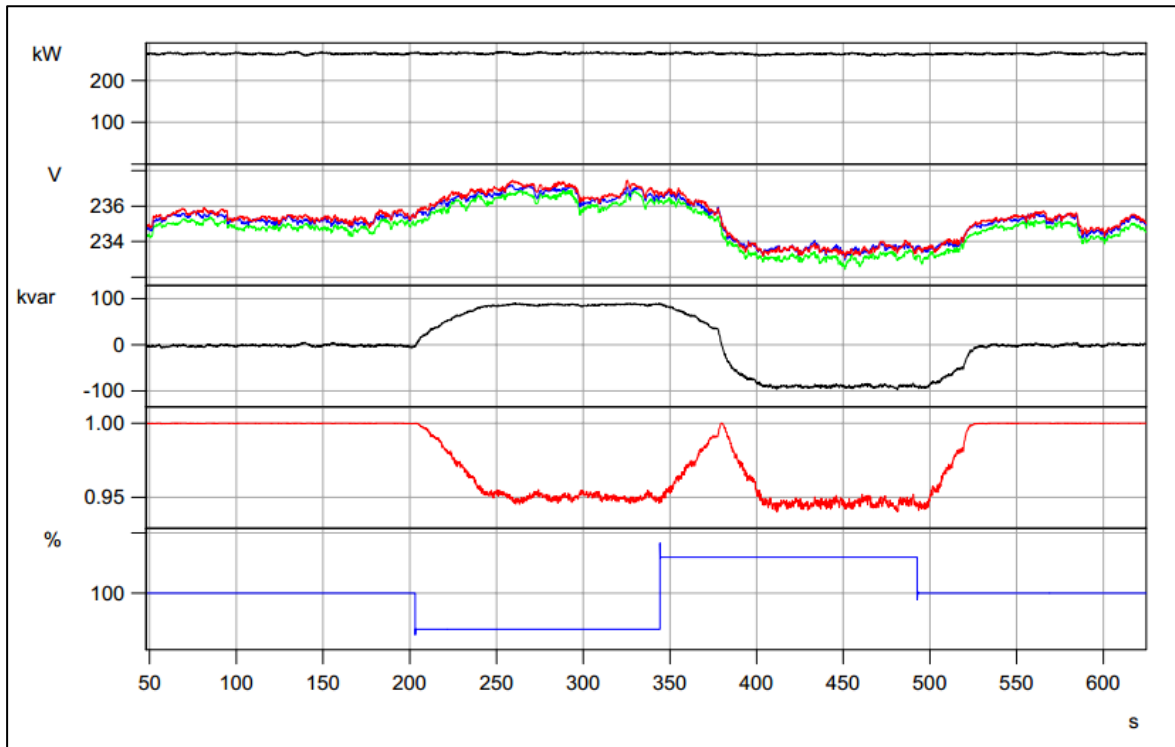


Abbildung 25: SH 265 265 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 60 s, (Wirkleistung "schwarz", Spannung an den EZE-Klemmen "rot, blau, grün", Blindleistung "schwarz", Verschiebungsfaktor "rot", Sollwertvorgabesignal Spannung "blau"), entnommen aus /10/

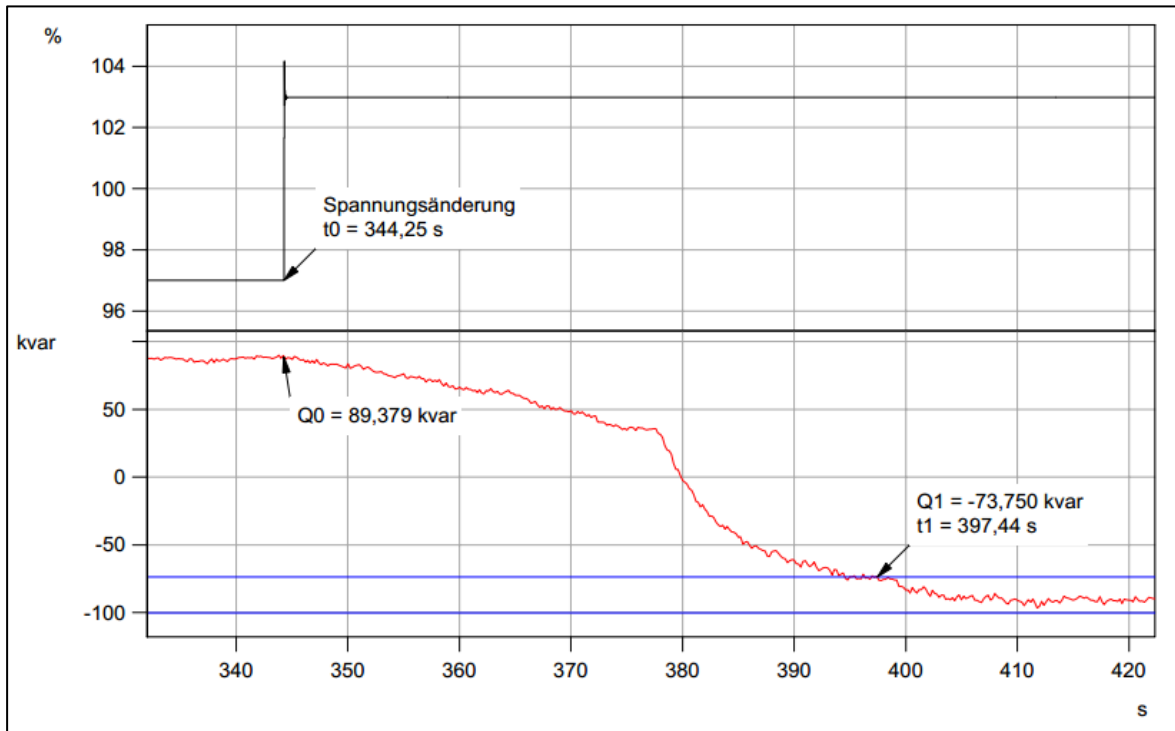


Abbildung 26: SH 265 265 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 60 s (zoom), (Sollwertvorgabesignal Spannung "schwarz", Blindleistung "rot", Toleranzband "blau"), entnommen aus /10/



Die in den Tests ermittelten maximalen und minimalen Einschwingzeiten sind in Tabelle 40 aufgelistet. Diese Zeiten ergeben sich aus der Differenz zwischen dem Zeitpunkt der Sollwertvorgabe und dem Zeitpunkt der letztmaligen Überschreitung des Toleranzbandes. Die Zeitpunkte zur Berechnung der Einschwingzeit wurden den Grafiken aus dem Testbericht /10/ und /11/ entnommen.

Die Messergebnisse können bezogen auf die Nennwirkleistung der entsprechenden Variante übertragen werden. Dabei sind die Zeiten direkt zu übertragen.

Tabelle 40: Maximale Einschwingzeiten der Übergänge bei $\cos \varphi$ (U) Regelung

| BHKW Typ | Einstellzeit der $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie | maximale Einschwingzeit |
|---------------|---|-------------------------|
| SH 65 65 kW | 10 Sekunden | 9,79 s |
| | 60 Sekunden | 47,63 s |
| SH 265 265 kW | 10 Sekunden | 6,40 s |
| | 60 Sekunden | 53,19 s |

Relevante Parameter für die $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie

Tabelle 41: Parameter für die $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie

| Einstellbereich | | Schrittweite | Spannungsbereich |
|-----------------|-----------------------|--------------|---|
| Untere Grenze | 0,9 untererregt bis 1 | 0,001 | 90,00 – 110,00 % U_n Schrittweite 0,01 % |
| Obere Grenze | 0,8 übererregt bis 1 | 0,001 | |

Hinweis:

Der Einstellbereich ist standardgemäß 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt (default). Die 4 Stützwerte werden durch den Hersteller gemäß BDEW-Richtlinie und aktueller TAB des EVUs fest eingestellt und sind durch den Betreiber oder EVU nicht parametrierbar. /17/

Übertragung

Die Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung ($\cos \varphi$ (U)-Kennlinie) wird bei allen Aggregaten durch die BHKW-Steuerung umgesetzt. Die $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie ist parametrierbar. Abhängig von den eingestellten Parametern ist das Verhalten an allen BHKWs der Tabelle 1 vergleichbar, so dass das gezeigte Verhalten direkt übertragen werden kann. Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.

8.5 Verschiebungsfaktor in Abhängigkeit der Wirkleistung ($\cos \varphi$ (P)-Kennlinie)

In der FGW TR 3 Rev. 23 /1/ ist keine Prüfvorschrift für die Blindleistungsbereitstellung nach einer $\cos \varphi$ (P)-Kennlinie definiert. Die entsprechenden Parameter für diese Funktionalität sind Tabelle 32 zu entnehmen.



9 Netzurückwirkungen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus dem Auszug zum Testbericht /12/ und /13/ ausgewiesen. Die Auszüge sind zudem in Anhang D zu finden.

In Tabelle 10 sind die Nenndaten der einzelnen Einheiten angegeben. Diese Werte dienen als Basis für die Berechnung der Netzurückwirkungen, die Ermittlung der projektspezifisch benötigten Ergebnisse wird im Folgenden beschrieben. Dabei kann die Nennleistung projektspezifisch variieren. Es sind jeweils die projektspezifischen Nennwerte zu verwenden.

Übertragung Flicker im Dauerbetrieb

Der Flicker im Dauerbetrieb wird primär durch die Wirkleistungsregelung und die Blindleistungsregelung bestimmt. Gemäß der Herstellererklärung /17/ sind dieser Regelungen in den aufgeführten Blockheizkraftwerken identisch. Die AVR (Leroy Somer D510 C) wirkt als Stellglied der Regelung für die Blindleistung.

Der Flickerkoeffizient $c(\psi_K)$ kann direkt übertragen werden.

Im Rahmen der Anlagenzertifizierung muss die projektspezifische Nennleistung der Erzeugungseinheit zur Berechnung des Langzeitflickers P_{It} herangezogen werden.

Übertragung Schalthandlungen

Gemäß Herstellerangabe /17/ ist die Funktion der Synchronisierungseinheit bei allen Varianten identisch. Ebenso wird die Funktion des Ausschaltens bei allen Varianten identisch umgesetzt. Ausgleichsvorgänge sind somit in Bezug auf die Nennwerte des Generators zu erwarten. Im Rahmen der Anlagenzertifizierung muss zur Berechnung der Flickerstärke P_{It} und zur Berechnung der Spannungsänderung Δu_{ers} für S_{rE} die projektspezifische Nennscheinleistung der EZE eingesetzt werden.

Übertragung der Oberschwingungen

Die Oberschwingungsströme werden maßgeblich vom Aufbau und der Ausführung des Generators beeinflusst.

Gemäß Generatordatenblättern besitzen alle eingesetzten Generatoren von Leroy Somer ein identisches Wicklungsschema, weshalb ein ähnliches Oberschwingungsspektrum zu erwarten ist. Auch die auf die Nennleistung der Generatoren bezogenen Reaktanzen unterscheiden sich nicht in ihrer Größenordnung.

Für die Übertragung ist dabei der projektspezifische Nennstrom der EZE zu verwenden.

Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.



9.1 Flicker im Dauerbetrieb

In Tabelle 42 sind die Messwerte der Flickerwerte bezogen auf die Nennleistung der Einheit (s. a. Tabelle 10) angegeben.

Im Rahmen der Anlagenzertifizierung muss zur Berechnung des Langzeitflickers P_{lt} für S_{re} die projektspezifische Nennscheinleistung der Einheit eingesetzt werden.

Tabelle 42: $C(\psi_k)$ Flicker im Dauerbetrieb

| BHKW-Typ | Netzimpedanzwinkel $\Psi\psi_k$ | 30° | 50° | 70° | 85° |
|---------------|---------------------------------|------|------|------|------|
| SH 65 65 kW | $c(\psi_k)$ | 2,01 | 1,64 | 1,21 | 1,03 |
| SH 265 265 kW | $c(\psi_k)$ | 1,87 | 1,78 | 1,66 | 1,57 |

9.2 Schalthandlungen

In Tabelle 43 bis Tabelle 47 sind die Messwerte der Flicker durch Schalthandlungen abgedruckt. Die Werte sind auf die Nennscheinleistung der Einheit bezogen (s. a. Tabelle 10).

Tabelle 43: SH 65 65 kW: Einschalten bei Nennleistung

| | Einschalten bei Nennleistung | | | |
|--|------------------------------|-------|-------|-------|
| N_{10} | 2 | | | |
| N_{120} | 10 | | | |
| Netzimpedanzwinkel | 30° | 50° | 70° | 85° |
| Flickerformfaktor ($k_f(\psi_k)$) | 0,247 | 0,157 | 0,144 | 0,191 |
| Spannungsänderungsfaktor ($k_u(\psi_k)$) | 0,845 | 0,634 | 0,348 | 0,103 |

Tabelle 44: SH 65 65 kW: Serviceabschaltung bei Nennleistung

| | Serviceabschaltung bei Nennleistung | | | |
|--|-------------------------------------|-------|-------|-------|
| N_{10} | 2 | | | |
| N_{120} | 10 | | | |
| Netzimpedanzwinkel | 30° | 50° | 70° | 85° |
| Flickerformfaktor ($k_f(\psi_k)$) | 0,130 | 0,093 | 0,067 | 0,081 |
| Spannungsänderungsfaktor ($k_u(\psi_k)$) | 0,833 | 0,621 | 0,335 | 0,091 |



Tabelle 45: SH 265 265 kW: Einschalten bei Nennleistung

| | Einschalten bei Nennleistung | | | |
|--|------------------------------|-------|-------|-------|
| N_{10} | 2 | | | |
| N_{120} | 10 | | | |
| Netzimpedanzwinkel | 30° | 50° | 70° | 85° |
| Flickerformfaktor ($k_f(\psi_k)$) | 0,227 | 0,160 | 0,130 | 0,161 |
| Spannungsänderungsfaktor ($k_u(\psi_k)$) | 0,889 | 0,693 | 0,415 | 0,171 |

Tabelle 46: SH 265 265 kW: Serviceabschaltung bei Nennleistung

| | Serviceabschaltung bei Nennleistung | | | |
|--|-------------------------------------|-------|-------|-------|
| N_{10} | 2 | | | |
| N_{120} | 10 | | | |
| Netzimpedanzwinkel | 30° | 50° | 70° | 85° |
| Flickerformfaktor ($k_f(\psi_k)$) | 0,148 | 0,110 | 0,072 | 0,066 |
| Spannungsänderungsfaktor ($k_u(\psi_k)$) | 0,887 | 0,691 | 0,414 | 0,170 |

Tabelle 47: k_{imax}

| BHKW Typ | Schlechtester Wert aller Schaltvorgänge k_{imax} |
|---------------|--|
| SH 65 65 kW | 1,067 |
| SH 265 265 kW | 1,130 |

Neben dem Wirkleistungsgradient (welcher identisch eingestellt ist und nicht verändert werden kann) kann die Synchronisierung Einfluss auf die schaltbedingten Flicker nehmen.



9.3 Oberschwingungen, Zwischenharmonische und Hochfrequente

Die Messergebnisse sind in Tabelle 48 bis Tabelle 53 zu finden. Sie sind jeweils auf den Nennstrom der verwendeten Einheit bezogen (siehe Tabelle 9). Um die Werte für die entsprechenden Varianten zu bekommen sind diese Werte mit dem projektspezifischen Nennstrom der verwendeten Einheit zu ermitteln.

Tabelle 48: SH 65 65 kW: Harmonische Oberschwingungen

| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | I _{H,max} |
|----------------------|--|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| Ordnung | I _H in % von I _n | | | | | | | | | | | in % I _n |
| 2 | -- | -- | -- | -- | -- | 1,47 | 1,93 | 2,21 | 2,51 | 2,85 | 3,27 | 3,27 |
| 3 | -- | -- | -- | -- | -- | 2,00 | 2,09 | 2,14 | 2,23 | 2,29 | 2,54 | 2,54 |
| 4 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,11 |
| 5 | -- | -- | -- | -- | -- | 4,90 | 5,05 | 4,79 | 5,34 | 5,89 | 6,66 | 6,66 |
| 6 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,13 |
| 7 | -- | -- | -- | -- | -- | 1,17 | 1,11 | 0,88 | 0,92 | 1,18 | 1,21 | 1,21 |
| 8 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,08 |
| 9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,17 | 0,21 | 0,25 | 0,25 |
| 10 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 11 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,50 | 0,46 | 0,43 | 0,52 |
| 12 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| 13 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,32 | 0,45 | 0,59 | 0,68 | 0,78 | 0,88 | 0,88 |
| 14 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| 15 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,13 | 0,05 | 0,13 |
| 16 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 17 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,13 | 0,14 | 0,19 | 0,23 | 0,24 | 0,26 | 0,26 |
| 18 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 19 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,22 | 0,25 | 0,25 |
| 20 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 21 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 22 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 23 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |
| 24 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| 25 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,27 | 0,28 | 0,30 | 0,31 | 0,31 | 0,32 | 0,32 |



| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | I _{H,max} |
|----------------------|--|----|----|----|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| Ordnung | I _H in % von I _n | | | | | | | | | | | in % I _n |
| 26 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 27 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| 28 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 29 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,11 |
| 30 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 31 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,07 |
| 32 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 33 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 34 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 35 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 36 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 37 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 38 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 39 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 40 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 41 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 42 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 43 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 44 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 45 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 46 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 47 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,06 |
| 48 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 49 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 50 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| THC in % | -- | -- | -- | -- | -- | 5,66 | 5,96 | 5,83 | 6,46 | 7,12 | 8,02 | -- |



Tabelle 49: SH65 65 kW: Zwischenharmonische Oberschwingungsströme

| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | I _{H,max} |
|----------------------|--|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| f(Hz) | I _H in % von I _n | | | | | | | | | | | in % I _n |
| 75 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,19 | 0,19 | 0,23 | 0,23 | 0,26 | 0,30 | 0,30 |
| 125 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| 175 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,09 | 0,10 | 0,10 |
| 225 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,07 |
| 275 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| 325 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 375 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 425 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 475 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 525 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 575 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 625 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 675 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 725 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| 775 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| 825 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 875 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 925 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 975 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1025 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1075 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1125 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1175 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1225 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1275 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 1325 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1375 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1425 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |



| P_{bin}(%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | I_{H,max} |
|---------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|---------------------------|
| f(Hz) | I_H in % von I_n | | | | | | | | | | | in % I_n |
| 1475 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1525 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1575 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1625 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1675 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1725 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1775 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1825 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1875 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1925 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1975 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |



Tabelle 50: SH 65 65 kW: Hochfrequente Oberschwingungsströme

| $P_{bin}(\%)$ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | $I_{H,max}$ |
|---------------|----------------------|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|-------------|
| f(Hz) | I_H in % von I_n | | | | | | | | | | | in % I_n |
| 2100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 2300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| 2500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 2700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 2900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| 3100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 3300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 4100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 4300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 4500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 4700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 4900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 5100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 5300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 5500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 5700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 5900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 |
| 6100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 6300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 7100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |



| $P_{bin}(\%)$ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | $I_{H,max}$ |
|---------------|----------------------|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|-------------|
| f(Hz) | I_H in % von I_n | | | | | | | | | | | in % I_n |
| 7700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 8100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |



Tabelle 51: SH 265 265 kW: Harmonische Oberschwingungen

| $P_{bin}(\%)$ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | $I_{H,max}$ |
|---------------|----------------------|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|-------------|
| Ordnung | I_H in % von I_n | | | | | | | | | | | in % I_n |
| 2 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,10 | 0,10 |
| 3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,81 | 0,91 | 0,97 | 1,00 | 1,06 | 1,22 | 1,22 |
| 4 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 5 | -- | -- | -- | -- | -- | 2,16 | 2,21 | 2,53 | 2,52 | 2,78 | 3,05 | 3,05 |
| 6 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,29 | 0,40 | 0,67 | 0,85 | 1,09 | 1,37 | 1,37 |
| 8 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| 9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,07 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,17 |
| 10 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| 11 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,27 | 0,29 | 0,36 | 0,37 | 0,34 | 0,33 | 0,37 |
| 12 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 13 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,33 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,32 | 0,26 | 0,36 |
| 14 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 15 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 16 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 17 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,11 |
| 18 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 19 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,06 |
| 20 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,15 |
| 21 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 22 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 23 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,32 | 0,32 |
| 24 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 25 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,11 |
| 26 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 27 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 28 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 29 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |



| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | I _{H,max} |
|----------------------|--|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| Ordnung | I _H in % von I _n | | | | | | | | | | | in % I _n |
| 30 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| 31 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| 32 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 33 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 34 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 35 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 36 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| 37 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 38 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 39 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 40 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| 41 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 42 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 43 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 44 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| 45 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 46 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 47 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,04 |
| 48 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 49 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 50 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| THC in % | -- | -- | -- | -- | -- | 2,39 | 2,49 | 2,87 | 2,92 | 3,23 | 3,61 | -- |

Tabelle 52: SH 265 265 kW: Zwischenharmonische Oberschwingungsströme

| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | I _{H,max} |
|----------------------|--|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| f(Hz) | I _H in % von I _n | | | | | | | | | | | in % I _n |
| 75 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,19 | 0,20 | 0,23 | 0,28 | 0,29 | 0,31 | 0,31 |
| 125 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| 175 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |



| P_{bin}(%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | I_{H,max} |
|---------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|---------------------------|
| f(Hz) | I_H in % von I_n | | | | | | | | | | | in % I_n |
| 225 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| 275 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 325 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 375 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 425 | -- | -- | -- | -- | -- | 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 |
| 525 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 575 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 625 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 675 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 725 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 775 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 825 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 875 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 925 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 975 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1025 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1075 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1125 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1175 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| 1225 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1275 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1325 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1375 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1425 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1475 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1525 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1575 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1625 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |



| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | I _{H,max} |
|----------------------|--|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| f(Hz) | I _H in % von I _n | | | | | | | | | | | in % I _n |
| 1675 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1725 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1775 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1825 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1875 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1925 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1975 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

Tabelle 53: SH 265 265 kW: Hochfrequente Oberschwingungsströme

| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | I _{H,max} |
|----------------------|--|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| f(Hz) | I _H in % von I _n | | | | | | | | | | | in % I _n |
| 2100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 2300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,04 |
| 2500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 2700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 2900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,13 | 0,11 | 0,19 |
| 3100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 3300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 3900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,16 | 0,13 | 0,09 | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,16 |
| 4100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 4300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 4900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,09 | 0,14 | 0,17 | 0,17 |
| 5100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 5300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 5500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |



| $P_{bin}(\%)$ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | $I_{H,max}$ |
|---------------|----------------------|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|-------------|
| f(Hz) | I_H in % von I_n | | | | | | | | | | | in % I_n |
| 5700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 5900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,07 | 0,13 | 0,18 | 0,19 | 0,18 | 0,19 |
| 6100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 6300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 6500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 6900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,10 | 0,16 | 0,19 | 0,18 | 0,13 | 0,07 | 0,19 |
| 7100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 7300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| 7500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 7900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,17 | 0,19 | 0,16 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,19 |
| 8100 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 8300 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 8500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 8700 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8900 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |



10 Verhalten bei Störungen im Netz

Gemäß BDEW MSR 2008 /5/ ist die betrachtete EZE dem Typ 1 zugeordnet, da diese über einen direkt gekoppelten Synchrongenerator verfügt.

10.1 Low Voltage Ride Through (LVRT) Typ 1

Gemäß Herstellerklärung /17/ wird das LVRT-Verhalten durch folgende Punkte beschrieben:

- Die EZE trennt sich bei Spannungseinbrüchen im Mittelspannungsnetz auf Werte unterhalb von 30 % U_c (am Netzanschlusspunkt) unverzüglich vom Netz.
- Bei Spannungseinbrüchen auf Werte oberhalb des Spannungsprofils gemäß Kennlinie nach BDEW MSR 2008 /5/, erfüllt die EZE die technischen Funktionen der vollständigen dynamischen Netzstützung.
- Während eines Fehlers im Netz wird die Netzspannung durch Einspeisung eines Blindstroms in das Netz gestützt. Die Wirkleistung geht in einen schwingenden Zustand über.
- Durch die aktivierte Grid- Code- Funktion wird im AVR bei Spannungen außerhalb von + - 10% der Nennspannung von Modus $\cos \phi$ / Blindleistungsregelung auf Spannungsregelung umgeschaltet, um dem Spannungseinbruch entgegen zu wirken.
- Der k-Faktor ist nicht einstellbar.

Durchgeführte Tests

Die durchgeführten LVRT-Tests sind in Tabelle 54 und Tabelle 55 aufgelistet. Neben den gemäß FGW TR3 /1/ geforderten Tests wurden weitere Prüfungen der LVRT-Fähigkeit durchgeführt.

Bei der Vermessung des SH 65 und SH 265 betrug die Kurzschlussleistung S_k am Netzanschlusspunkt 270,86 MVA, die Kurzschlussimpedanz $\psi_k = 88,5^\circ$ und die Serienimpedanz 17,99 Ω (Vgl. /10/ und /11/).

Die Aufnahme der Messung beginnt für alle Tests mindestens 1 Sekunden vor Fehlereintritt und endet 30 Sekunden nach Fehlerklärung (Vgl. Abbildung 32). Die Serienimpedanz der Prüfeinrichtung weist für den Spannungseinbruch jeweils eine Nachlaufzeit von 10 Sekunden auf.

Bei keiner der durchgeführten Tests hat sich die VKM vom Netz getrennt.

In Abbildung 27 bis Abbildung 32 sind exemplarisch die Verläufe von Strom und Spannung für den Test 45 dargestellt.

Hilfsaggregate

Die FRT-Fähigkeit der Hilfsaggregate wurde gem. Herstellerangaben innerhalb der LVRT-Tests geprüft (siehe /17/). Demnach erfolgten die LVRT-Tests mit angeschlossenen Hilfsaggregaten (Hilfsaggregat hat den Spannungseinbruch „miterlebt“).

Allgemein werden die Hilfsaggregate unterschieden in Komponenten ohne Elektronik (z.B. Asynchronmaschine) und Komponenten mit Elektronik (digitale AVR).



Jedes in der VKM verwendete Hilfsaggregat mit Elektronik muss einmal getestet werden. Wird projektspezifisch ein ungetestetes Hilfsaggregat mit Elektronik (z.B. ein anderer Typ) verbaut, so ist ein Test dieses Gerätes nachzuholen.

Für reine Asynchronmaschinen (keine Elektronik vorhanden) reicht es aus, wenn einmalig gezeigt wird, dass die VKM keine Fehlfunktion bei Ausfall der Asynchronmaschine (bzw. deren übernommenen Aufgabe) aufweist. Projektspezifisch können auch vergleichbare Asynchronmaschinen unterschiedlicher Leistung ohne einen erneuten Test der FRT-Festigkeit verwendet werden. Die aktuelle Auflistung aller zusätzlich geprüften, technisch relevanten Hilfsaggregate ist unter „<http://moe-service.net/de/downloads/erstellte-zertifikate>“ -> „Liste der erstellen EZE-Zertifikate“ zu finden.

Tabelle 54: SH 65 65 kW: Liste der durchgeführten LVRT-Versuche

| Test Nr. gemäß /1/ | Test Nr. | Fehler-type | Rest-spannung in p.u. ²⁾ | Fehler-dauer ³⁾ | Wirk-leistung | cos φ (vor dem Zuschalten der Serienimpedanz) | Bemerkung |
|--------------------|----------|-------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------|---|----------------------------|
| | 30 | 3 phasig | 0,33 | 165 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 1.1.1 | 37 | | 0,33 | 158 ms | 0,55 P _n | 1,00 | - |
| 1.1.2 | 33 | | 0,33 | 157 ms | 1,00 P _n | 0,99 _{untererregt} | - |
| | 31 | 2 phasig | 0,67 | 165 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 1.2.1 | 39 | | 0,67 | 165 ms | 0,55 P _n | 1,00 | - |
| 1.2.2 | 34 | | 0,67 | 156 ms | 1,00 P _n | 0,99 _{untererregt} | - |
| | 43 | 3 phasig | 0,49 | 165 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 2.1.1 | 49 | | 0,49 | 161 ms | 0,55 P _n | 1,00 | - |
| 2.1.2 | 45 | | 0,49 | 158 ms | 1,00 P _n | 1,00 | - |
| | 44 | 2 phasig | 0,75 | 165 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 2.2.1 | 51 | | 0,75 | 164 ms | 0,55 P _n | 1,00 | |
| 2.2.2 | 47 | | 0,75 | 166 ms | 0,99 P _n | 1,00 | |
| | 4 | 3 phasig | 0,74 | 900 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 3.1.1 | 26 | | 0,74 | 890 ms | 0,55 P _n | 1,00 | |
| 3.1.2 a | 22 | | 0,74 | 891 ms | 1,00 P _n | 1,00 | |
| 3.1.2 b | 18 | | 0,74 | 889 ms | 0,99 P _n | 0,95 _{untererregt} | |
| 3.1.2 c | 20 | | 0,74 | 889 ms | 1,00 P _n | 0,96 _{übererregt} ⁴⁾ | |
| | 5 | 2 phasig | 0,87 | 900 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 3.2.1 | 28 | | 0,87 | 895 ms | 0,55 P _n | 1,00 | |
| 3.2.2 | 24 | | 0,87 | 894 ms | 0,99 P _n | 1,00 | |



Hinweis:

- 1) Beim Leerlaufversuch ist das BHKW ausgeschaltet.
- 2) Angegeben ist jeweils das Ergebnis des Leertests, bei zweiphasigen Fehlern die Mitsystemspannung auf der Mittelspannungsseite.
- 3) Bei den Leerversuchen ist jeweils die Kurzschlussdauer gemäß (vgl. /11/) angegeben.
- 4) Bei dem im Versuch ermittelten Leistungsfaktor gibt es eine leichte Abweichung zur TR 3 (/1/). Diese Abweichung stellt gemäß fachlichem Ermessen des Experten der Zertifizierungsstelle kein Problem dar, da der übererregte Betrieb hinsichtlich Stabilität den unkritischeren Fall darstellt.

Tabelle 55: SH 265 265 kW: Liste der durchgeführten LVRT-Versuche

| Test Nr. gemäß /1/ | Test Nr. | Fehler-type | Rest-spannung in p.u. ²⁾ | Fehler-dauer ³⁾ | Wirk-leistung | cos φ (vor dem Zuschalten der Serienimpedanz) | Bemerkung |
|--------------------|----------|-------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------|---|----------------------------|
| | 49 | 3 phasig | 0,33 | 155 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 1.1.1 | 59 | | 0,33 | 173 ms | 0,55 P _n | 1,00 | - |
| 1.1.2 | 55 | | 0,33 | 161 ms | 1,02 P _n | 1,00 | - |
| | 51 | 2 phasig | 0,67 | 155 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 1.2.1 | 61 | | 0,67 | 176 ms | 0,56 P _n | 1,00 | - |
| 1.2.2 | 57 | | 0,67 | 163 ms | 0,99 P _n | 1,00 | - |
| | 63 | 3 phasig | 0,49 | 155 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 2.1.1 | 69 | | 0,49 | 174 ms | 0,56 P _n | 1,00 | - |
| 2.1.2 | 65 | | 0,49 | 169 ms | 1,01 P _n | 1,00 | - |
| | 64 | 2 phasig | 0,75 | 155 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 2.2.1 | 71 | | 0,75 | 176 ms | 0,55 P _n | 1,00 | - |
| 2.2.2 | 67 | | 0,75 | 175 ms | 1,01 P _n | 1,00 | - |
| | 2 | 3 phasig | 0,74 | 900 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 3.1.1 | 22 | | 0,74 | 921 ms | 0,56 P _n | 1,00 | - |
| 3.1.2 a | 14 | | 0,74 | 908 ms | 1,00 P _n | 1,00 | - |
| 3.1.2 b | 18 | | 0,74 | 913 ms | 1,00 P _n | 0,95 _{untererregt} | - |
| 3.1.2 c | 20 | | 0,74 | 914 ms | 1,02 P _n | 0,95 _{übererregt} | - |
| | 3 | 2 phasig | 0,87 | 900 ms | - | - | Leerlauftest ¹⁾ |
| 3.2.1 | 24 | | 0,87 | 915 ms | 0,55 P _n | 1,00 | - |
| 3.2.2 | 16 | | 0,87 | 915 ms | 1,01 P _n | 1,00 | - |

Hinweis:

- 1) Beim Leerlaufversuch ist das BHKW ausgeschaltet.

- 2) *Angegeben ist jeweils das Ergebnis des Leertests, bei zweiphasigen Fehlern die Mitsystemspannung auf der Mittelspannungsseite.*
- 3) *Bei den Leerversuchen ist jeweils die Kurzschlussdauer gemäß (vgl. /10/) angegeben.*

Ergebnisse des Versuchs 45 beim SH 65 65 kW

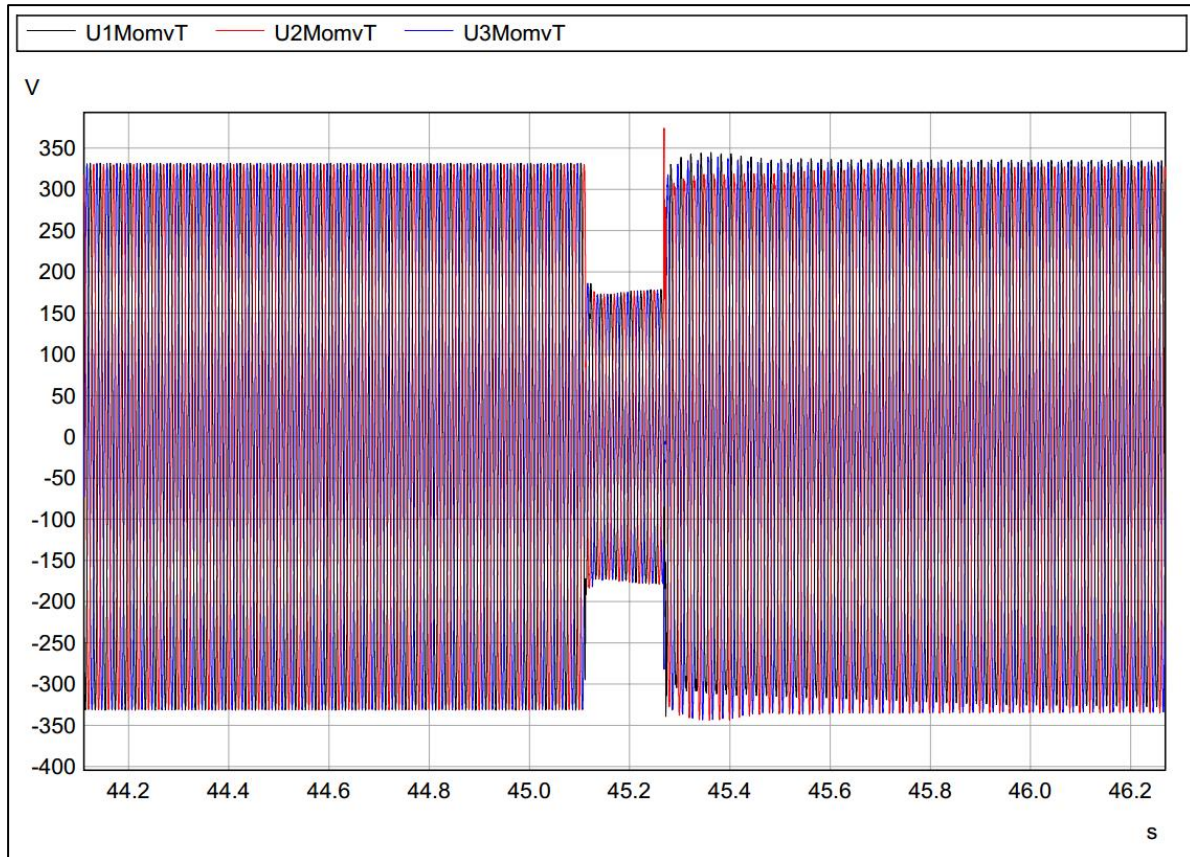


Abbildung 27: SH 65 65 kW: Zeitverläufe der Spannungen, LVRT Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/

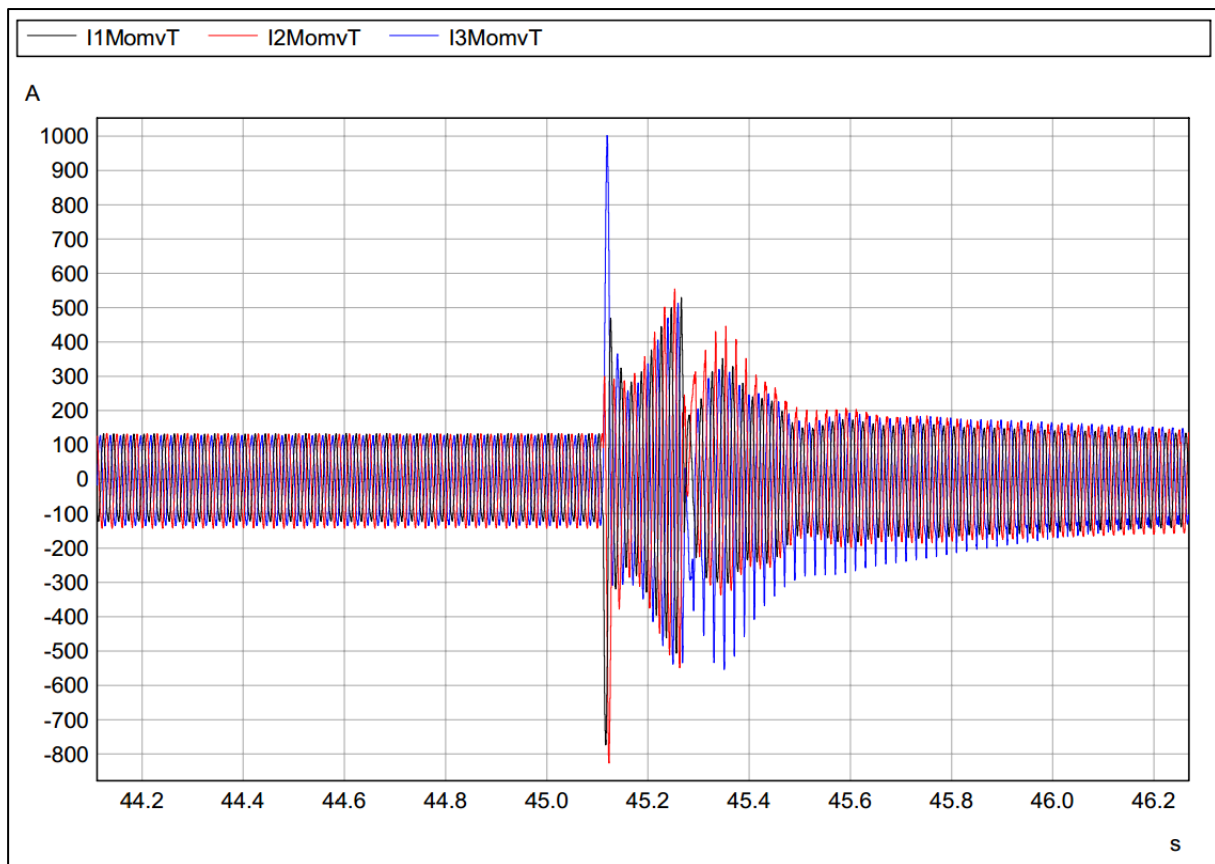


Abbildung 28: SH 65 65 kW: Zeitverläufe der Ströme, LVRT Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/

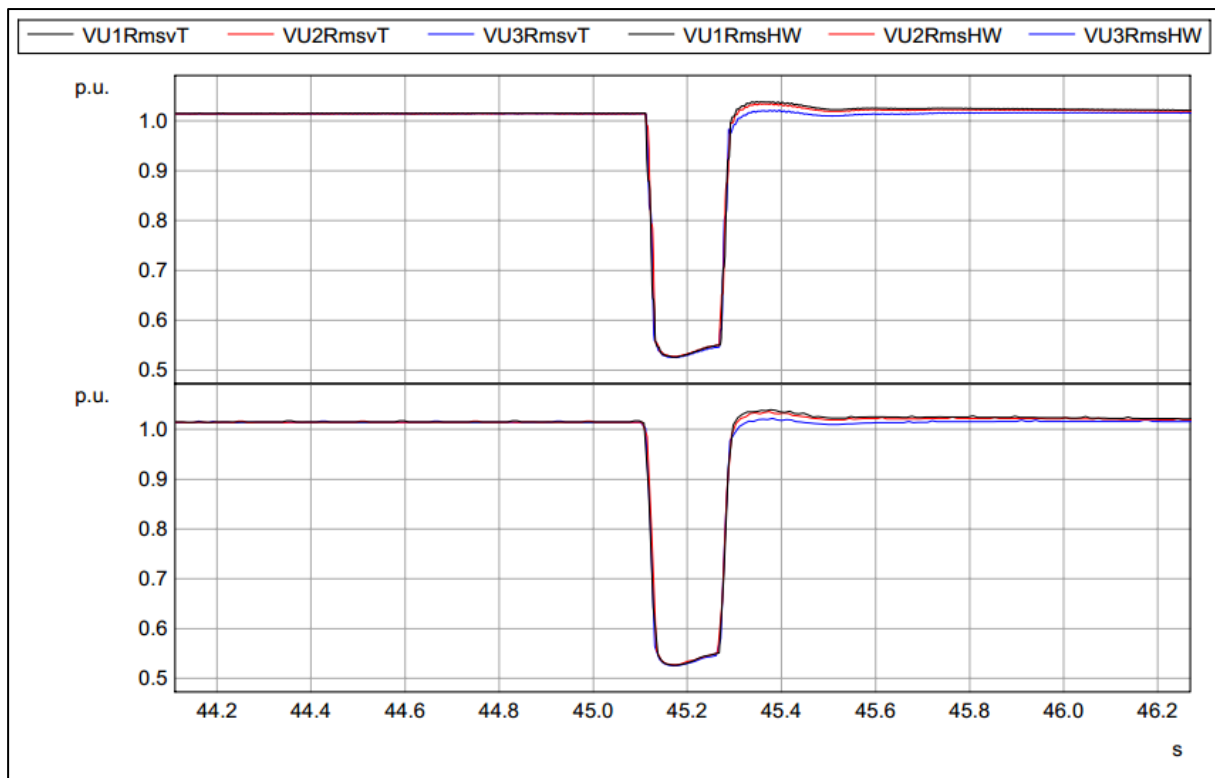


Abbildung 29: SH 65 kW: Effektivwerte der Leiter-Erde-Spannungen (oben 20ms, unten 10ms berechnet), LVRT
Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/

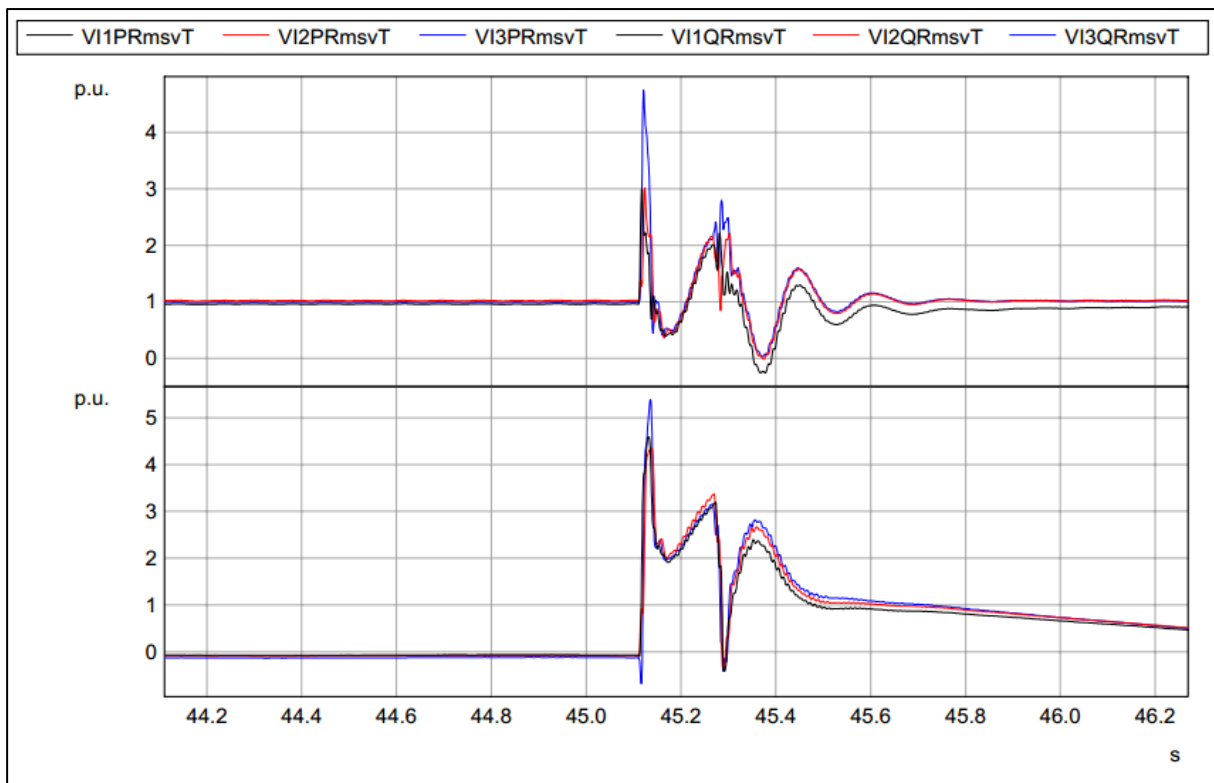


Abbildung 30: SH 65 kW: 20-ms Effektivwerte der Wirkströme (oben), der Blindströme (unten), Zeitverläufe der Spannungen, LVRT Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/

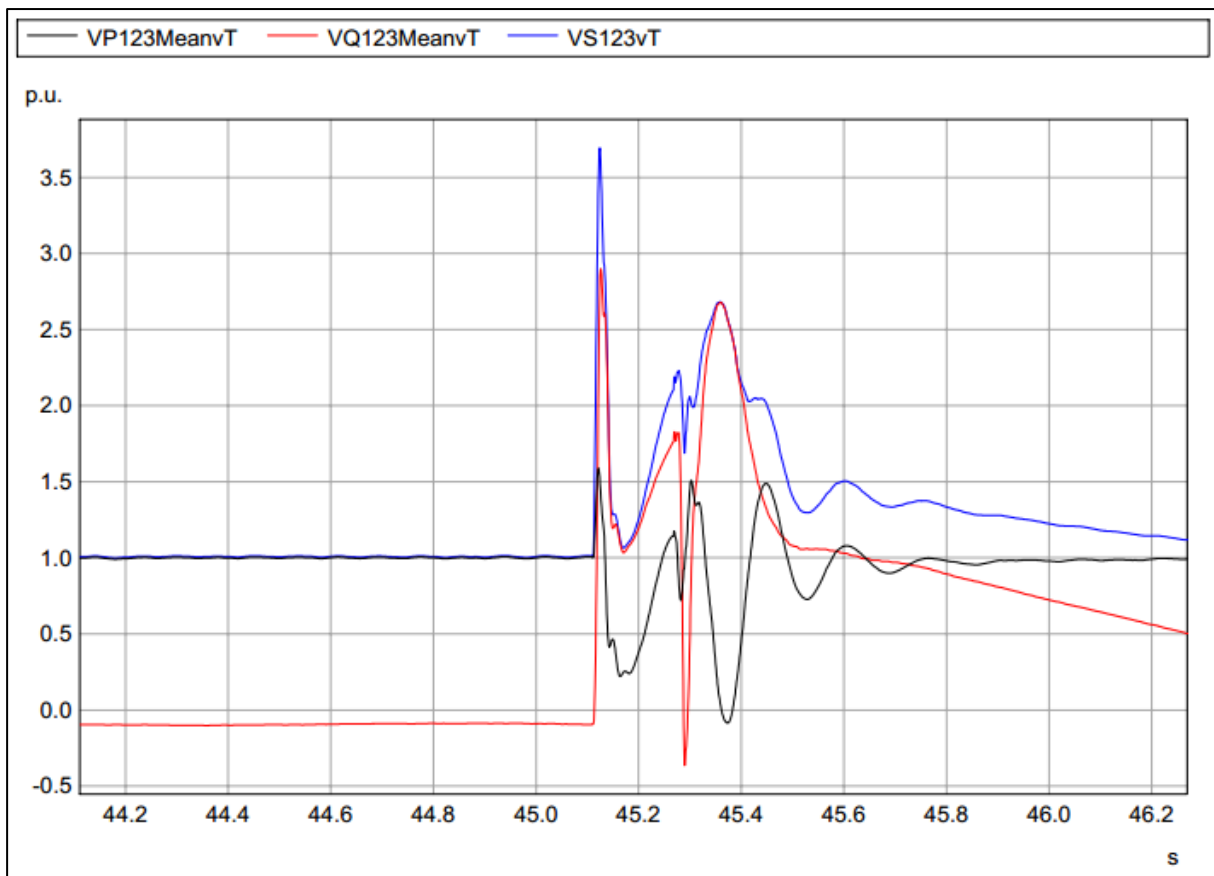


Abbildung 31: SH 65 kW: 20-ms Effektivwerte der Wirk-, Blind- und Scheinleistung, LVRT Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/

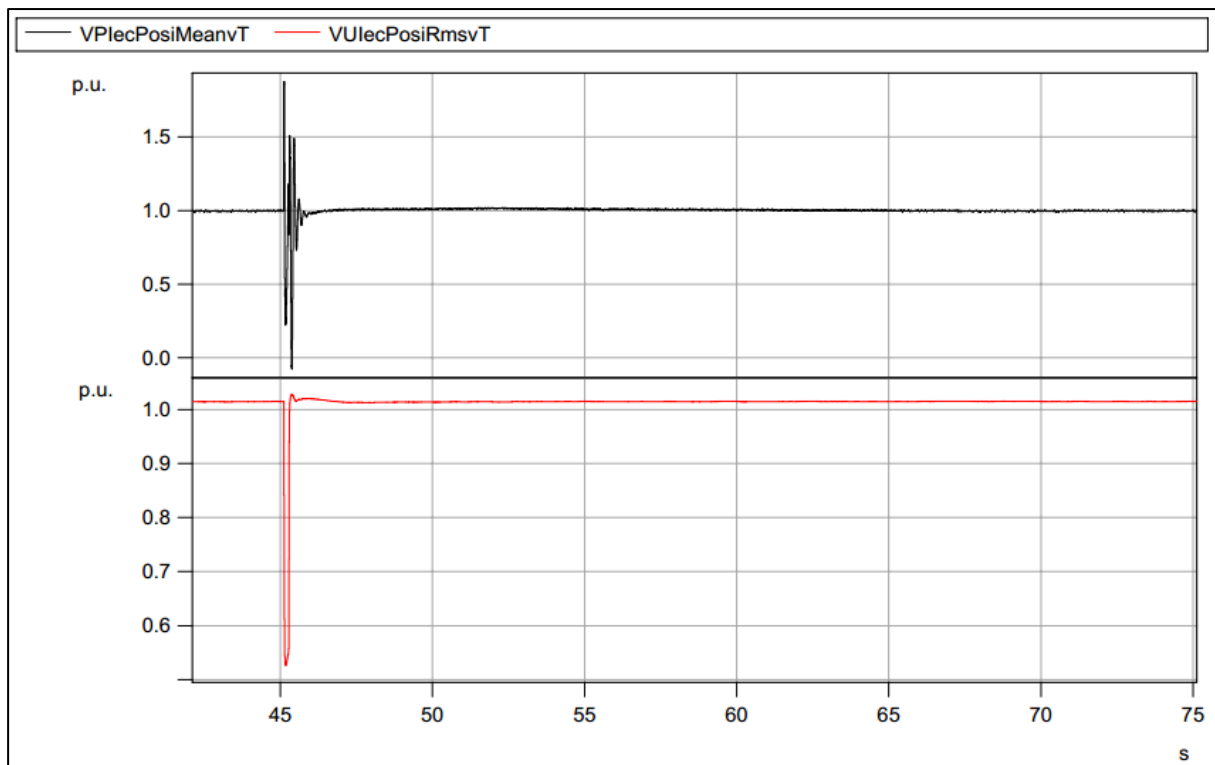


Abbildung 32: SH 65 65 kW: Wirkleistung und Spannung im Mitsystem, LVRT Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/



Tabelle 56: SH 65 65 kW: Ausgewählte Ergebnisse der LVRT-Tests

| Test Nr. gemäß /1/ | Test Nr. | Spannungseinbruch durchfahren? 1) | cos φ vor dem Zuschalten der Kurzschlussimpedanz | Wirkleistung vor dem Kurzschluss | Wirkleistung 5 s nach Fehlerklärung 2) | Wirkleistung > 5 s nach Fehlerklärung |
|--------------------|----------|--------------------------------------|---|----------------------------------|---|---------------------------------------|
| - | 30 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 1.1.1 | 37 | ja | 1,00 | 35,8 kW | 36,7 kW | 36,7 kW |
| 1.1.2 | 33 | ja | 0,99 _{untererregt} | 64,5 kW | 65,5 kW | 65,5 kW |
| - | 31 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 1.2.1 | 39 | ja | 1,00 | 35,7 kW | 36,4 kW | 36,2 kW |
| 1.2.2 | 34 | ja | 0,99 _{untererregt} | 65,0 kW | 66,1 kW | 66,1 kW |
| - | 43 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 2.1.1 | 49 | ja | 1,00 | 35,9 kW | 36,4 kW | 36,4 kW |
| 2.1.2 | 45 | ja | 1,00 | 64,9 kW | 65,8 kW | 65,9 kW |
| - | 44 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 2.2.1 | 51 | ja | 1,00 | 35,7 kW | 36,5 kW | 36,5 kW |
| 2.2.2 | 47 | ja | 1,00 | 64,8 kW | 65,8 kW | 65,7 kW |
| - | 4 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 3.1.1 | 26 | ja | 1,00 | 35,7 kW | 40,1kW | 40,0 kW |
| 3.1.2 a | 22 | ja | 1,00 | 64,6 kW | 68,8 kW | 68,9 kW |
| 3.1.2 b | 18 | ja | 0,95 _{untererregt} | 65,0 kW | 68,8 kW | 68,8 kW |
| 3.1.2 c | 20 | ja | 0,96 _{übererregt} ³⁾ | 64,7 kW | 69,4 kW | 70,6 kW |
| - | 5 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 3.2.1 | 28 | ja | 1,00 | 35,6 kW | 37,0 kW | 36,8 kW |
| 3.2.2 | 24 | ja | 1,00 | 64,8 kW | 66,4 kW | 66,6 kW |

Hinweis:

- 1) Das BHKW bleibt während und nach dem Fehler stabil am Netz.
- 2) 1-s-Mittelwert ab dem Zeitpunkt 5 s nach Fehlerklärung
- 3) Bei dem im Versuch ermittelten Leistungsfaktor gibt es eine leichte Abweichung zur TR 3 (/1/). Diese Abweichung stellt gemäß fachlichem Ermessen des Experten der Zertifizierungsstelle kein Problem dar, da der übererregte Betrieb hinsichtlich Stabilität den unkritischeren Fall darstellt.



Tabelle 57: SH 265 265 kW: Ausgewählte Ergebnisse der LVRT-Tests

| Test Nr. gemäß /1/ | Test Nr. | Spannungseinbruch durchfahren? 1) | cos φ vor dem Zuschalten der Kurzschlussimpedanz | Wirkleistung vor dem Kurzschluss | Wirkleistung 5 s nach Fehlerklärung 2) | Wirkleistung > 5 s nach Fehlerklärung |
|--------------------|----------|--------------------------------------|---|----------------------------------|---|---------------------------------------|
| - | 49 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 1.1.1 | 59 | ja | 1,00 | 147,5 kW | 155,5 kW | 155,0 kW |
| 1.1.2 | 55 | ja | 1,00 | 265,8 kW | 276,6 kW | 275,1 kW |
| - | 51 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 1.2.1 | 61 | ja | 1,00 | 147,1 kW | 152,9 kW | 152,6 kW |
| 1.2.2 | 57 | ja | 1,00 | 267,7 kW | 275,7 kW | 276,2 kW |
| - | 63 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 2.1.1 | 69 | ja | 1,00 | 147,2 kW | 154,0 kW | 153,1 kW |
| 2.1.2 | 65 | ja | 1,00 | 268,2 kW | 276,1 kW | 275,0 kW |
| - | 64 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 2.2.1 | 71 | ja | 1,00 | 146,9 kW | 151,5 kW | 151,1 kW |
| 2.2.2 | 67 | ja | 1,00 | 267,6 kW | 271,0 kW | 272,1 kW |
| - | 2 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 3.1.1 | 22 | ja | 1,00 | 147,7 kW | 152,7 kW | 151,5 kW |
| 3.1.2 a | 14 | ja | 1,00 | 266,1 kW | 277,0 kW | 275,9 kW |
| 3.1.2 b | 18 | ja | 0,95 _{untererregt} | 266,0 kW | 272,8 kW | 272,1 kW |
| 3.1.2 c | 20 | ja | 0,95 _{übererregt} | 269,4 kW | 273,4 kW | 270,6 kW |
| - | 3 | Leerlauftest | - | - | - | - |
| 3.2.1 | 24 | ja | 1,00 | 147,0 kW | 147,5 kW | 150,0 kW |
| 3.2.2 | 16 | ja | 1,00 | 266,5 kW | 270,7 kW | 272,9 kW |

Hinweis:

- 1) Das BHKW bleibt während und nach dem Fehler stabil am Netz.
- 2) 1-s-Mittelwert ab dem Zeitpunkt 5 s nach Fehlerklärung



Tabelle 58: Liste der FRT getesteten Hilfsaggregate mit Elektronik, siehe /17/

| Hilfsaggregat | Typ | Spannungsunterbrechung führte zu keiner Fehlfunktion der VKM? |
|---------------|-----|---|
| - | - | - |

Tabelle 59: Liste der FRT getesteten Hilfsaggregate ohne Elektronik, siehe /17/

| Hilfsaggregat | Typ | Spannungsunterbrechung führte zu keiner Fehlfunktion der VKM? |
|---|-------------------|---|
| Interne-/ Externe Pumpe | Asynchronmaschine | Ja |
| Gem.- kühlerpumpe | | Ja |
| Gemischk.- ventilator (nur beim Typ SH 250 bzw. SH 265) | | Ja |
| Ablüfter | | Ja |

Übertragung

Tabelle 60 zeigt zusammengefasst die Bewertung im Rahmen der Familienbildung mit Hilfe der beiden Modelle. Es tritt bei keiner der Varianten ein Polschlupf auf und es werden alle Versuche durchfahren. Die Hinweise sind in der Anlagenzertifizierung zu berücksichtigen.

Tabelle 60: Bewertung der LVRT-Versuche im Rahmen der Familienbildung

| Typ | Minimale Kurzschlussleistung [MVA] | Alle Versuche durchfahren? | Polschlupf aufgetreten? | Bestanden |
|--------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| 1 – 30 | 15,0 | Ja | Nein | Ja ^{1) 2)} |

Hinweis:

- 1) Bei den EZE-Typen 2, 11 und 30 vergehen nach Fehlerklärung bis zu 20 Sekunden, bis sich der Vorfehlerzustand nach Fehlerklärung einstellt. Hierbei treten überhöhte Spannungen auf (< 110 %), mit entsprechendem Blindstrom und Polradwinkel.
- 2) Bei den EZE-Typen 12 - 30 traten bei den untererregten Versuchen nach dem Fehler große Pendelungen des Polradwinkels bzw. der Blindleistung auf. Die Blindleistungsänderung hat entsprechenden Einfluss auf die Spannung und kann im ungünstigsten Fall zu Schutzauslösung führen. Es kommt zu Spannungserhöhungen von bis zu 118,3 %.

10.2 Ermittlung der Kurzschlussstrombeiträge (Typ 1)

In den Datenblättern der einzelnen Generatoren sind die Verläufe der Kurzschlussströme in Ampere angegeben. Die Verläufe sind in Anhang E des Zertifikats abgebildet. In Tabelle 61 sind die Werte für den Anfangskurzschlussstrom $I_{K''}$ (0,001s), den Stoßkurzschlussstrom I_S und den Dauerkurzschlussstrom I_K (1 s) angegeben. Dabei entsprechen $I_{K''}$ und I_K den Angaben der Datenblättern des jeweiligen Generators. I_S wurde mit Hilfe der Formel bestimmt:

$$I_S = \sqrt{2} \cdot I_{K''} \cdot \kappa$$

Um eine Betrachtung des ungünstigsten Fall vorzunehmen, wurde $\kappa = 2$ gesetzt. In diesem Faktor werden der Zeitpunkt des Kurzschlusses und das X/R Verhältnis der Impedanz, die im Fehlerfall zum Tragen kommt, berücksichtigt. Denn die höchste Stromspitze entsteht, wenn der Kurzschluss im Spannungsnulldurchgang auftritt. Die Kurzschlussstrombeiträge der Generatoren wurden den Datenblättern des Herstellers entnommen und sind in Anhang E dargestellt.

Tabelle 61: Generatorkurzschlussströme (entnommen aus den Datenblättern des Generatorherstellers)

| Generator (Leroy Somer) | Kurzschlussstrombeiträge | | |
|----------------------------|---|---|--|
| | Anfangskurzschluss- wechselstrom $I_{K''}$ | Stoßkurzschlussstrom ¹⁾ I_S | Dauerkurzschluss- strom ²⁾ I_K |
| LSA 44.3 S3 | 932 A | 2636 A | 315 A |
| LSA 44.3 S4 | 1062 A | 3004 A | 354 A |
| LSA 44.2 VS45 | 1022 A | 2891 A | 411 A |
| LSA 44.2 M95 | 1878 A | 5312 A | 564 A |
| LSA 44.2 VS 3 | 1019 A | 2882 A | 345 A |
| LSA 44.3 S5 | 1062 A | 3004 A | 393 A |
| LSA 44.3 L10 | 1414 A | 3999 A | 594 A |
| LSA 46.2 M5 | 1878 A | 5312 A | 798 A |
| LSA 46.2 L9 | 2864 A | 8101 A | 1083 A |
| LSA 46.1 L6 | 2225 A | 6293 A | 939 A |
| LSA 46.2 M5 | 1878 A | 5312 A | 798 A |
| LSA 46.2 VL12 | 3590 A | 10154 A | 1194 A |
| LSA 47.2 VS 2 / 4p | 2631 A | 7442 A | 1428 A |
| LSA 47.2 M7 | 4388 A | 12411 A | 2013 A |
| LSA 47.2 M8 | 4174 A | 11806 A | 2166 A |
| LSA 47.2 L9 | 5052 A | 14289 A | 2316 A |
| LSA 49.1 M6 | 6943 A | 19638 A | 2829 A |
| LSA 49.1 S4 | 5300 A | 14991 A | 2571 A |



| | | | |
|-------------|--------|---------|--------|
| LSA 49.3 S4 | 6647 A | 18708 A | 3866 A |
|-------------|--------|---------|--------|

Hinweis:

- 1) Stoßkurzschlussstrom berechnet gemäß DIN EN 60909-0 nach folgender Formel: $I_S = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot I_k''$
- 2) Der Dauerkurzschlussstrom wurde aus den Diagrammen des Herstellers (siehe Anhang E) zum Zeitpunkt von 1 Sekunde ermittelt. Die Beiträge entsprechen jeweils den dreifachen Nennstrom des Generators.

10.3 Leistungssteigerung nach Fehlerklärung

Für alle durchgeführten LVRT-Tests ist die Wirkleistung der VKM, bereits fünf Sekunden nach Fehlerklärung auf den Vorfehlerwert stabilisiert (siehe beispielhaft Abbildung 32).

Relevante Parameter für den Wirkleistungsgradient nach Fehlerklärung

Gemäß Herstellerangaben ist der Wirkleistungsgradient nach Fehlerklärung nicht explizit einstellbar. In dem LVRT-Fall wird lediglich durch die parametrisierte FRT-Kennlinie aktiv eingegriffen.



11 Schutzeinrichtungen

Die Angaben und Ergebnisse gelten für alle Typen gemäß Tabelle 1. Informationen zur Ausführung von Strom- und Spannungswandlern sind in Tabelle 6 angegeben. Die Informationen zum Leistungsschalter zeigt Tabelle 3.

Auflage

Auf Anlagenebene muss das Schutzkonzept hinsichtlich der projektspezifischen Anforderungen (z. B. notwendige Kurzschlussfestigkeit, notwendiges Schaltvermögen, etc.) überprüft werden.

Bei der Verwendung eines vom Ziehl UFR1001E abweichenden NA-Schutzes ist eine gesonderte Prüfung aller Schutzfunktionen nötig.

11.1 Allgemeines

Die nachfolgende Unterteilung (a, b, c, ...) ist analog zur FGW TR8 /2/ Kap. 5.1.7.1 benannt.

Tabelle 62: Allgemeine Überprüfung der Schutzeinrichtung

| |
|---|
| 1) Unabhängigkeit der Schutzfunktion |
| <p>Sowohl bei den getesteten Blockheizkraftwerken vom Typ SH 65 kW und SH 265 als auch bei den anderen Varianten, werden die Schutzfunktionen durch ein externes NA-Schutzrelais realisiert. Das NA-Schutzrelais muss alle nötigen Funktionen implementiert haben. Es wirkt auf den Kuppelschalter der EZE. Zusätzlich werden Zündung und Gas-, Magnet-, Schnellschlussventile abgeschaltet.</p> <p>Bedingt durch das separate Schutzrelais sind alle Schutzfunktionen unabhängig von den Steuerungsfunktionen implementiert. Insbesondere kann dadurch bestätigt werden, dass die Entkopplungsschutzfunktionen unabhängig von den dynamischen Netzstützungseinstellungen umgesetzt sind.</p> <p>Die Messung der Leiterspannungen erfolgt direkt durch einen Abgriff des NA-Schutzes.</p> |
| 2) Minimaler Einstellbereich für $U_{<}$ mit $t_{<}$ |
| Die Schutzeinrichtung ist mit den in /19/ aufgeführten Parametern parametrierbar. |
| 3) Geforderte Entkopplungsschutzfunktionen (BDEW MSR 2008, /5/) ohne externe Schutzeinrichtungen möglich? |
| <p>Nein, es ist ein externes Schutzrelais notwendig. Bei der Vermessung wurde das ZIEHL UFR 1001E verwendet. Die Schutzfunktionen $U_{>>}$, $U_{>}$, $U_{<<}$, $f_{<}$ und $f_{>}$ können am vermessenen Schutzrelais eingestellt werden.</p> <p>Auflage: Abweichende Schutzrelais müssen entsprechend überprüft werden.</p> |
| 4) Prüfbericht der externen Schutzeinrichtung (Wenn serienmäßig verbaut) |
| <p>Es wird serienmäßig eine externe Schutzeinrichtung verbaut. Hierbei wird allerdings ein projektspezifischer Hersteller gewählt. Das in den folgenden Kapiteln 11.2 und 11.3 aufgeführte NA-Schutzrelais wird nur beispielhaft aufgeführt.</p> <p>Auflage: Abweichende Schutzrelais zum ZIEHL UFR 1001E müssen entsprechend überprüft werden.</p> |



| |
|---|
| 5) Konzept zur Prüfung des Entkopplungsschutzes |
| Die Prüfung kann bei dem beispielhaft aufgeführten Schutzrelais ohne ausklemmen von Drähten mit Hilfe der Prüfklemmleiste erfolgen (Vgl. /17/). Auflage: Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt gewährleistet und überprüft werden. |
| 6) Bestandsmessungen des Entkopplungsschutzes |
| Nicht relevant, da keine Bestandsmessung vorliegt. |
| 7) Eigenschutzwerte bzgl. Spannung und Frequenz |
| Siehe Kapitel 11.4 |
| 8) Prüfklemmleisten für alle Entkopplungsschutzfunktionen (Spannungs- und Frequenzschutz) |
| Die Entkopplungsschutzfunktionen können über die Prüfklemmleiste überprüft werden, ohne Abklemmen von Drähten (Vgl. /17/). Auflage: Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt gewährleistet und überprüft werden. |
| 9) Einstellwerte der Entkopplungsschutzfunktionen (Parametrierbarkeit, Ab- bzw. Auslesbarkeit ohne Hilfsmittel) |
| Die Werte können beim ZIEL UFR 1001E über das Display abgelesen werden und sind über das NA-Schutzrelais parametrierbar. Auflage: Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt gewährleistet und überprüft werden. |
| 10) Hilfsenergieversorgung der Schutzeinrichtung Ausfall der Hilfsenergie muss zum unverzügerten Auslösen des Hauptschalters führen, Überbrückung von mindestens 3 Sek. Netzausfall |
| Die Anforderungen bzgl. Überbrückungszeit und dem unverzügerten Auslösen des Hauptschalters werden erfüllt. Die Versorgungsspannung des NA-Schutzrelais (24 VDC) wird über eine Batterie ≥ 35 Ah gestützt. Auflage: Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt gewährleistet und überprüft werden. |
| 11) Messgenauigkeiten der Schutzeinrichtung |
| Es sind keine Wandler verbaut. Die Spannung wird direkt von dem NA-Schutz gemessen. |



11.2 Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz

Die Ergebnisse des Tests können Tabelle 64 entnommen werden.

Tabelle 63: Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz

| Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz (ZIEL UFR 1001E) | |
|--|--|
| Rückfallverhältnis gemäß FGW TR 8 /2/ | Gemäß Testbericht /20/ eingehalten |
| Einstellbereich des EZE-Entkupplungsschutzes gemäß Tabelle 3.2.3.3-2 der BDEW MSR 2008 /5/ | Gemäß der Herstellererklärung /17/ können die empfohlenen Schutzrelais-Einstellwerte in der Schutzfunktion eingestellt werden. ¹⁾ |
| Überwachte Spannungen (Leiter-Erde o. Leiter-Leiter) | Leiter-Erde oder Leiter-Leiter über Parametrierung möglich |
| Logische Auslöseverknüpfung der Spannungen | ODER |
| Auflage: | Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt überprüft und vermessen werden. |

Die Ergebnisse können auf alle Varianten übertragen werden, da die Prüfung der Schutzfunktion auch unabhängig von der VKM durchgeführt werden kann.

Der Spannungsschutz erfüllt die Anforderungen der FGW TR 8 /2/.

Messergebnisse

Tabelle 64: Trennung der EZE vom Netz

| Funktion | Sollwert in V | Messwert in V | Abweichung in % U_N | Einstellwert in ms | Abschaltzeit in ms |
|---|---------------|---------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Spannungssteigerungsschutz (1. Stufe) | 299,0 | 299,5 | 0,22 | 100 | 103,8 ... 110,3 |
| Spannungssteigerungsschutz (2. Stufe) | 276,0 | 275,7 | -0,13 | 100 | 97,9 ... 101,1 |
| Spannungsrückgangsschutz (1. Stufe) | 184,0 | 184,1 | 0,04 | 2400 | 2379,9 ... 2399,0 |
| Spannungsrückgangsschutz (schnellstmöglich) | 184,0 | 184,1 | 0,04 | 0,05 | 49,1 ... 49,5 |
| Spannungsrückgangsschutz (2. Stufe) | 104,0 | 105,1 | 0,48 | 300 | 297,6 ... 309,0 |
| Rückfallverhältnis wird eingehalten Entsprechend der Erfassung im Gerät sind die Spannungen als Phase-Neutral-Werte ausgewiesen. | | | | | |



11.3 Frequenzsteigerungs- und Rückgangsschutz

Die Ergebnisse des Tests können Tabelle 66 entnommen werden.

Tabelle 65: Frequenzsteigerungs- und Rückgangsschutz

| Frequenzsteigerungs- und Rückgangsschutz (ZIEL UFR 1001E) | |
|--|---|
| Einstellbereich des EZE-Entkupplungsschutzes gemäß Tabelle 3.2.3.3-2 der BDEW MSR 2008 /5/ | Gemäß der Herstellererklärung /17/ können die Minimal- und Maximalwerte in der Schutzfunktion eingestellt werden. |
| Auflage: | Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt überprüft und vermessen werden. |

Die Ergebnisse können übernommen werden, da alle EZEn bei einer Nennfrequenz von 50 Hz betrieben werden.

Der Frequenzschutz erfüllt die Anforderungen der FGW TR 8 /2/.

Messergebnisse

Tabelle 66: Ergebnisse des Tests des Frequenzschutzes

| Funktion | Sollwert in Hz | Messwert in Hz | Abweichung in Hz | Einstellwert in ms | Abschaltzeit in ms |
|--|----------------|----------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Frequenzrückgangsschutz | 47,5 | 47,51 | 0,01 | 100 | 101,3 ... 104,3 |
| Frequenzrückgangsschutz (schnellstmöglich) | 47,5 | 47,51 | 0,01 | 0,05 | 51,1 ... 53,1 |
| Frequenzsteigerungsschutz | 51,5 | 51,50 | 0,00 | 100 | 101,4 ... 101,9 |
| Rückfallverhältnis wird eingehalten. | | | | | |



11.4 Eigenschutz

Der Eigenschutz wird durch einen Leistungsschalter realisiert /17/. Die Auslöseschwelle des Eigenschutzes ist wie folgt:

Tabelle 67: Eigenschutz

| Typ | Leistungsschalter | Auslöseschwelle ¹⁾ >> Eigenschutz | Zeit ²⁾ |
|----------|-------------------|--|--------------------|
| SH 50 | COMPACT NSX 160 | 2400 A | Unverzögert |
| SH 50-2 | COMPACT NSX 160 | 2400 A | Unverzögert |
| SH 65 | COMPACT NSX 160 | 2400 A | Unverzögert |
| SH 65-2 | COMPACT NSX 160 | 2400 A | Unverzögert |
| SH 70 | COMPACT NSX 160 | 2400 A | Unverzögert |
| SH 75 | COMPACT NSX 160 | 2400 A | Unverzögert |
| SH 75-1 | COMPACT NSX 160 | 2400 A | Unverzögert |
| SH 100 | COMPACT NSX 250 | 3000 A | Unverzögert |
| SH 100-2 | COMPACT NSX 250 | 3000 A | Unverzögert |
| SH 120 | COMPACT NSX 250 | 3000 A | Unverzögert |
| SH 125 | COMPACT NSX 250 | 3000 A | Unverzögert |
| SH 135 | COMPACT NSX 250 | 3000 A | Unverzögert |
| SH 140 | COMPACT NSX 400 | 4800 A | unverzögert |
| SH 160 | COMPACT NSX 400 | 4800 A | Unverzögert |
| SH 170 | COMPACT NSX 400 | 4800 A | Unverzögert |
| SH 190 | COMPACT NSX 400 | 4800 A | Unverzögert |
| SH 210 | COMPACT NSX 400 | 4800 A | Unverzögert |
| SH 210-1 | COMPACT NSX 400 | 4800 A | Unverzögert |
| SH 240 | COMPACT NSX 630 | 6900 A | Unverzögert |
| SH 250 | COMPACT NSX 630 | 6900 A | Unverzögert |
| SH 265 | COMPACT NSX 630 | 6900 A | Unverzögert |
| SH 350 | COMPACT NS 800 | 8000 A | Unverzögert |



| | | | |
|----------|-----------------|---------|-------------|
| SH 350-2 | COMPACT NS 800 | 8000 A | Unverzögert |
| SH 350-3 | COMPACT NS 800 | 8000 A | Unverzögert |
| SH 380 | COMPACT NS 800 | 8000 A | Unverzögert |
| SH 400 | COMPACT NS 800 | 8000 A | Unverzögert |
| SH 400-2 | COMPACT NS 800 | 8000 A | Unverzögert |
| SH 530 | COMPACT NS 1000 | 10000 A | Unverzögert |
| SH 530-2 | COMPACT NS 1000 | 10000 A | Unverzögert |
| SH 530-3 | COMPACT NS 1000 | 10000 A | Unverzögert |

Hinweis:

- 1) Die in Tabelle 67 ausgewiesenen max. Kurzschlussstrombeiträge I_k'' der Generatoren überschreiten nicht die Auslöseschwelle des Eigenschutzes.
- 2) Die Leistungsschalter sind unverzögert parametrierbar. Hierbei liegt jeweils eine Microverzögerungszeit von 10 ms und eine Gesamtausschaltzeit von 50 ms der NSX-Baureihe und 90 ms der NS-Baureihe vor.



12 Validiertes Modell der Einheit

Der Hersteller hat jeweils ein Modell für die beiden vermessenen Erzeugungseinheiten geliefert. Das Modell ist in Power Factory Version 15.2 validiert worden. Die Modellbezeichnungen, die MD5 Prüfsummen und die Bezeichnung der Dokumentation ist Tabelle Anhang A - 1 zu entnehmen.

Tabelle Anhang A - 1: Modellidentifizierung

| Modell des SH 65 | |
|---------------------------------------|--|
| Dateibezeichnung: | Sommer_FRT_SH-65_20151103_rel3_enc.pfd |
| MD5-Checksumme: | 22fed74d60ce883cf469433115691612 |
| Modelldokumentation des SH 65 | |
| Dateibezeichnung: | Dokumentation_SommerEnergy_SH65_20151110_v2.pdf |
| MD5-Checksumme: | 4b38cb628fc8e3e52a8c6ea648ca107c |
| Modell des SH 265 | |
| Name | Sommer_Familie_SH-265_20160708_rel4enc.pfd |
| MD5-Checksumme | e697e1c302033ae45afa7d4f39149020 |
| Modelldokumentation des SH 265 | |
| Name | Dokumentation_SommerEnergy_SH265_20160708_v3.pdf |
| MD5 Checksumme | 5e75b7721959154fb66982a2bcc78fc4 |

Hinweis:

Das Modell weist eine Standardparametrierung auf. Es muss entsprechend der verwendeten Variante parametrierung werden. Die Parameter für die einzelnen Varianten befinden sich in Anhang C. Eine Beschreibung, die erläutert wo die entsprechenden Parameter im Einheitenmodell einzustellen sind, ist in der Modelldokumentation zu finden (Siehe Tabelle Anhang A - 1).

Die folgende Tabelle zeigt die im Modell implementierten Eigenschaften der VKM.

Tabelle Anhang A - 2: Übersicht über die Modelleigenschaften beider Modelle

| Eigenschaft | Im Modell umgesetzt | In der Validierung eingeschlossen |
|--|---------------------|-----------------------------------|
| Wirkleistungsabgabe als Funktion der Primärenergie | Nicht relevant | nein |
| Variable Wirkleistungsabgabe (statisch) | ja | ja |
| Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz | nein | nein |
| Variable Blindleistungsabgabe (statisch) | ja | ja |
| Blindleistungssprungantwort | nein | nein |
| LVRT: symmetrische Fehler | ja | ja |
| LVRT: unsymmetrische Fehler | ja | ja |
| Netzschutz | ja | Nein ¹⁾ |



Anmerkung:

- 1) Die Schutzeinrichtung ist nicht Teil des Zertifizierungsumfangs, jedoch enthält das Modell eine Komponente zur Modellierung einer in der realen EZE vorhandenen Schutzeinrichtung.

Weitere Details sind den Validierungsberichten MOE 15-0135-07 und MOE 15-0135-08 sowie den LVRT-Übertragungsberichten MOE 15-0135-15, MOE 15-0135-16 sowie MOE 15-0135-23 zu entnehmen. Das Modell gibt qualitativ die Vermessungen wieder (stetig abklingendes Verhalten, Schwingungen, Plateaus etc.).

Tabelle Anhang A - 3: Ergebnis der Modellvalidierung

| Validierungsergebnis SH 65 | |
|---|---|
| Gesamte Anzahl an Grenzwertüberschreitungen in % (10 % sind zulässig) | 9,3 % |
| Maximale Überschreitung (positiv) ²⁾ | + 90 % (Blindstrom), 93 % Blindleistung |
| Maximale Überschreitung (negativ) | _ ¹⁾ |
| Polradwinkel, maximale Überschreitung (positiv) | + 4,2 |
| Polradwinkel, maximale Überschreitung (negativ) | - 12,2 |
| Validierungsergebnis SH 265 | |
| Gesamte Anzahl an Grenzwertüberschreitungen in % (10 % sind zulässig) | 8,5 % |
| Maximale Überschreitung (positiv) ³⁾ | + 179 % (Blindstrom), 280 % Blindleistung |
| Maximale Überschreitung (negativ) | _ ¹⁾ |
| Polradwinkel, maximale Überschreitung (positiv) | + 10,2 |
| Polradwinkel, maximale Überschreitung (negativ) | - 6,6 |

Hinweis:

- 1) Die Abweichungen wurden grundsätzlich ohne Vorzeichen bestimmt. Als Worst-Case können hier die Werte von der maximalen Überschreitung (positiv) betrachtet werden.
- 2) Die maximale Überschreitung tritt im Intervall C1_b des Versuchs 13 auf. Dies entspricht den transienten Bereich nach Fehlerklärung. Der Versuch 13 ist in Abbildung 35 beispielhaft dargestellt. Für Details siehe Modellvalidierungsbericht 15-0135-07.
- 3) Die maximale Überschreitung tritt im Intervall B2_b des Versuchs 14 auf. Dies entspricht den stationären Bereich während des Fehlers. Der Versuch 14 ist in Abbildung 33 beispielhaft dargestellt. Für Details siehe Modellvalidierungsbericht 15-0135-08.



Als beispielhafte Darstellung einer besseren Nachbildung der Erzeugungseinheiten durch die Modelle sind in Abbildung 36 die Signalverläufe des 65er-Modells und Abbildung 34 die Signalverläufe des 265er-Modells jeweils der Versuch 11 dargestellt.

Die Unsicherheitsbetrachtung ist im Modellvalidierungsbericht 15-0135-07 bzw. 15-0135-08 durchgeführt worden.

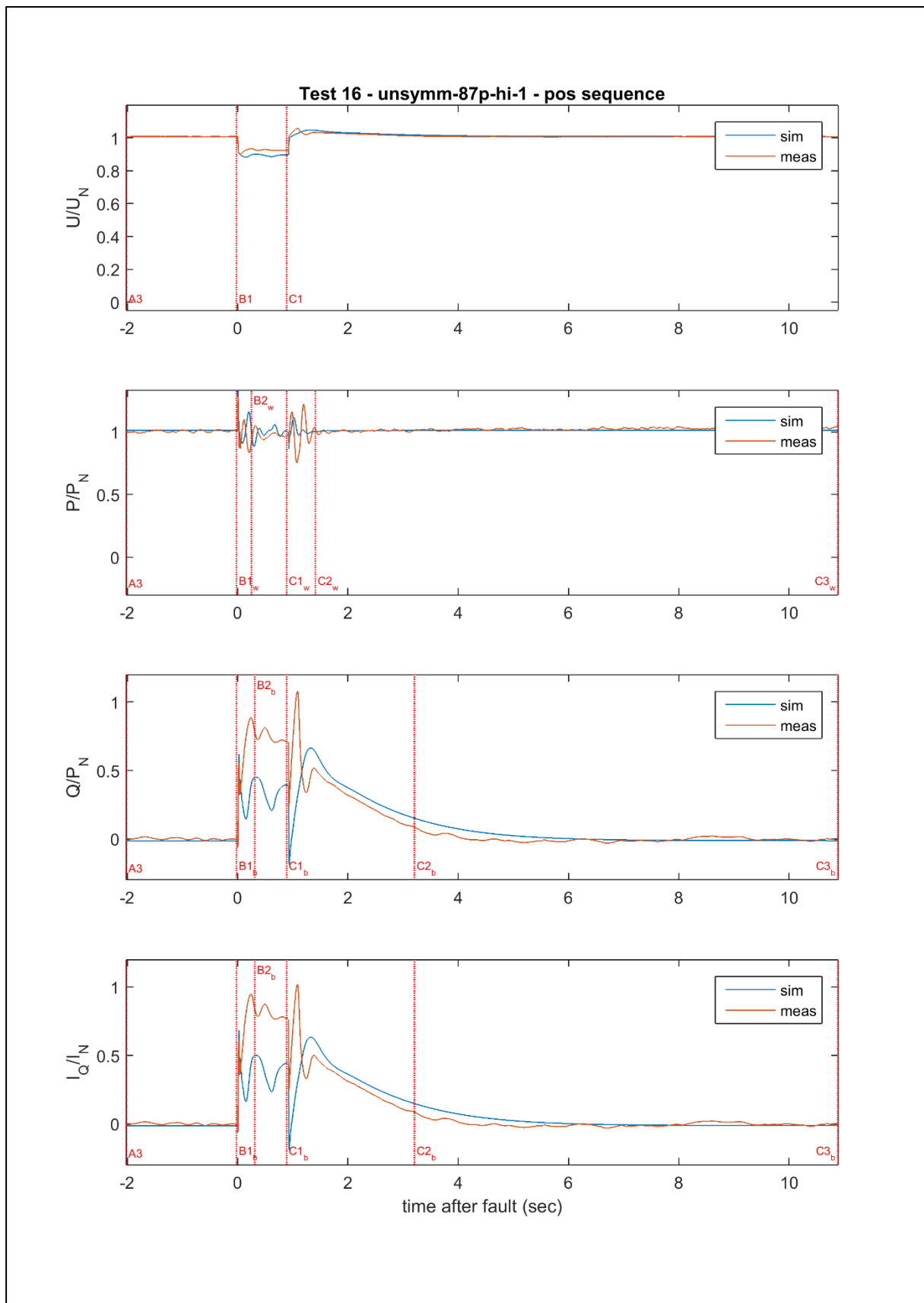


Abbildung 33: SH 265: Signalverläufe der Spannung, der Wirk- und Blindleistung sowie des Blindstroms im Versuch 14 (bzw. 16 gemäß Testberichtsnummerierung)

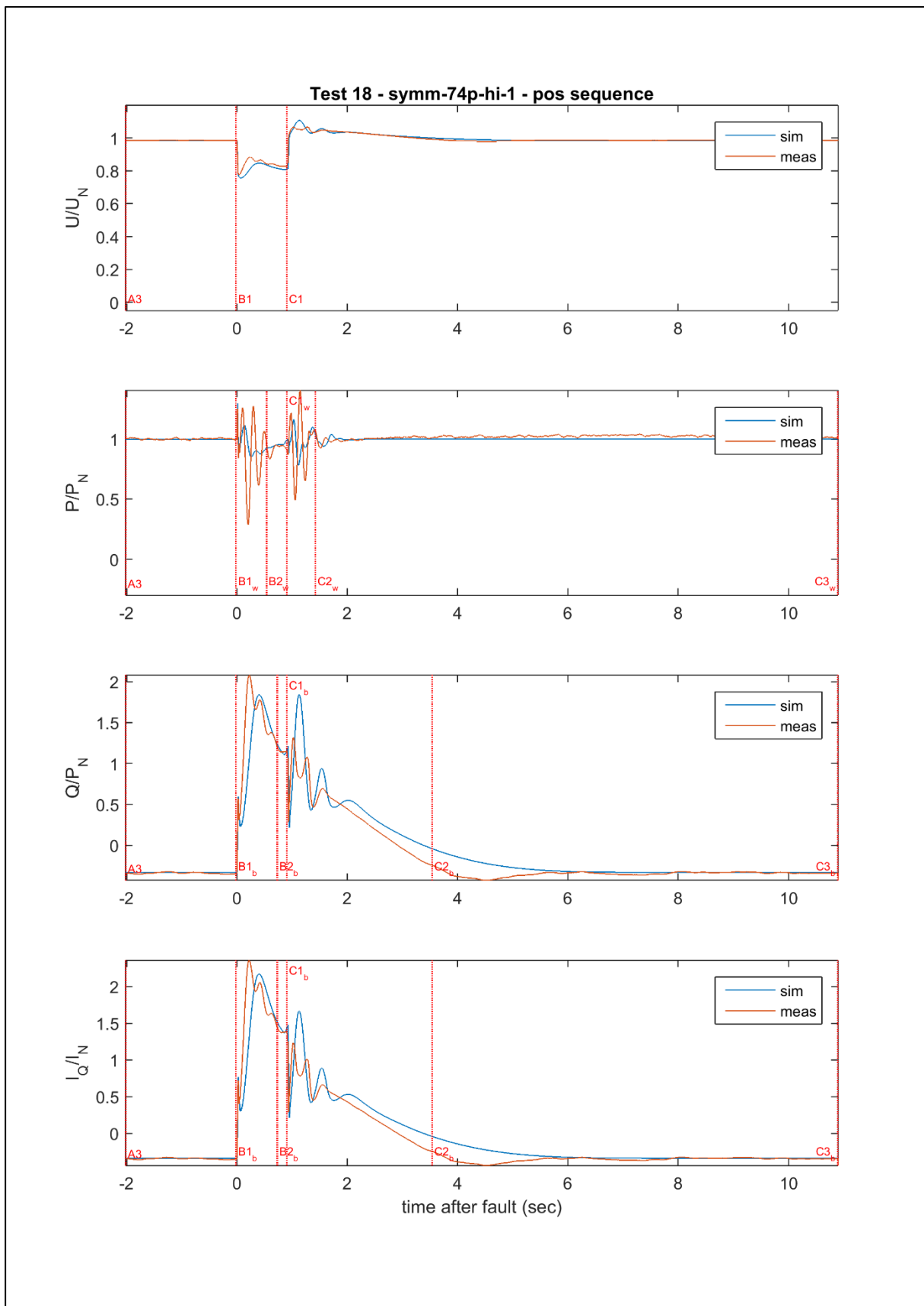


Abbildung 34: SH 265: Signalverläufe der Spannung, der Wirk- und Blindleistung sowie des Blindstroms im Versuch 11 (bzw. 18 gemäß Testberichtsnummerierung)

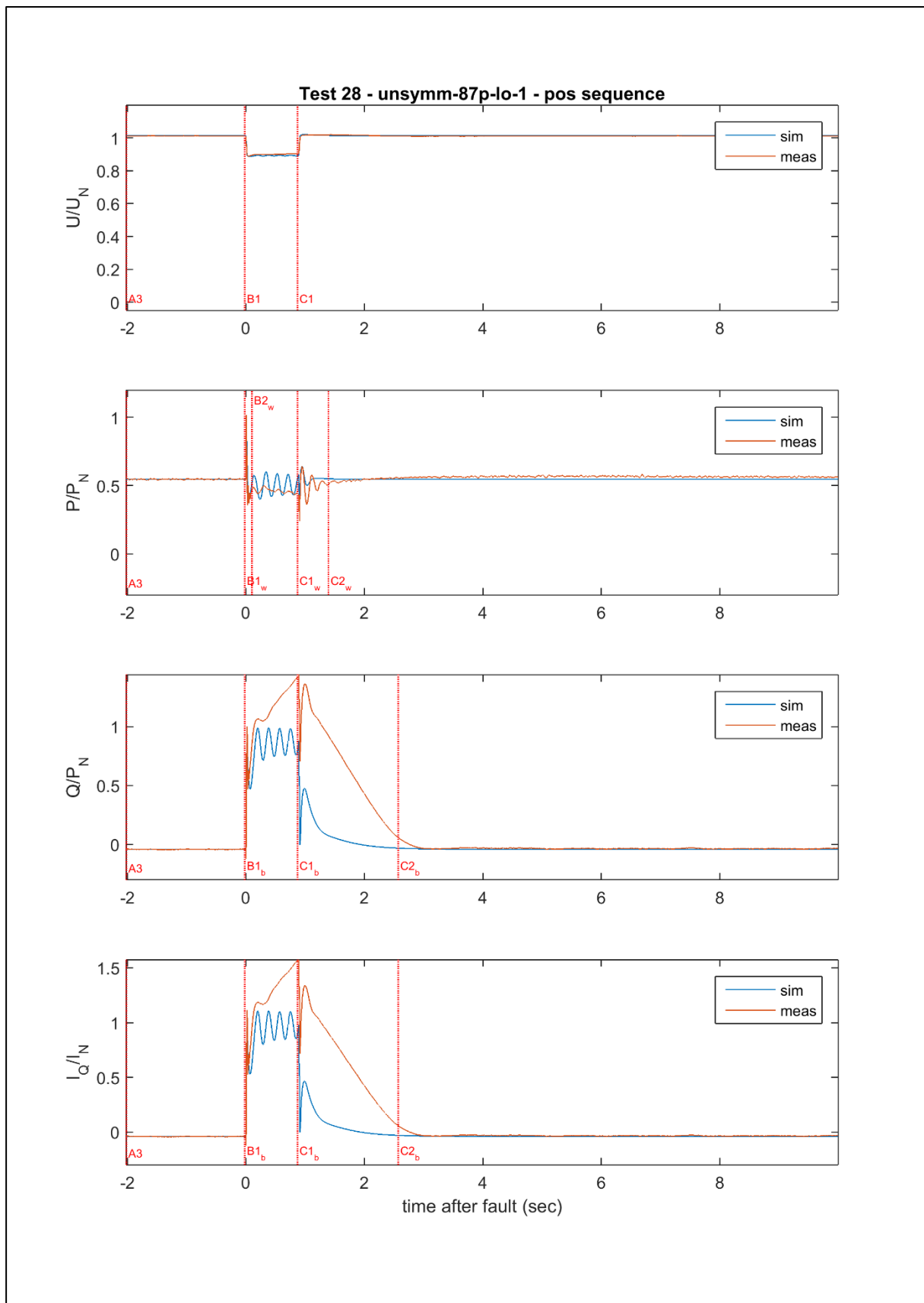


Abbildung 35: SH 65: Signalverläufe der Spannung, der Wirk- und Blindleistung sowie des Blindstroms im Versuch 13 (bzw. 28 gemäß Testberichtsnummerierung)

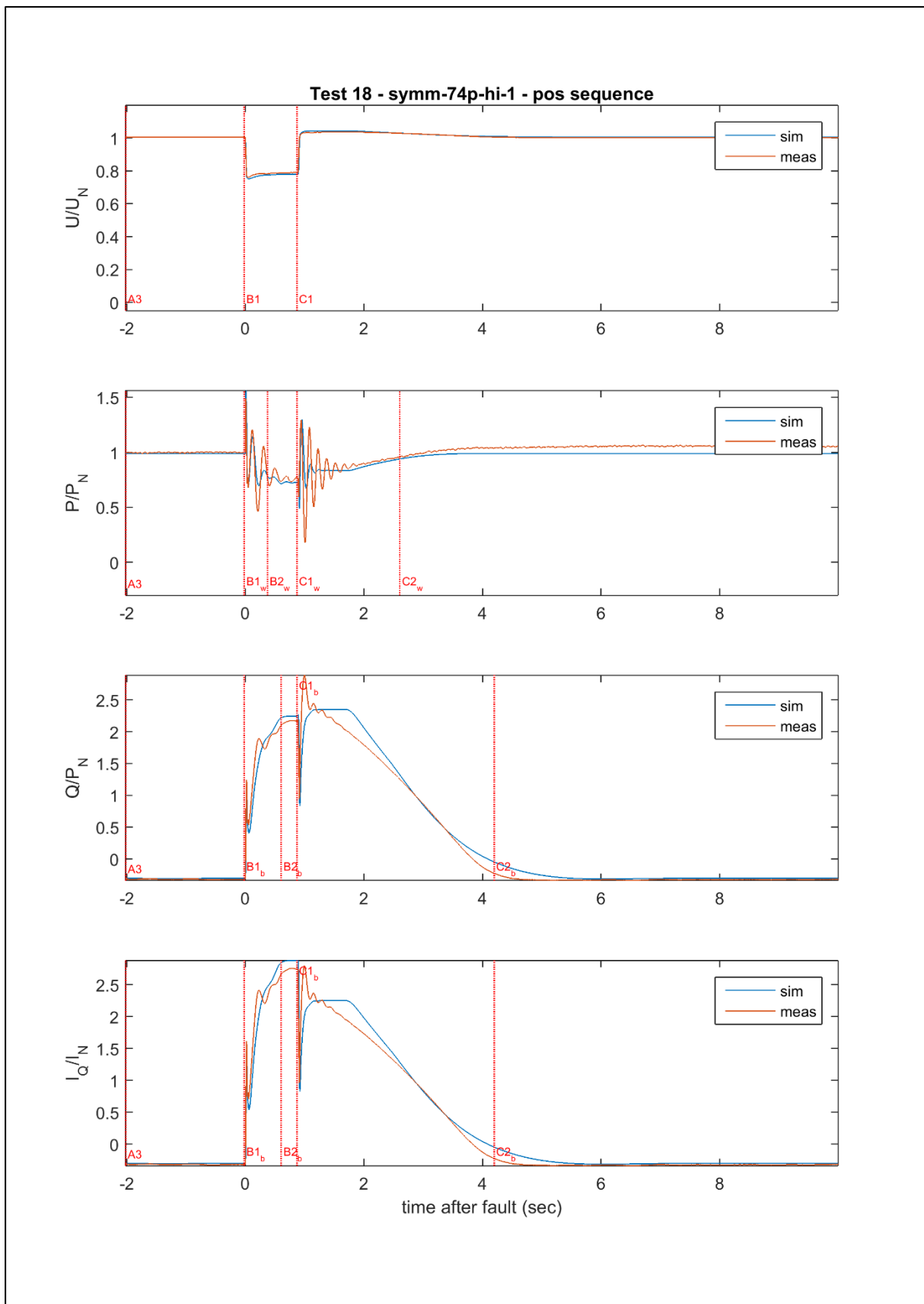


Abbildung 36: SH 65: Signalverläufe der Spannung, der Wirk- und Blindleistung sowie des Blindstroms im Versuch 11 (bzw. 18 gemäß Testberichtsnummerierung)



13 Veröffentlichung

| Hersteller | Typ | Nennleistung | Nummer des EZE-Zertifikats | Einschränkungen des Zertifikats | Nummer des validierten EZE-Modells / MD5 Prüfsumme | Softwareumgebung des validierten EZE-Modells |
|--------------------|---|---|----------------------------|--|---|--|
| Manufacturer | Type | Rated Power | Unit Certificate Number | Restriction of certificate | Number of validated Model / MD5 checksum | Software of validated Model |
| SOMMER energy GmbH | SH 50 SH 50-2 SH 65 SH 65-2 SH 70 SH 75 SH 75-1 SH 100 SH 100-2 SH 120 SH 125 SH 135 SH 140 SH 160 SH 170 SH 190 SH 210 SH 210-1 SH 240 SH 250 SH 265 SH 350 SH 350-2 SH 350-3 SH 380 SH 400 SH 400-2 SH 530 SH 530-2 SH-530-3 | 50 kW 50 kW 65 kW 65 kW 70 kW 75 kW 75 kW 100 kW 100 kW 120 kW 125 kW 135 kW 140 kW 160 kW 170 kW 190 kW 210 kW 210 kW 240 kW 250 kW 265 kW 350 kW 350 kW 350 kW 380 kW 400 kW 400 kW 530 kW 530 kW 530 kW | MOE 15-0135-26 | Bei der Verwendung eines abweichenden NA-Schutzes: Prüfung Schutzeinrichtung, Wiederschaltungsgrenzwerte und der Spannungsüberwachung. Projektspezifische Dimensionierung und Überprüfung der Leistungsschütze Familie des SH 265: Test und Abgleich der $\cos \varphi$ – Sollwertvorgabe bei der Inbetriebnahme (messtechnischer Nachweis $\cos \varphi$ Genauigkeit von $\pm 0,005$). | Sommer_FRT_SH - 65_20151103_rel 3_enc.pfd/ 22fed74d60ce883 cf4694331156916 12 Sommer_Familie_SH- 265_20160708_re l4enc.pfd/ e697e1c302033a e45afa7d4f39149 020 | DigSILENT PowerFactory 15.2.3 |

| Validierte Softwareversion | Datum der Erteilung | Gültigkeitsende | Ausstellende Zertifizierungsstelle | Spezifikationen | Richtlinien | Status |
|--|---------------------|-----------------|---|-----------------|---|------------------------|
| Valid Software Version | Date of Issue | End of Validity | Creator of the Certificate | Specification | Guidelines | State |
| BHKW-Steuerung auf Siemens Simatic S7: SH 1.7 AVR/ $\cos \varphi$ – Regler von Leroy Somer D510C: Firmware 2.20 | 06.08.2015 | 05.08.2020 | Moeller Operating Engineering GmbH (M.O.E.) | - | BDEW- Mittelspannungsrichtlinie inkl. 4. Ergänzung FGW TR3 Rev. 23 FGW TR 4 Rev. 07 | ersetzt MOE 15-0135-19 |



14 Referenzen

- /1/ FGW Technische Richtlinie TR3 Rev. 23
- /2/ FGW Technische Richtlinie TR8 Rev. 06
- /3/ FGW Technische Richtlinie TR4 Rev. 07
- /4/ M.O.E., C-Pro 09 Einheitszertifizierung_VKM
- /5/ BDEW Technische Richtlinie: Eigenerzeugung am Mittelspannungsnetz, Juni 2008
- /6/ BDEW 4. Ergänzung zur Mittelspannungsrichtlinie, Januar 2013
- /7/ VDN Transmission Code 2007, Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, August 2007
- /8/ DIN VDE V 0124-100
- /9/ FGW Ergänzung zur Technische Richtlinie TR8 Rev. 06, Anhang H, 22.09.2014
- /10/ NV13028B3, Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 265 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland, nach FGW TR 3, Rev. 23, 16.03.2015
- /11/ NV14009B2, Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 65 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland, nach FGW TR 3, Rev. 23, 16.03.2015
- /12/ NV13028B3A1, Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 265 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland, nach FGW TR 3, Rev. 23, Auszug aus dem Prüfbericht, 16.03.2015
- /13/ NV14009B2A1, Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 65 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland, nach FGW TR 3, Rev. 23, Auszug aus dem Prüfbericht, 16.03.2015
- /14/ DAkKs - Deutsche Akkreditierungsstelle, Nummer der Urkunde D-PL-11233-01, Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005; windtest grevenbroich gmbh, Berlin, Dezember 2010.
- /15/ DAkKs - Deutsche Akkreditierungsstelle, Nummer der Urkunde D-PL-11233-01, Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005; windtest grevenbroich gmbh, Berlin, November 2014.
- /16/ TÜV Thüringen e.V., ISO 9001:2008 Zertifikat Nr. TIC 15 100 159123 SOMMER energy GmbH, Jena, Deutschland, Jan. 2015
- /17/ SOMMER energy GmbH: Herstellererklärung VKM für die Zertifizierung gemäß BDEW MSR 2008 inkl. 4. Ergänzung, Elektrische Eigenschaften der Erzeugungseinheiten, Revision 3.2, 04.10.2016
- /18/ SOMMER energy GmbH, ZE_02_VL3 Antragsformular Einheitszertifizierung, 25.02.2015
- /19/ 11TH0501_TR3, Prüfbescheinigung Zentraler NA-Schutz Ziehl UFR1001E, Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH, 02.05.2012
- /20/ 10TH0501_TR3_0, Testbericht Zentraler NA-Schutz Ziehl UFR1001E, Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH, 02.05.2012
- /21/ 10TH0501_TR3, Konformitätsnachweis Zentraler NA-Schutz Ziehl UFR1001E nach TR8 Rev.6, Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH, 23.07.2014
- /22/ SOMMER energy GmbH: Herstellererklärung DIN EN ISO 9001, Zertifizierungsverfahren zum Zeitpunkt der Vermessung des SH-65 und SH -265, Jan. 2015
- /23/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.3 S4, V4.02c - 15.12.2014
- /24/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.2 VS 3, V4.02c - 16.12.2014
- /25/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.3 S5, V4.02c - 15.12.2014
- /26/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.2 L10, V4.02c - 15.12.2014
- /27/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 46.2 M5, V4.02c - 16.12.2014
- /28/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 46.2 L9, V4.02c - 16.12.2014
- /29/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 46.2 VL12, V4.02c - 16.12.2014
- /30/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 47.2 VS 2, V4.02c - 16.12.2014
- /31/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 47.2 L9, V4.02c - 16.12.2014
- /32/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 46.2 L6, V4.03i – 28.08.2015
- /33/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 49.1 M6, V4.02c - 16.12.2014
- /34/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 44.3 S3, V4.03i - 28.08.2015
- /35/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.2 VS45, V4.02c - 16.12.2014
- /36/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.2 M95, V4.02c – 16.12.2014
- /37/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 46.2 M5, V4.03i - 28.08.2015
- /38/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 46.2 VL12, V4.03i - 28.08.2015
- /39/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 47.2 M7, V4.03i - 28.08.2015
- /40/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 47.2 M8, V4.03i - 28.08.2015



- /41/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 49.1 S4, V4.03i - 28.08.2015
- /42/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 49.3 S4, V4.05G - 09.2016
- /43/ Sommer & Hagl: Mail von Herrn Marko, 27.07.2015: „15-0135_Re Einheitenzertifizierung Sommer & Hagl_Leistungsregelung im Fehlerfall.msg“
- /44/ Sommer & Hagl: Mail von Herrn Marko, 04.08.2015: „15-0135_Re Einheitenzertifizierung Sommer&Hagl_65er_Vermessung.msg“

Anhang B zum Zertifikat

Anhang B zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-26



Anhang B zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-26

Herstellereklärung nach TR3

SOMMER energy GmbH
Baureihe „SH“



| Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten eines BHKW vom Typ SH 65 Manufacturer's certificate on specific data of a CPH of the type of installation SH65 | | |
|---|---|--|
| Datum / Date: 15.12.2014 | | Seite/Page 1/2 |
| 1 | EZE | General |
| 1 | Hersteller | SOMMER/ Hagl manufacturer |
| 2 | Anlagenbezeichnung | SH 65 type name |
| 3 | Betriebsweise (Stromgeführt / Wärmegeführt) | kombiniert operating method |
| 4 | Nennleistung | 65 kW rated power |
| 5 | Nennspannung | 400 V rated voltage |
| 6 | Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom | ca. 8x In contribution to short circuit current |
| 2 | Verbrennungsmotor | Combustion engine |
| 1 | Hersteller | MAN manufacturer |
| 2 | Typenbezeichnung | MAN E0834 LE302 type name |
| 3 | Art | Gasmotor generic type |
| 4 | Anzahl | 1 numbers |
| 5 | Brennstoff(e) | Erdgas fuel |
| 6 | Nennleistung | 68 kW rated power |
| 7 | Nenndrehzahlen oder Drehzahlbereich | 1500 /rpm rated speed(s) / speed range |
| 3 | Wärmetauscher | Heat exchanger |
| 1 | Hersteller | SOMMER/ Hagl manufacturer |
| 2 | Typenbezeichnung | type |
| 3 | Anzahl | 2 numbers |
| 4 | Art | Rohrbündel- WT design Plattenwärmetauscher |
| 4 | Generator | Generator |
| 1 | Hersteller | Leroy Somer manufacturer |
| 2 | Typenbezeichnung | LSA 44.2 VS3 type |
| 3 | Anzahl | 1 numbers |
| 4 | Art | Synchron generic type of design |
| 5 | Nennscheinleistung | 80 kVA rated apparent power |
| 6 | Bereich Verschiebungsfaktor | 0,95übererr-0,95untere displacement factor (range) |
| 7 | Nenndrehzahlen oder Drehzahlbereich | 1500 /rpm rated speed(s) / speed range |
| 8 | Nennspannung | 400 V voltage |
| 9 | Frequenz | 50 Hz frequency |
| 10 | Nennschlupf | - % rated slip |
| 5 | Betriebsführung / Regelung | Control system / control |
| 1 | Art der Leistungsregelung | PID generic type of power control |
| 2 | Antrieb der Leistungsregelung | Schrittmotor actuation of power control |
| 3 | Hersteller der Betriebsführung / Regelung | SIEMENS manufacturer of control system |
| 4 | - Typenbezeichnung | SIMATIC S7 - type |
| 5 | - Verwendete Steuerungskurve | SH1.7 - applied control characteristic |



| 6 Sonstige elektrische Komponenten | | Other electric installations | | |
|------------------------------------|--|------------------------------|-------------------|---|
| 1 | Netzkurzschlussleistung | _____ | MVA | short-circuit apparent power |
| 2 | Netzimpedanzwinkel | _____ | ° | network impedance phase angle |
| 3 | N ₁₀ , Einschalten | _____ | | N ₁₀ , start up |
| 4 | N ₁₂₀ , Einschalten | _____ | | N ₁₂₀ , start up |
| 5 | N ₁₀ , Ausschalten | _____ | | N ₁₀ , cut off |
| 6 | N ₁₂₀ , Ausschalten | _____ | | N ₁₂₀ , cut off |
| 7 | N ₁₀ , Umschalten zwischen den Generatoren | _____ | | N ₁₀ , switching between generators |
| 8 | N ₁₂₀ , Umschalten zwischen den Generatoren | _____ | | N ₁₂₀ , switching between generators |
| 9 | Anzahl der Kompensationsstufen | _____ | | number of compensation stages |
| 10 | Blindleistung Stufe 1 | _____ | kvar | reactive power stage 1 |
| 11 | Blindleistung Stufe 2 | _____ | kvar | reactive power stage 2 |
| 12 | Blindleistung Stufe _ | _____ | kvar | reactive power stage _ |
| 13 | Blindleistung Stufe _ | _____ | kvar | reactive power stage _ |
| 14 | Art der Netzkopplung | _____ | direkt | generic type of interconnection |
| 15 | - Hersteller | _____ | | - manufacturer |
| 16 | - Typenbezeichnung | _____ | | - type |
| 17 | Netzschutzhersteller | _____ | Ziehl | grid protection manufacturer |
| 18 | - Typenbezeichnung | _____ | UFR 1001 E | - type |
| 19 | - Einstellbereiche: | _____ | | - adjustment ranges: |
| 20 | Spannungssteigerungsschutz | _____ | V | overvoltage protection |
| 21 | Spannungsrückgangsschutz | _____ | V | undervoltage protection |
| 22 | Frequenzsteigerungsschutz | _____ | Hz | overfrequency protection |
| 23 | Frequenzrückgangsschutz | _____ | Hz | underfrequency protection |
| 24 | Typenbezeichnung der Abschalteneinheit | _____ | Leistungsschalter | circuit breaker type |
| 25 | Umrichterhersteller | _____ | | converter manufacturer |
| 26 | Umrichtertyp | _____ | | converter type |
| 27 | Umrichterscheinennleistung | _____ | kVA | converter apparent rated power |
| 28 | Umrichterart | _____ | | generic type of converter |
| 29 | Pulszahl des Umrichters | _____ | | pulse rate of converter |
| 30 | Haupttaktfrequenz des Umrichters | _____ | | main clock rate of converter |
| 31 | Oberschwingungsfilter (ja / nein) | _____ | | harmonic filter (yes / no) |

7 Typenprüfung **Type test**

| | | | |
|---|--------------|-------|-------------------|
| 1 | Prüfbehörde | _____ | testing authority |
| 2 | Aktenzeichen | _____ | reference |

8 Informativer Teil **Informative**

| | | | | |
|---|-------------------------------|-------|------------|--|
| 1 | Standort des vermessenen BHKW | _____ | Aachen | location of measured CHP |
| 2 | Koordinaten des Standortes | _____ | | geographical coordinates of the location |
| 3 | Seriennummer des BHKW | _____ | 2014 10 01 | serial number of CHP |

Anschrift des Herstellers

A. Dahl

Stempel, Unterschrift
stamp, signature

Address of manufacturer

SOMMER energy
 Hauptstr. 52
 37355 Deuna

 Elektro Hagl
 Im Gewerbegebiet 18
 85290 Geisenfeld

sind, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.
 depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to its technical data.



| Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten eines BHKW vom Typ SH 265 | | | |
|--|---|--|---------------------------------------|
| Manufacturer's certificate on specific data of a CPH of the type of installation SH65 | | | |
| Datum / Date: 15.12.2014 | | | Seite/Page 1/2 |
| 1 | EZE | | General |
| 1 | Hersteller | SOMMER/ Hagl | manufacturer |
| 2 | Anlagenbezeichnung | SH 265 | type name |
| 3 | Betriebsweise (Stromgeführt / Wärmegeführt) | kombiniert | operating method |
| 4 | Nennleistung | 265 kW | rated power |
| 5 | Nennspannung | 400 V | rated voltage |
| 6 | Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom | ca. 8x In | contribution to short circuit current |
| 2 | Verbrennungsmotor | | Combustion engine |
| 1 | Hersteller | MAN | manufacturer |
| 2 | Typenbezeichnung | MAN E 2848 LE 322 | type name |
| 3 | Art | Gasmotor | generic type |
| 4 | Anzahl | 1 | numbers |
| 5 | Brennstoff(e) | Gas | fuel |
| 6 | Nennleistung | 265 kW | rated power |
| 7 | Nenndrehzahlen oder Drehzahlbereich | 1500 /rpm | rated speed(s) / speed range |
| 3 | Wärmetauscher | | Heat exchanger |
| 1 | Hersteller | SOMMER/ Hagl | manufacturer |
| 2 | Typenbezeichnung | | type |
| 3 | Anzahl | 2 | numbers |
| 4 | Art | Rohrbündel- WT Plattenwärmetauscher | design |
| 4 | Generator | | Generator |
| 1 | Hersteller | Leroy Somer | manufacturer |
| 2 | Typenbezeichnung | LSA 47.2 VS2 | type |
| 3 | Anzahl | 1 | numbers |
| 4 | Art | Synchron | generic type of design |
| 5 | Nennscheinleistung | 330 kVA | rated apparent power |
| 6 | Bereich Verschiebungsfaktor | 0,95übererr-0,95untere | displacement factor (range) |
| 7 | Nenndrehzahlen oder Drehzahlbereich | 1500 /rpm | rated speed(s) / speed range |
| 8 | Nennspannung | 400 V | voltage |
| 9 | Frequenz | 50 Hz | frequency |
| 10 | Nennschlupf | - | rated slip |
| 5 | Betriebsführung / Regelung | | Control system / control |
| 1 | Art der Leistungsregelung | PID | generic type of power control |
| 2 | Antrieb der Leistungsregelung | Schrittmotor | actuation of power control |
| 3 | Hersteller der Betriebsführung / Regelung | SIEMENS | manufacturer of control system |
| 4 | - Typenbezeichnung | SIMATIC S7 | - type |
| 5 | - Verwendete Steuerungskurve | SH1.7 | - applied control characteristic |



| 6 Sonstige elektrische Komponenten | | Other electric installations | | |
|------------------------------------|--|------------------------------|-------------------|---|
| 1 | Netzkurzschlussleistung | _____ | MVA | short-circuit apparent power |
| 2 | Netzimpedanzwinkel | _____ | ° | network impedance phase angle |
| 3 | N ₁₀ , Einschalten | _____ | | N ₁₀ , start up |
| 4 | N ₁₂₀ , Einschalten | _____ | | N ₁₂₀ , start up |
| 5 | N ₁₀ , Ausschalten | _____ | | N ₁₀ , cut off |
| 6 | N ₁₂₀ , Ausschalten | _____ | | N ₁₂₀ , cut off |
| 7 | N ₁₀ , Umschalten zwischen den Generatoren | _____ | | N ₁₀ , switching between generators |
| 8 | N ₁₂₀ , Umschalten zwischen den Generatoren | _____ | | N ₁₂₀ , switching between generators |
| 9 | Anzahl der Kompensationsstufen | _____ | | number of compensation stages |
| 10 | Blindleistung Stufe 1 | _____ | kvar | reactive power stage 1 |
| 11 | Blindleistung Stufe 2 | _____ | kvar | reactive power stage 2 |
| 12 | Blindleistung Stufe _ | _____ | kvar | reactive power stage _ |
| 13 | Blindleistung Stufe _ | _____ | kvar | reactive power stage _ |
| 14 | Art der Netzkopplung | _____ | direkt | generic type of interconnection |
| 15 | - Hersteller | _____ | | - manufacturer |
| 16 | - Typenbezeichnung | _____ | | - type |
| 17 | Netzschutzhersteller | _____ | Ziehl | grid protection manufacturer |
| 18 | - Typenbezeichnung | _____ | UFR 1001 E | - type |
| 19 | - Einstellbereiche: | _____ | | - adjustment ranges: |
| 20 | Spannungssteigerungsschutz | _____ | V | overvoltage protection |
| 21 | Spannungsrückgangsschutz | _____ | V | undervoltage protection |
| 22 | Frequenzsteigerungsschutz | _____ | Hz | overfrequency protection |
| 23 | Frequenzrückgangsschutz | _____ | Hz | underfrequency protection |
| 24 | Typenbezeichnung der Abschalteinheit | _____ | Leistungsschalter | circuit breaker type |
| 25 | Umrichterhersteller | _____ | | converter manufacturer |
| 26 | Umrichtertyp | _____ | | converter type |
| 27 | Umrichterscheinennleistung | _____ | kVA | converter apparent rated power |
| 28 | Umrichterart | _____ | | generic type of converter |
| 29 | Pulszahl des Umrichters | _____ | | pulse rate of converter |
| 30 | Haupttaktfrequenz des Umrichters | _____ | | main clock rate of converter |
| 31 | Oberschwingungsfilter (ja / nein) | _____ | | harmonic filter (yes / no) |

7 Typenprüfung **Type test**

| | | | |
|---|--------------|-------|-------------------|
| 1 | Prüfbehörde | _____ | testing authority |
| 2 | Aktenzeichen | _____ | reference |

8 Informativer Teil **Informative**

| | | | | |
|---|-------------------------------|-------|------------|--|
| 1 | Standort des vermessenen BHKW | _____ | Aachen | location of measured CHP |
| 2 | Koordinaten des Standortes | _____ | | geographical coordinates of the location |
| 3 | Seriennummer des BHKW | _____ | 2014 04 01 | serial number of CHP |

Anschrift des Herstellers

A. Dahl

Stempel, Unterschrift
stamp, signature

Address of manufacturer

SOMMER energy
 Hauptstr. 52
 37355 Deuna

 Elektro Hagl
 Im Gewerbegebiet 18
 85290 Geisenfeld

sind, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.
 depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to its technical data.

Anhang C zum Zertifikat

Anhang C zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-26



Anhang C zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-26

Modelldokumentation sowie
Modellparameter

SOMMER energy GmbH
Baureihe „SH“



Parameter für die einzelnen Varianten

Die Modellparameter für die einzelnen Varianten sind in folgenden Dokumenten zu finden.

| Datei | EZE -Familie | MD5-Checksumme |
|--|--------------|----------------------------------|
| Dokumentation_SommerEnergy_SH65_20151110_v2.pdf | SH 65 | 4b38cb628fc8e3e52a8c6ea648ca107c |
| Dokumentation_SommerEnergy_SH265_20160708_v3.pdf | SH 265 | 5e75b7721959154fb66982a2bcc78fc4 |

Anhang D zum Zertifikat

Anhang D zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-26



Anhang D zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-26

Auszüge aus den Prüfberichten

SOMMER energy GmbH
SH 65 und SH 265

Auszug aus dem Prüfbericht: SH 265, vgl. /12/



**Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften
der Verbrennungskraftmaschine
SH 265 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in
Aachen/Deutschland,
nach FGW TR 3, Rev. 23/
*Determination of the electrical properties of
the combustion engine SH 265 by
manufacturer vom SOMMER/ Hagl in
Aachen/Germany, according to FGW TR 3,
Rev. 23***

**Auszug aus dem Prüfbericht /
Extract from the test report**

2015-03-16

NV13028B3A1

Frimmersdorfer Str. 73a · D-41517 Grevenbroich · Phone +49 (0)2181 2278-0 · Fax +49 (0)2181 2278-11 · info@windtest-nrw.de · www.windtest-nrw.de

Geschäftsführerin / Managing Director: Dipl.-Geol. Monika Krämer · Handelsregister/Commercial Register: Amtsgericht Mönchengladbach HRB 7758
USt.-IdNr./VAT No.: DE 163895079 · Steuer-Nr./Tax-ID: 114/5777/0301
Bankverbindungen/Bankaccount: Sparkasse Neuss: BLZ 305 500 00, Kto.-Nr. 800 272 04 · IBAN DE: 74 3055 0000 0080 0272 04 · BIC: WELA DE 33





NV13028B3A1

Seite 2 von 8 / page 2 of 8

| Auszug aus dem Prüfbericht/Extract from the test report | |
|---|--|
| Netzverträglichkeit und Regelverhalten/Power Quality and Grid Control Capability | |
| Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der SH 265/ Determination of the electrical properties of the SH 265 | |
| Auszug Nr./Extract No: NV13028B3A1 | |
| FGW: Technische Richtlinie Teil 3, Rev. 23/FGW: Technical Guideline Part 3, Rev. 23 | |
| Anlagentyp/Installation type: | SH 265 Herstellerangaben/Manufacturer's specifications: |
| Anlagenhersteller/Manufacturer: SOMMER/ Hagl | Anlagenart/ Generic type: Synchrongenerator / synchronous generator of installation: |
| | Nennleistung Pn/Rated power Pn: 265 kW |
| Prüfbericht/test report: NV13028B3 | Messzeitraum/Period of measurement: 2014-04-23 bis 2014-05-02 2014-04-23 to 2014-05-02 |

Neendaten / Rated data:

| | | | |
|--|------------|---|---------|
| Nennscheinleistung S_n Rated apparent power S_n | 265,00 kVA | Nennstrom I_n Rated current I_n | 382,5 A |
| Nennfrequenz f_n rated frequency f_n | 50 Hz | Nennspannung U_n rated Voltage U_n | 400 V |

Flicker:

| | | | | |
|---|------|------|------|------|
| Netzimpedanzwinkel/ Network impedance phase angle, φ_k | 30° | 50° | 70° | 85° |
| Flickerkoeffizient/Flicker coefficient, $c(\varphi_k)$ | 1,87 | 1,78 | 1,66 | 1,57 |

Schalthandlungen/Switching operations:

| Schaltevorgang/Case of switching operation | Einschalten bei Nennleistung/Start-up at rated power | | | |
|---|---|-------|-------|-------|
| Netzimpedanzwinkel/Grid impedance angle | 30° | 50° | 70° | 85° |
| Spannungsänderungsfaktor/ Voltage change factor, $k_{U}(\varphi_k)$ | 0,889 | 0,693 | 0,415 | 0,171 |
| Flickerformfaktor/ Flicker step factor, $k_f(\varphi_k)$ | 0,227 | 0,160 | 0,130 | 0,161 |
| Schaltevorgang/Case of switching operation | Seviceabschaltung bei Nennleistung/Cut off at rated power | | | |
| Netzimpedanzwinkel/Grid impedance angle | 30° | 50° | 70° | 85° |
| Spannungsänderungsfaktor/ Voltage change factor, $k_{U}(\varphi_k)$ | 0,887 | 0,691 | 0,414 | 0,170 |
| Flickerformfaktor/ Flicker step factor, $k_f(\varphi_k)$ | 0,148 | 0,110 | 0,072 | 0,066 |
| Schlechtester Wert aller Schalthandlungen, k_{fmax} Worst case all switching operation, k_{fmax} | 1,130 | | | |



Oberschwingungsmessungen/Harmonics

| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Nr./ Order | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) |
| 2 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,10 |
| 3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,81 | 0,91 | 0,97 | 1,00 | 1,06 | 1,22 |
| 4 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| 5 | -- | -- | -- | -- | -- | 2,16 | 2,21 | 2,53 | 2,52 | 2,78 | 3,05 |
| 6 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,29 | 0,40 | 0,67 | 0,85 | 1,09 | 1,37 |
| 8 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| 9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,07 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,17 |
| 10 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| 11 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,27 | 0,29 | 0,36 | 0,37 | 0,34 | 0,33 |
| 12 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 13 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,33 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,32 | 0,26 |
| 14 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 15 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| 16 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 17 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,10 |
| 18 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 19 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,04 |
| 20 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 |
| 21 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 22 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 23 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,32 |
| 24 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 25 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 |
| 26 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 27 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 28 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 29 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 30 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 31 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| 32 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 33 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 34 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 35 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 36 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 37 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 38 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| 39 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 40 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| 41 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 42 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 43 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 44 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 45 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 46 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 47 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| 48 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 49 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 50 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| THC (%) | -- | -- | -- | -- | -- | 2,39 | 2,49 | 2,87 | 2,92 | 3,23 | 3,61 |



NV13028B3A1

Seite 4 von 8 / page 4 of 8

Zwischenharmonische, Normalbetrieb/Interharmonics at continuous operation

| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| f 50/60Hz z (Hz) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) |
| 75 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,19 | 0,20 | 0,23 | 0,28 | 0,29 | 0,31 |
| 125 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 |
| 175 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 225 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| 275 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 325 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 375 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 425 | -- | -- | -- | -- | -- | 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 |
| 525 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 575 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 625 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 675 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 725 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 775 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 825 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 875 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 925 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 975 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1025 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1075 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1125 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1175 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| 1225 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1275 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1325 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1375 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1425 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1475 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1525 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1575 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1625 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1675 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1725 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1775 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1825 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1875 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1925 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1975 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |

www.windtest-mw.de



NV13028B3A1

Seite 5 von 8 / page 5 of 8

Höhere Frequenzen im Normalbetrieb/Higher Frequencies components

| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| f (kHz) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) |
| 2,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 2,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| 2,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 2,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 2,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,13 | 0,11 |
| 3,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 3,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,16 | 0,13 | 0,09 | 0,05 | 0,01 | 0,05 |
| 4,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| 4,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 4,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,09 | 0,14 | 0,17 |
| 5,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 5,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 5,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 5,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,07 | 0,13 | 0,18 | 0,19 | 0,18 |
| 6,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 6,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 6,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 6,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,10 | 0,16 | 0,19 | 0,18 | 0,13 | 0,07 |
| 7,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 7,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 7,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 7,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,17 | 0,19 | 0,16 | 0,09 | 0,01 | 0,10 |
| 8,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 8,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 8,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 8,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,04 |

www.windtest-mw.de



NV13028B3A1

Seite 6 von 8 / page 6 of 8

Trennung der EZE vom Netz/Cut-off from grid

| | |
|--|---|
| Die Überprüfung der Gesamtwirkungskette führte zu einer erfolgreichen Abschaltung. <i>The test of the whole trip circuit led to a successful shut down.</i> | |
| Eigenzeit der Abschalteinheit/ <i>Operating time of circuit breaker:</i> | aus Messung/by measurement: 0,092 s aus Prüfzertifikat/by test certificate: -- |

Leistung/Performance

| | | | | | |
|----------------------------|--------|--------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| $P_{600} = P_{10min}$ [kW] | 264,84 | $P_{60} =$ [kW] | 265,68 | $P_{0,2} = P_{momentan}$ [kW] | 270,85 |
| $p_{600} = P_{600}/P_{nG}$ | 1,00 | $p_{60} = P_{60}/P_{nG}$ | 1,00 | $p_{0,2} = P_{0,2}/P_{nG}$ | 1,02 |

Leistungsbegrenzung/power set point control

| | | |
|---|---|---|
| Arithmetischer Mittelwert aller Gradienten der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzüberhöhung <i>Arithmetic average value of power gradients at overfrequency</i> | Gradient = 40,05 % von P_{nom}/Hz <i>gradient = 40.05 % of P_{nom}/Hz</i> | |
| Die EZE kann mit reduzierter Leistung betrieben werden <i>The unit is able to run at reduced power</i> | Ja/Yes | |
| Maximale Sollwertabweichung der Wirkleistung <i>Max. deviation of power setting</i> | Überschreitung/exceeding 6,32 kW at 100 % P_r | Unterschreitung/undercut 0,99 kW at 90 % P_r |
| Einstellzeit der Leistung für ein Sollwertsprung <i>response time of the power output after a setting</i> | 100 auf 50% P_n 100 to 50% P_n | 38,16 s |
| Wiederzuschaltzeit/reconnection time | -- | |
| Maximaler Gradient der Wirkleistung nach Spannungslosigkeit <i>Maximum power gradient after disconnection</i> | 5,74 % von $P_r/Min.$ 5,74 % of $P_r/min.$ | |

Blindleistungsbereitstellung/Provision of reactive power

| | P/P_n | Q_{ind} | Q_o | Q_{kap} | P/P_n | Q_{ind} | Q_o | Q_{kap} |
|--|---|-----------|--------------------------|-----------|--|-----------|-------|-----------|
| Blindleistungsregelung [kvar] im Normalbetrieb und (P(Q)-Kennlinie) / <i>Control of reactive power [kvar] in normal operation mode and (P(Q)-Diagram)</i> | 0% | -- | -- | -- | 60% | -60,31 | -0,53 | 46,01 |
| | 10% | -- | -- | -- | 70% | -67,05 | 0,46 | 56,54 |
| | 20% | -- | -- | -- | 80% | -74,88 | 2,57 | 66,62 |
| | 30% | -- | -- | -- | 90% | -82,69 | 4,42 | 76,14 |
| | 40% | -- | -- | -- | 100% | -90,87 | -3,95 | 85,48 |
| | 50% | -46,77 | -3,26 | 35,22 | 110% | -- | -- | -- |
| Blindleistungsregelung durch Sollwertvorgabe / <i>Control of reactive power through set point signal</i> | Blindleistungsregelung durch/ <i>Control of reactive power through</i> | | | | Verschiebungsfaktors/ <i>power factor</i> | | | |
| | 100 % P_n | | | | | | | |
| | Sollwert / setpoint | | Istwert / measured value | | | | | |
| | Stufe / step | Q [kvar] | cos(φ) | Q [kvar] | | | | |
| | 1 | 0 | 0,999 | -9,99 | | | | |
| | 2 | 87,24 | 0,951 kap. | 85,48 | | | | |
| | 3 | -86,51 | 0,944 ind. | -91,04 | | | | |
| 4 | 0 | 1,000 | -0,40 | | | | | |



| 90 % P_n | | | |
|---------------------------|----------|--------------------------|----------|
| Sollwert / setpoint | | Istwert / measured value | |
| Stufe / step | Q [kvar] | cos(φ) | Q [kvar] |
| 1 | 0 | 1,000 | -3,48 |
| 2 | 78,58 | 0,952 kap. | 76,14 |
| 3 | -78,00 | 0,944 ind. | -82,69 |
| 4 | 0 | 0,999 | -1,99 |

| 80 % P_n | | | |
|---------------------------|----------|--------------------------|----------|
| Sollwert / setpoint | | Istwert / measured value | |
| Stufe / step | Q [kvar] | cos(φ) | Q [kvar] |
| 1 | 0 | 1,000 | 1,61 |
| 2 | 69,84 | 0,954 kap. | 66,65 |
| 3 | -69,34 | 0,942 ind. | -74,88 |
| 4 | 0 | 0,999 | -0,35 |

| 70 % P_n | | | |
|---------------------------|----------|--------------------------|----------|
| Sollwert / setpoint | | Istwert / measured value | |
| Stufe / step | Q [kvar] | cos(φ) | Q [kvar] |
| 1 | 0 | 1,000 | -2,24 |
| 2 | 60,12 | 0,956 kap. | 56,53 |
| 3 | -60,71 | 0,940 ind. | -67,06 |
| 4 | 0 | 0,999 | 0,27 |

| 60 % P_n | | | |
|---------------------------|----------|--------------------------|----------|
| Sollwert / setpoint | | Istwert / measured value | |
| Stufe / step | Q [kvar] | cos(φ) | Q [kvar] |
| 1 | 0 | 1,000 | -0,47 |
| 2 | 52,43 | 0,960 kap. | 46,01 |
| 3 | -52,10 | 0,935 ind. | -60,31 |
| 4 | 0 | 0,999 | -1,32 |

| 50 % P_n | | | |
|---------------------------|----------|--------------------------|----------|
| Sollwert / setpoint | | Istwert / measured value | |
| Stufe / step | Q [kvar] | cos(φ) | Q [kvar] |



NV13028B3A1

Seite 8 von 8 / page 8 of 8

| | | | | |
|--|--|--------|------------|--------|
| | 1 | 0 | 0,999 | -3,46 |
| | 2 | 43,73 | 0,966 kap. | 35,22 |
| | 3 | -43,43 | 0,943 ind. | -46,78 |
| | 4 | 0 | 0,999 | -3,32 |
| Einstellgenauigkeit der Blindleistung/ Positioning accuracy of reactive power | ± 5 % P _n | | | |
| Minimale Stufung der Blindleistung/ Steps of reactive power | -- | | | |
| Längste Einstellzeit / Longest response time | 31,55 s | | | |
| Anmerkung/remark: | Q(U)-Betrieb ist möglich Operation in Q(U) mode is possible | | | |

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht gilt nur in Verbindung mit dem Prüfbericht Nr. NV13028B3.

This extract from the test report is only valid in conjunction with the test report no. NV13028B3.

Gemessen durch: windtest grevenbroich gmbh

measured by: windtest grevenbroich gmbh

Bearbeiter/Engineer: B. Eng. Pascal Krey

Datum/ Date: 2015-03-16



Prüfer: Dipl.-Ing. Andy Jakobs

Bearbeiter: B. Eng. Pascal Krey

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht enthält 8 Seiten.

Vordruck urheberrechtlich geschützt. Nachdruck und Vervielfältigung nur mit Zustimmung der Herausgeber.

This test report comprises 8 pages total. Copyright by the publisher.

No part of this form may be reproduced in any form or by any means without permission of the publisher

Auszug aus dem Prüfbericht: SH 65, vgl. /13/



Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH65 nach FGW TR 3, Rev. 23

Determination of the electrical properties of the combustion engine SH65 according to FGW TR 3, Rev. 23

**Auszug aus dem Prüfbericht /
Extract from the test report**

2015-03-16

NV14009B2A1

Frimmersdorfer Str. 73a D-41517 Grevenbroich · Phone +49 (0) 2181 2278-0 · Fax +49 (0) 2181 2278-11 · info@windtest-nrw.de · www.windtest-nrw.de

Geschäftsführerin / Managing Director: Dipl.-Geol. Monika Krämer · Handelsregister/Commercial Register: Amtsgericht Mönchengladbach HRB 7758
USt-IdNr./VAT No.: DE 183895079 · Steuer-Nr./Tax-ID: 114/5777/0301
Bankverbindungen/Bankaccount: Sparkasse Neuss: BLZ 305 500 00, Kto.-Nr. 800 272 04 · IBAN DE: 7430550000080027204 · BIC: WELA DE 33





NV14009B2A1

Seite 2 von 8 / page 2 of 8

| Auszug aus dem Prüfbericht/Extract from the test report | |
|--|---|
| Netzverträglichkeit und Regelverhalten/Power Quality and Grid Control Capability | |
| Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH65 Determination of the electrical properties of the combustion engine SH65 | |
| Auszug Nr./Extract No: NV14009B2A1 | |
| Technische Richtlinie Teil 3, Rev. 23, FGW/FGW: Technical Guideline Part 3, Rev. 23 | |
| Anlagentyp/Installation type: | Verbrennungskraftmaschine/ combustion engine |
| Anlagenhersteller/Manufacturer: | Herstellerangaben/Manufacturer's specifications: |
| Sommer Energy GmbH / Elektro Hagl Hauptstr. 52 37355 Deuna | Anlagenart/ Generic type of installation: |
| | 3~ Synchrongenerator/ 3~ synchronous generator |
| Nennleistung P_n /Rated power P_r : 65 kW | |
| Prüfbericht/test report: NV14009B2 | |
| Messzeitraum/Period of measurement: 2014-11-04 bis 2014-11-13 | |

Neendaten / Rated data:

| | | | |
|---|-------|---|--------|
| Nennleistung P_n Rated power P_r | 65 kW | Nennstrom I_n Rated current I_r | 93,8 A |
| Nennfrequenz f_n rated frequency f_r | 50 Hz | Nennspannung $U_{n,MS}$ rated Voltage $U_{r,LV}$ | 400 V |

Flicker:

| | | | | |
|--|------|------|------|------|
| Netzimpedanzwinkel/ Network impedance phase angle, γ_k | 30° | 50° | 70° | 85° |
| Flickerkoeffizient/Flicker coefficient, $c(\psi_k)$ | 2,01 | 1,64 | 1,21 | 1,03 |

Schalthandlungen/Switching operations:

| Schaltevorgang/Case of switching operation | Einschaltvorgang bei Nennleistung /Start-up at rated power | | | |
|--|--|-------|-------|-------|
| Max. Anzahl an Schalthandlungen, N_{10} Max. number of switching operations, N_{10} | -- | | | |
| Max. Anzahl an Schalthandlungen, N_{120} Max. number of switching operations, N_{120} | -- | | | |
| Netzimpedanzwinkel/Grid impedance angle | 30° | 50° | 70° | 85° |
| Spannungsänderungsfaktor/ Voltage change factor, $k_U(\psi_k)$ | 0,845 | 0,634 | 0,348 | 0,103 |
| Flickerformfaktor/ Flicker step factor, $k_f(\psi_k)$ | 0,247 | 0,157 | 0,144 | 0,191 |
| Maximaler Schaltstromfaktor, $k_{I,max}$ Maximum current factor, $k_{I,max}$ | 1,067 | | | |

| Schaltevorgang/Case of switching operation | Seviceabschaltung bei Nennleistung/Cut-off at rated power | | | |
|--|---|-------|-------|-------|
| Max. Anzahl an Schalthandlungen, N_{10} Max. number of switching operations, N_{10} | -- | | | |
| Max. Anzahl an Schalthandlungen, N_{120} Max. number of switching operations, N_{120} | -- | | | |
| Netzimpedanzwinkel/Grid impedance angle | 30° | 50° | 70° | 85° |
| Spannungsänderungsfaktor/ Voltage change factor, $k_U(\psi_k)$ | 0,833 | 0,621 | 0,335 | 0,091 |
| Flickerformfaktor/ Flicker step factor, $k_f(\psi_k)$ | 0,130 | 0,093 | 0,067 | 0,081 |
| Maximaler Schaltstromfaktor, $k_{I,max}$ Maximum current factor, $k_{I,max}$ | 1,027 | | | |



NV14009B2A1

Seite 3 von 8 / page 3 of 8

Oberschwingungsmessungen/Harmonics

Harmonische im Normalbetrieb/Harmonics at continuous operation

| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Nr./ Order | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) |
| 2 | -- | -- | -- | -- | -- | 1,47 | 1,93 | 2,21 | 2,51 | 2,85 | 3,27 |
| 3 | -- | -- | -- | -- | -- | 2,00 | 2,09 | 2,14 | 2,23 | 2,29 | 2,54 |
| 4 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,11 |
| 5 | -- | -- | -- | -- | -- | 4,90 | 5,05 | 4,79 | 5,34 | 5,89 | 6,66 |
| 6 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,13 |
| 7 | -- | -- | -- | -- | -- | 1,17 | 1,11 | 0,88 | 0,92 | 1,18 | 1,21 |
| 8 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,08 |
| 9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,17 | 0,21 | 0,25 |
| 10 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| 11 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,50 | 0,46 | 0,43 |
| 12 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| 13 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,32 | 0,45 | 0,59 | 0,68 | 0,78 | 0,88 |
| 14 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| 15 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,13 | 0,05 |
| 16 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 17 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,13 | 0,14 | 0,19 | 0,23 | 0,24 | 0,26 |
| 18 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 19 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,22 | 0,25 |
| 20 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 21 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 22 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 23 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,29 | 0,29 |
| 24 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| 25 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,27 | 0,28 | 0,30 | 0,31 | 0,31 | 0,32 |
| 26 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| 27 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| 28 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 29 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,11 |
| 30 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 31 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,07 |
| 32 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 33 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 34 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 35 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| 36 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 37 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 38 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 39 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 40 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 41 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 42 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 43 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 44 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 45 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 46 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 47 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,06 |

www.windtest-nrw.de



NV14009B2A1

Seite 4 von 8 / page 4 of 8

| | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|
| 48 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 49 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 50 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| THC [%] | -- | -- | -- | -- | -- | 5,66 | 5,96 | 5,83 | 6,46 | 7,12 | 8,02 |

Zwischenharmonische im Normalbetrieb/Interharmonics at continuous operation

| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| f (Hz) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) |
| 75 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,19 | 0,19 | 0,23 | 0,23 | 0,26 | 0,30 |
| 125 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,09 | 0,09 |
| 175 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,09 | 0,10 |
| 225 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,06 |
| 275 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 |
| 325 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| 375 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| 425 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,04 |
| 475 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| 525 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| 575 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 625 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| 675 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 725 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| 775 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| 825 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 875 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 925 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 975 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1025 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1075 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1125 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1175 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1225 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1275 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 1325 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1375 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1425 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1475 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1525 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1575 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1625 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1675 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1725 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1775 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1825 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1875 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1925 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1975 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |

www.windtest-nrw.de



NV14009B2A1

Seite 5 von 8 / page 5 of 8

Höhere Frequenzen im Normalbetrieb/Higher Frequencies components

| P _{bin} (%) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| f (kHz) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) | I _h /I _n (%) |
| 2,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 |
| 2,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,06 |
| 2,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 2,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 2,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| 3,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 3,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 3,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 4,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 4,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 4,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 4,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 4,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 5,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 5,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 5,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 5,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 5,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| 6,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 6,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 7,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 8,1 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8,3 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8,5 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8,7 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8,9 | -- | -- | -- | -- | -- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |

Trennung der EZE vom Netz/Cut-off from grid

| | | | | |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Die Überprüfung der Gesamtwirkungskette wurde nicht durchgeführt. The test of the whole trip circuit was not performed. | | | |
| | Einstellwert Setting value | Auslösewert(e) Release value(s) | Einstellwert Setting value | Abschaltzeit Release time |
| Spannungsrückgangsschutz U</ | -- | -- | -- | -- |
| Spannungsrückgangsschutz U<</ | -- | -- | -- | -- |

www.windtest-mw.de



NV14009B2A1

Seite 6 von 8 / page 6 of 8

| | | | | |
|--|----|----|----|----|
| Spannungssteigerungsschutz U>/ Over-voltage protection U>: | -- | -- | -- | -- |
| Spannungssteigerungsschutz U>/ Over-voltage protection U>: | -- | -- | -- | -- |
| Frequenzrückgangsschutz f</ Under-frequency protection f<: | -- | -- | -- | -- |
| Frequenzsteigerungsschutz f>/ Over-frequency protection f>: | -- | -- | -- | -- |

Zuschaltbedingungen/Cut-in conditions

| | Einstellwert/Setting value [pu] oder/or [Hz] | Zuschaltung erfolgt bei/ Cut-in at |
|--------------------------------|---|---------------------------------------|
| Unterspannung/Under-voltage: | -- | -- |
| Unterfrequenz/Under-frequency: | -- | -- |
| Überfrequenz/Over-frequency: | -- | -- |

Leistung/Performance

| | | | | | |
|----------------------------|-------|--------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| $P_{600} = P_{10min}$ [kW] | 64,29 | $P_{60} = P_{1min}$ [kW] | 64,37 | $P_{0.2} = P_{momentan}$ [kW] | 65,03 |
| $p_{600} = P_{600}/P_{nG}$ | 0,99 | $p_{60} = P_{60}/P_{nG}$ | 0,99 | $p_{0.2} = P_{0.2}/P_{nG}$ | 1,00 |

Leistungsbegrenzung/Power set point control

| | | |
|--|--|---|
| Mittlerer Gradient der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzüberhöhung Mean power gradient at overfrequency | Mittlerer Gradient = 39,93 % von P_{mom}/Hz Average gradient = 39,93% of P_{mom}/Hz | |
| Die EZE kann mit reduzierter Leistung betrieben werden The unit is able to run at reduced power | Ja/Yes | |
| Maximale Sollwertabweichung der Wirkleistung Max. deviation of power setting | Überschreitung/ exceeding -- / -- | Unterschreitung/ undercut 0,68 kW bei 100 % P_n / 0,68 kW at 100 % P_n |
| Einschwingzeit der Leistung für ein Sollwertsprung Response time of the power output after a setting | <input checked="" type="checkbox"/> 100 % → 50% P_n | 34,29 s |
| Wiederzuschaltzeit/Reconnection time | -- | |
| Gradient der Wirkleistung nach Spannungslosigkeit Power gradient after disconnection | Maximaler Prozentualer Gradient = 7,85 % P_n/Min Maximum percentage gradient = 7,85 % P_n/Min | |



NV14009B2A1

Seite 7 von 8 / page 7 of 8

Blindleistungsbereitstellung/Provision of reactive power

| | P _{bin} %/P _n | Q = 0 | | | | | |
|--|--|---|----------|--------|---|--------|-------|
| | | P [kW] | Q [kvar] | cos(φ) | | | |
| Blindleistung bei Sollwertvorgabe Q = 0 / Reactive power at setpoint Q = 0 | 100 | 64,29 | -0,02 | 1 | | | |
| | 90 | 57,91 | -0,05 | 1 | | | |
| | 80 | 51,47 | -0,32 | 1 | | | |
| | 70 | 45,08 | -0,35 | 1 | | | |
| | 60 | 38,64 | -0,44 | 1 | | | |
| | 50 | 32,21 | -0,08 | 1 | | | |
| | Blindleistungsregelung [kvar] (P(Q)-Diagramm) / Control of reactive power [kvar] (P(Q)-diagram) | Blindleistungsbezug (max. induktiv, untererregt) | | | Blindleistungsbereitstellung (max. kapazitiv, übererregt) | | |
| P [kW] | | Q [kvar] | cos(φ) | P [kW] | Q [kvar] | cos(φ) | |
| 100 | | 64,39 | -20,27 | 0,950 | 64,27 | 20,38 | 0,952 |
| 90 | | 57,94 | -18,38 | 0,950 | 58,06 | 18,55 | 0,951 |
| 80 | | 51,65 | -16,21 | 0,950 | 51,65 | 16,37 | 0,951 |
| 70 | | 45,09 | -14,30 | 0,949 | 45,17 | 14,05 | 0,952 |
| 60 | | 38,72 | -12,03 | 0,949 | 38,74 | 12,06 | 0,952 |
| 50 | 32,28 | -9,71 | 0,952 | 32,28 | 10,51 | 0,947 | |
| Blindleistungsregelung durch Sollwertvorgabe Control of reactive power through set point signal | | <input checked="" type="checkbox"/> cos(φ) <input type="checkbox"/> Q | | | | | |
| Einstellgenauigkeit der Blindleistung/ Positioning accuracy of reactive power | | ± 5 % P _n | | | | | |
| Minimale Stufung der Blindleistung in [kvar]/ Minimum steps of reactive power in [kvar] | | -- | | | | | |
| Längste Einstellzeit / Longest response time | | 5,68 s | | | | | |
| Anmerkung/remark: | | -- | | | | | |



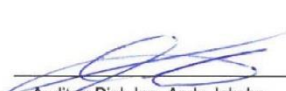
NV14009B2A1


Seite 8 von 8 / page 8 of 8

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht gilt nur in Verbindung mit dem Prüfbericht Nr. NV14009B2.
This extract from the test report is only valid in conjunction with the test report no. NV14009B2.

Gemessen durch: windtest grevenbroich gmbh
measured by: windtest grevenbroich gmbh
Bearbeiter/Engineer: B. Eng. Pascal Krey
Datum/Date: 2015-03-16




Auditor: Dipl.-Ing. Andy Jakobs


Editor: B. Eng. Pascal Krey

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht enthält 8 Seiten.
Vordruck urheberrechtlich geschützt. Nachdruck und Vervielfältigung nur mit Zustimmung der Herausgeber.
This test report comprises 8 pages total. Copyright by the publisher.
No part of this form may be reproduced in any form or by any means without permission of the publisher



Anhang E zum Zertifikat

Anhang E zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-26



Anhang E zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-26

Kurzschlussstromverläufe der
Generatoren

SOMMER energy GmbH
Baureihe „SH“

Kurzschlussstromverläufe der Generatoren (/23/ bis /42/)

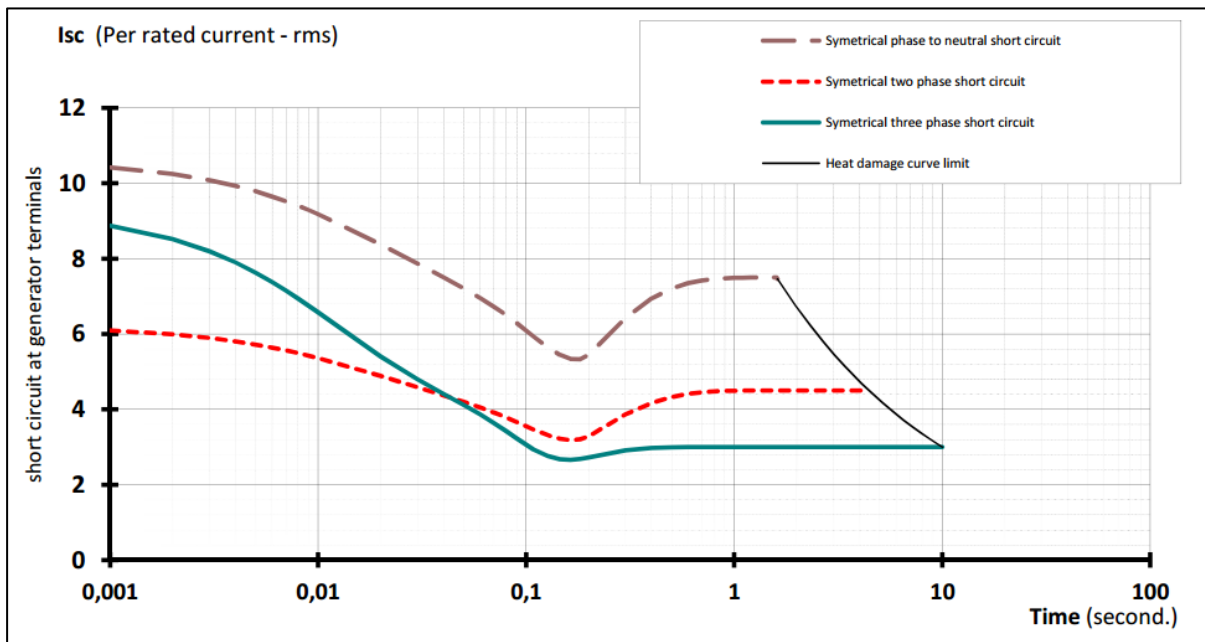


Abbildung 37: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.3 S3, I_{nG} = 105 A

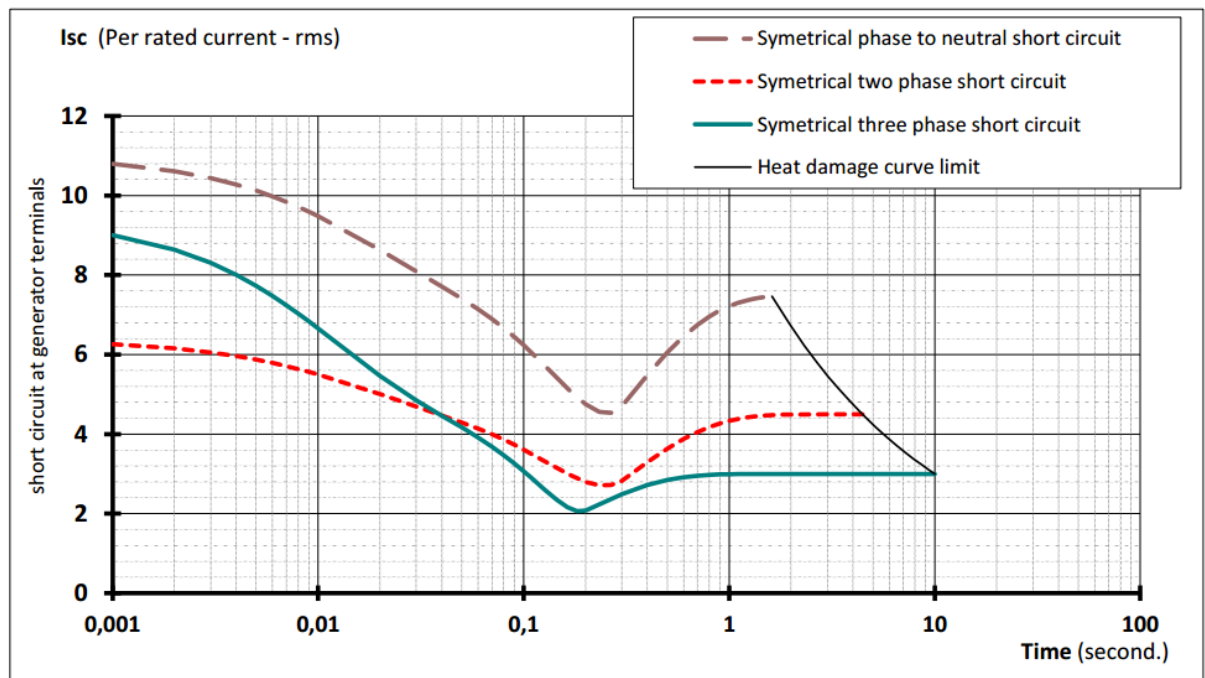


Abbildung 38: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.3 S4, I_{nG} = 118 A

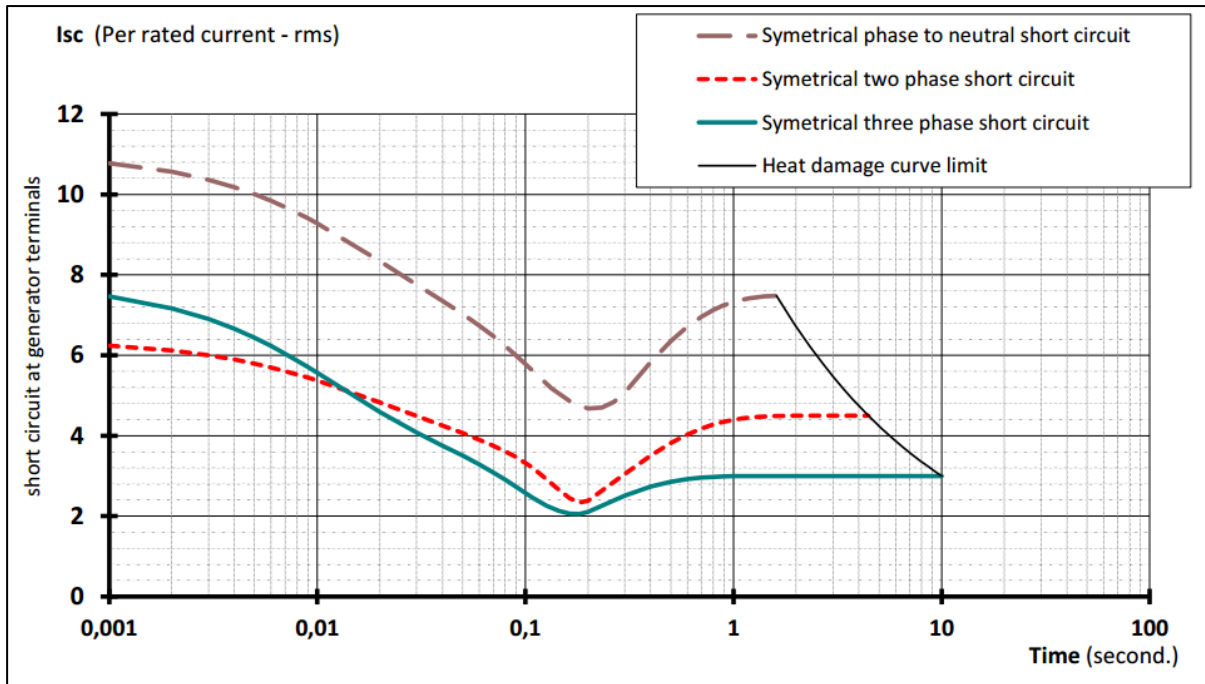


Abbildung 39: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.2 VS45, $I_{nG} = 137 \text{ A}$

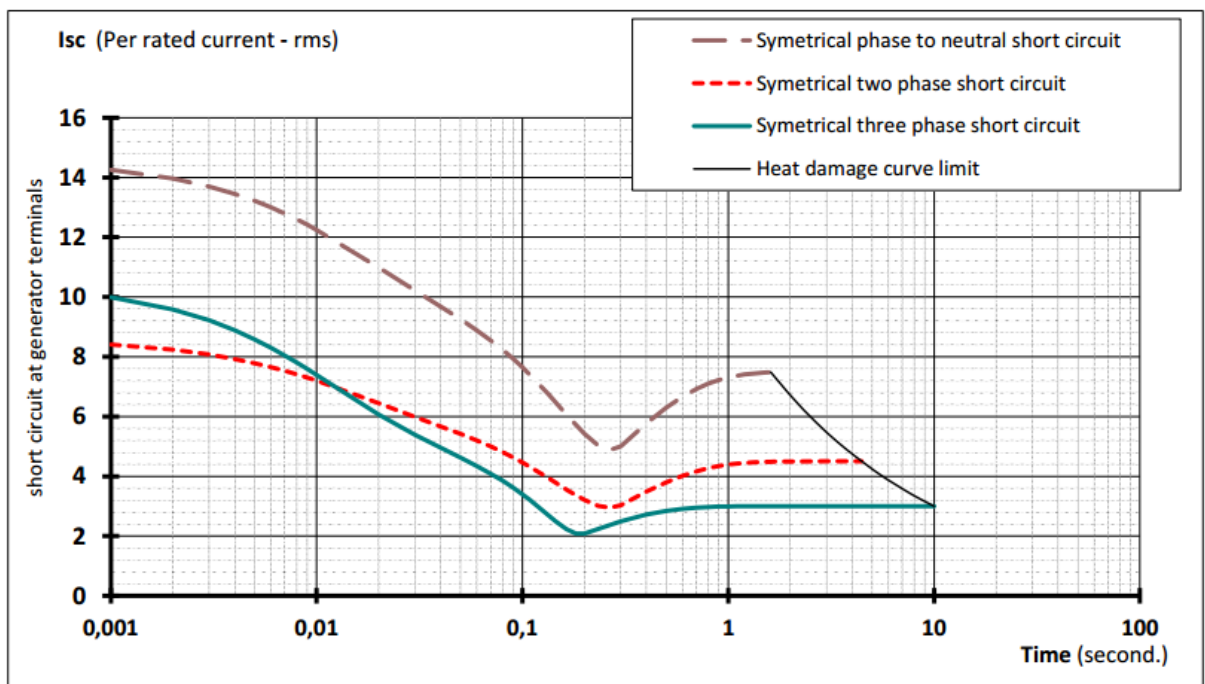


Abbildung 40: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.2 M95, $I_{nG} = 188 \text{ A}$

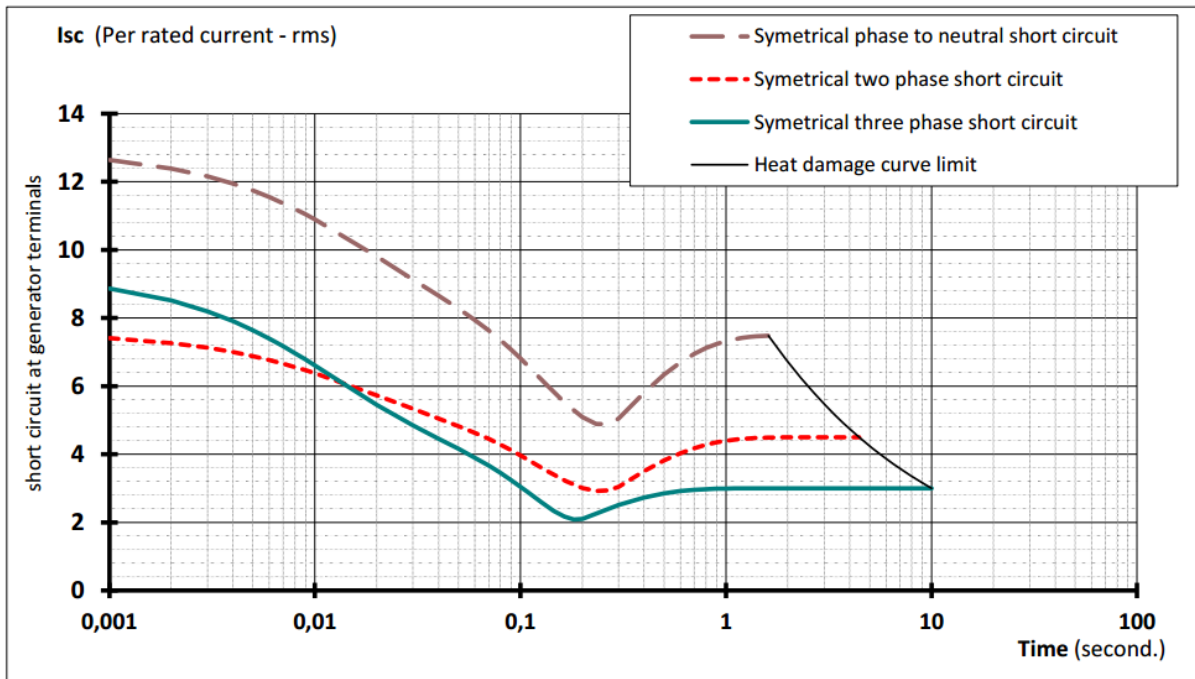


Abbildung 41: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.2 VS 3, $I_{nG} = 115 \text{ A}$

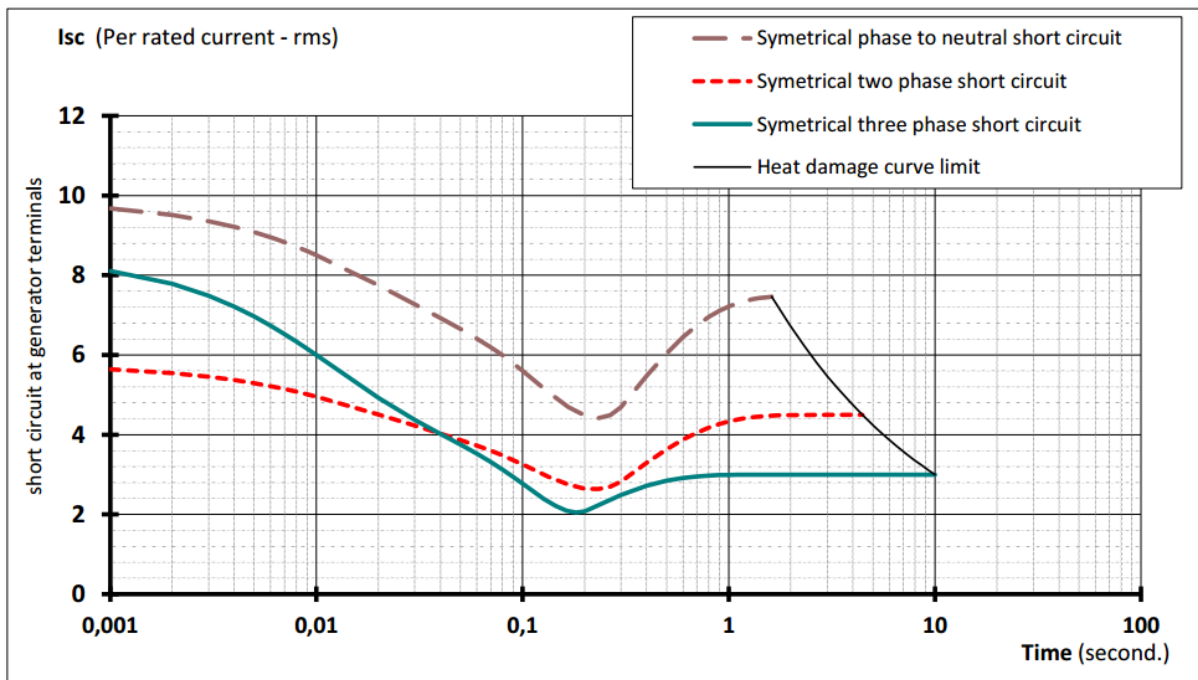


Abbildung 42: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.3 S5, $I_{nG} = 131 \text{ A}$

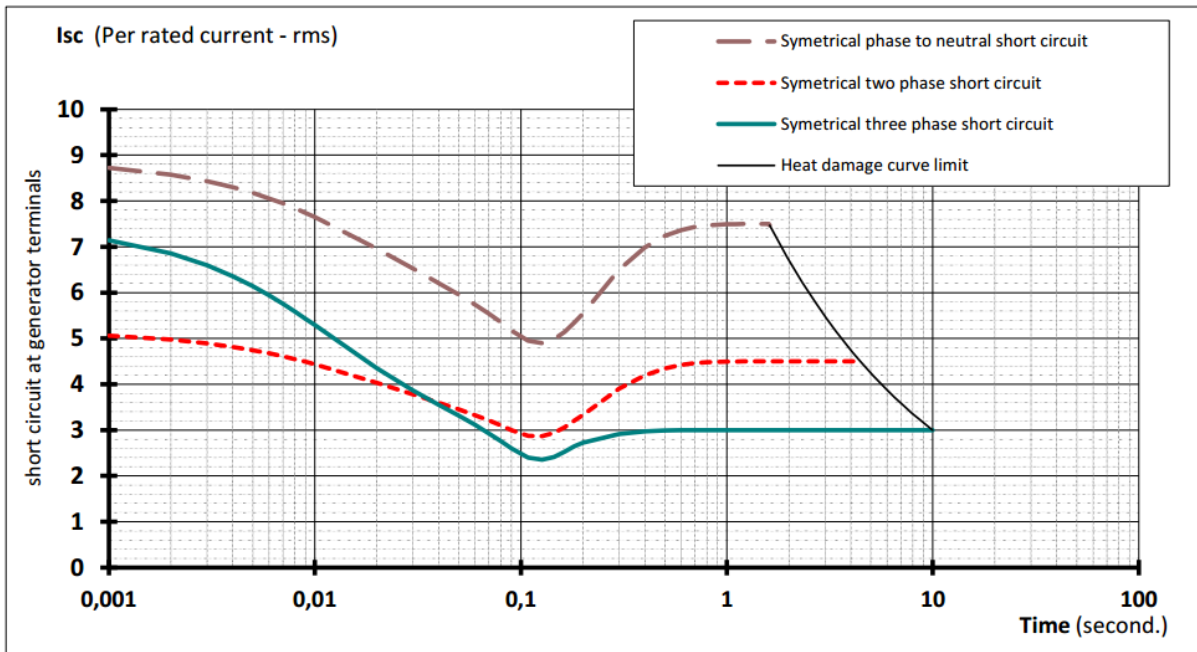


Abbildung 43: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.3 L10, $I_{nG} = 198 \text{ A}$

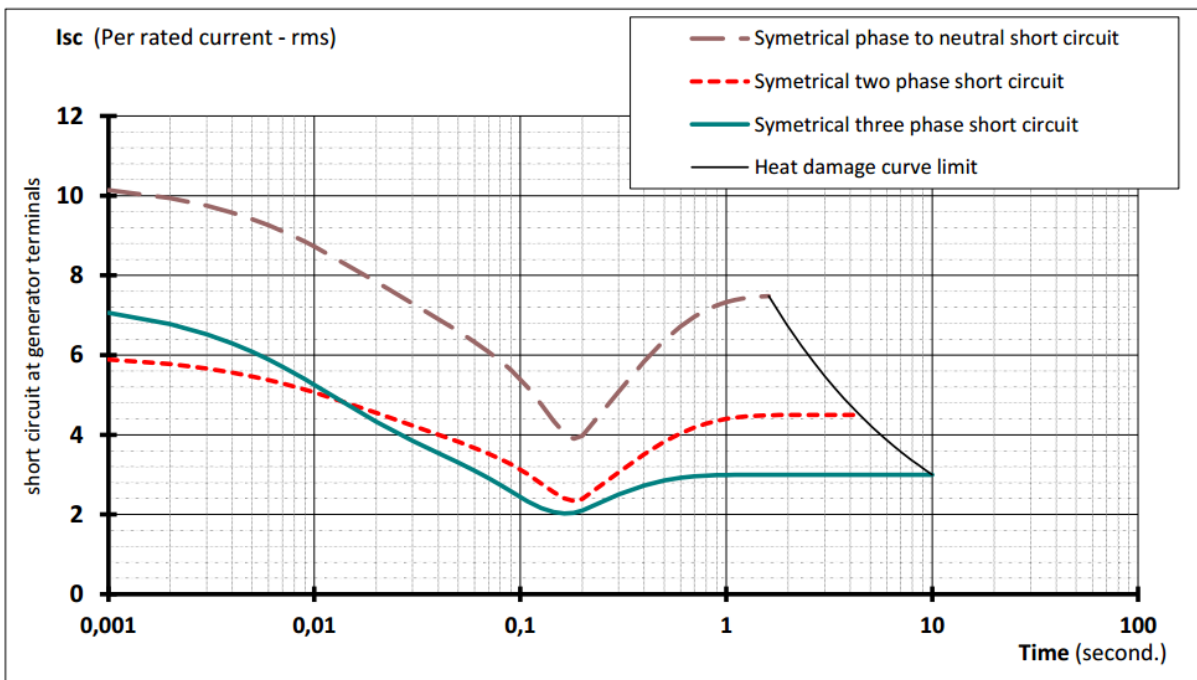


Abbildung 44: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.2 M5, $I_{nG} = 266 \text{ A}$

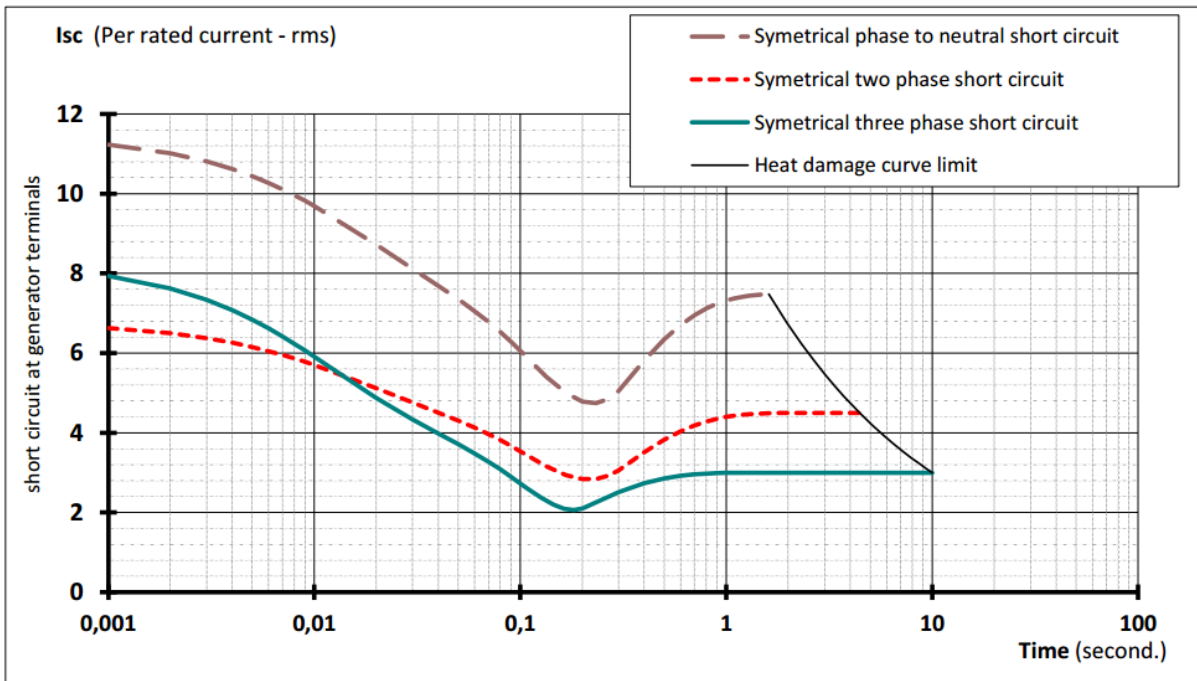


Abbildung 45: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.2 L9, $I_{nG} = 361 \text{ A}$

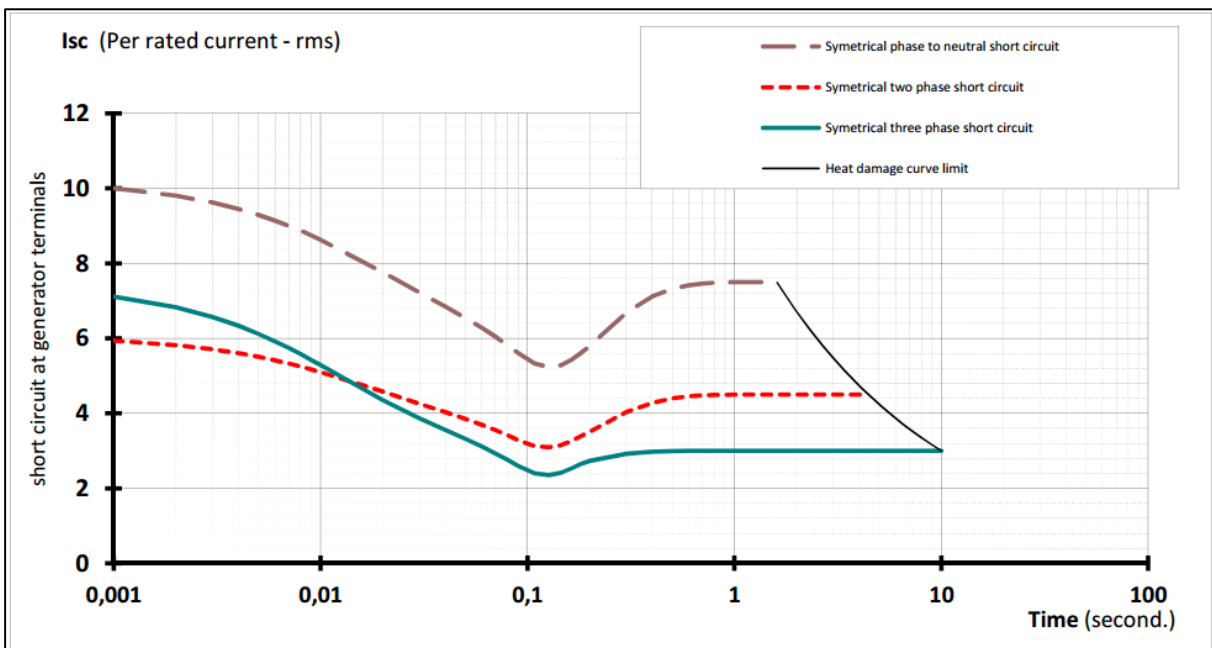


Abbildung 46: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.2 L6, $I_{nG} = 313 \text{ A}$

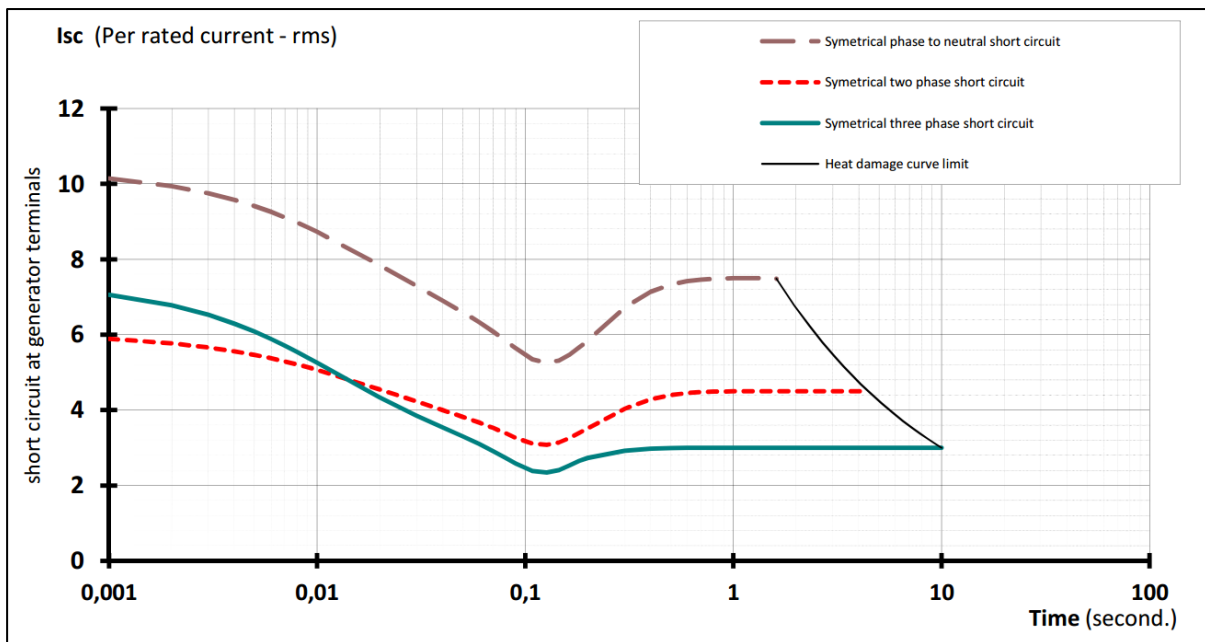


Abbildung 47: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.2 M5, $I_{nG} = 266 \text{ A}$

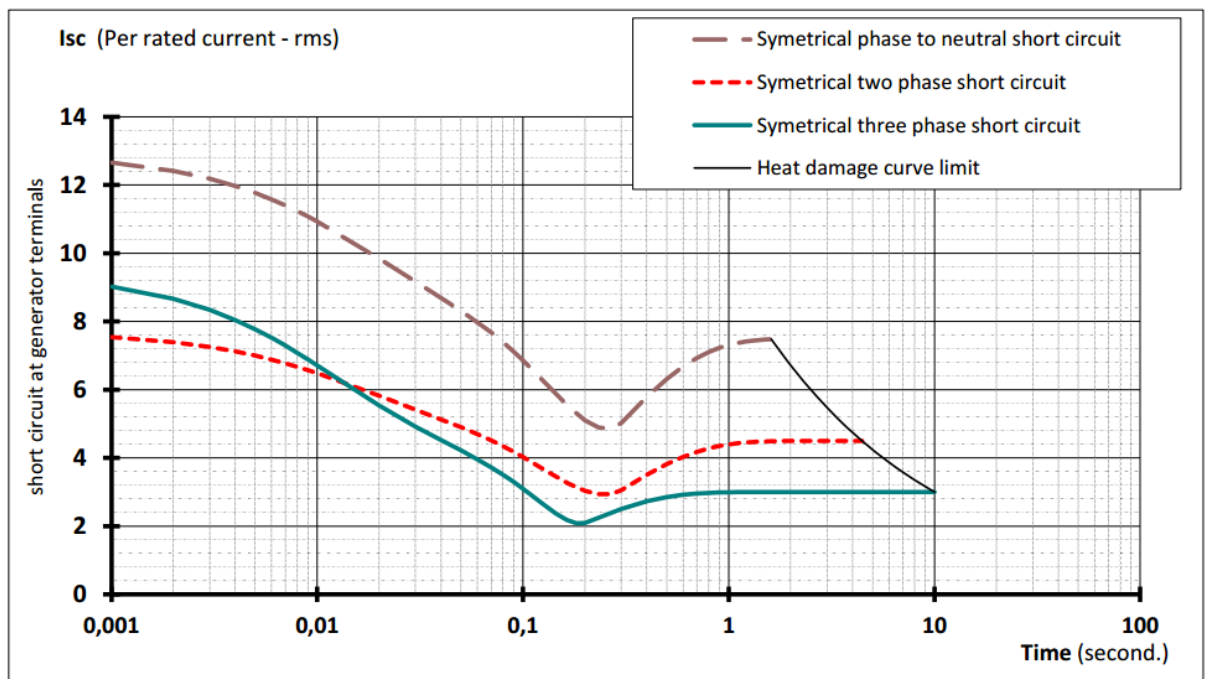


Abbildung 48: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.2 VL12, $I_{nG} = 398 \text{ A}$

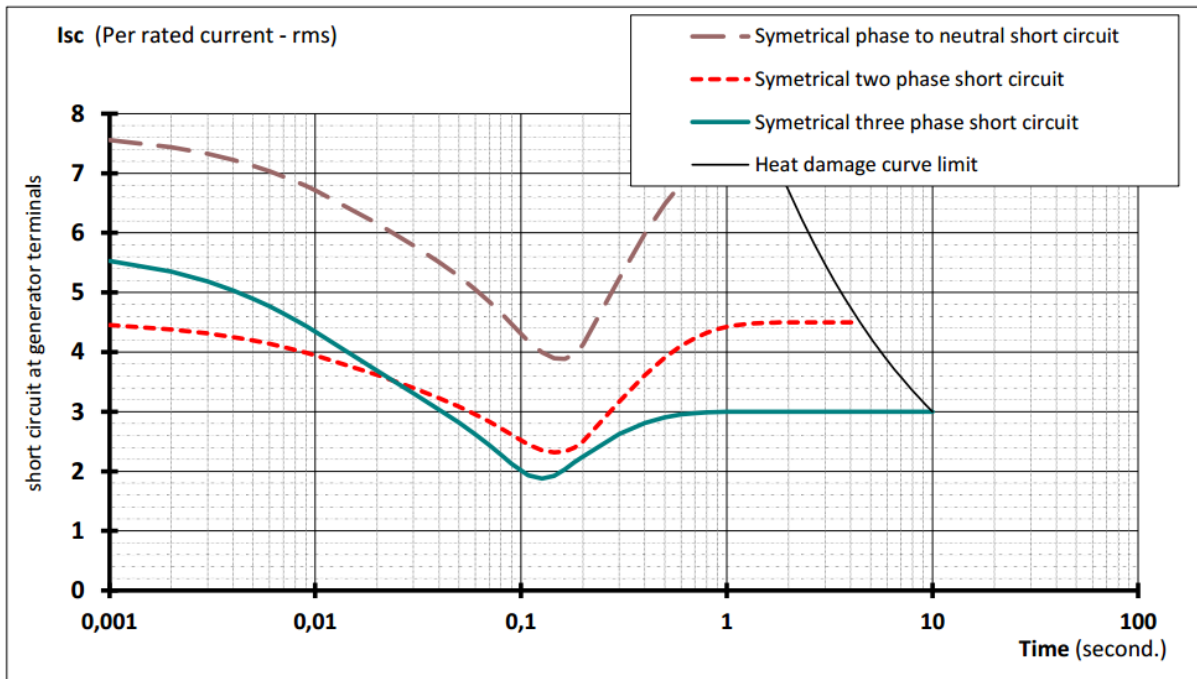


Abbildung 49: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 47.2 VS 2, $I_{nG} = 476 \text{ A}$

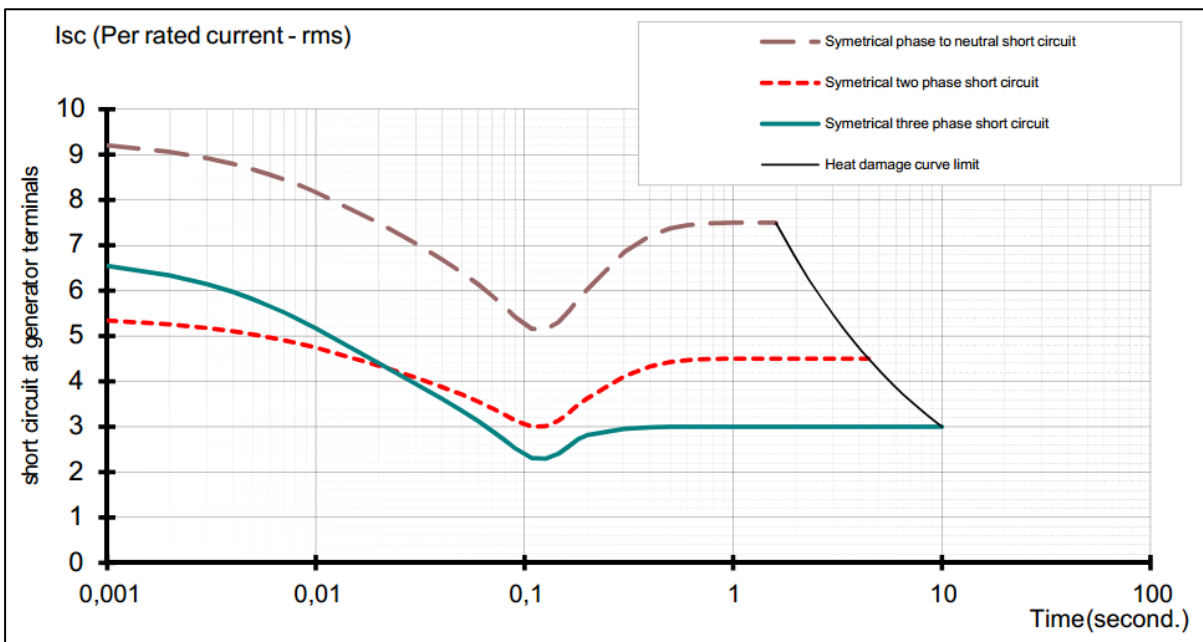


Abbildung 50: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 47.2 L9, $I_{nG} = 772 \text{ A}$

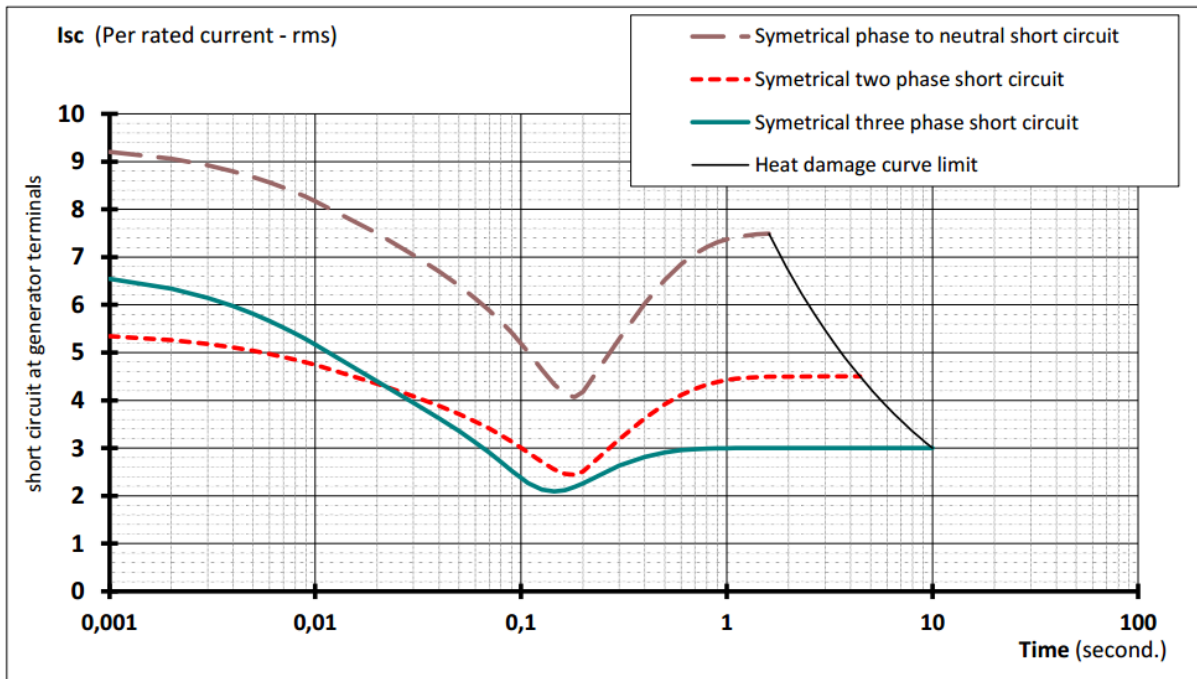


Abbildung 51: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 47.2 M7, $I_{nG} = 671 \text{ A}$

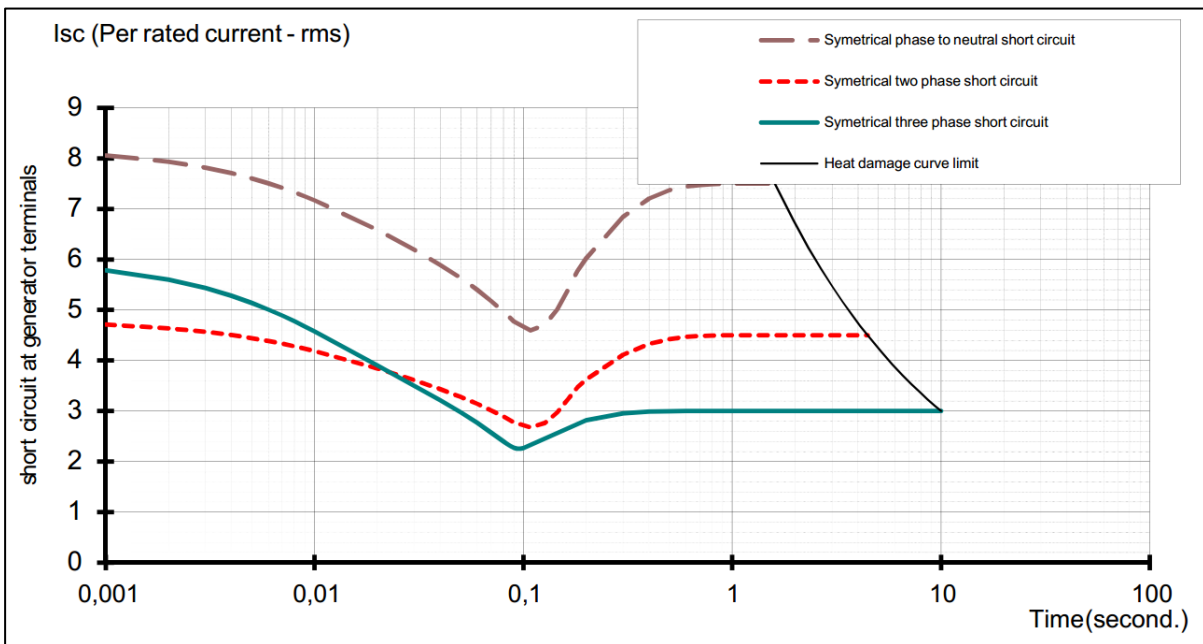


Abbildung 52: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 47.2 M8, $I_{nG} = 722 \text{ A}$

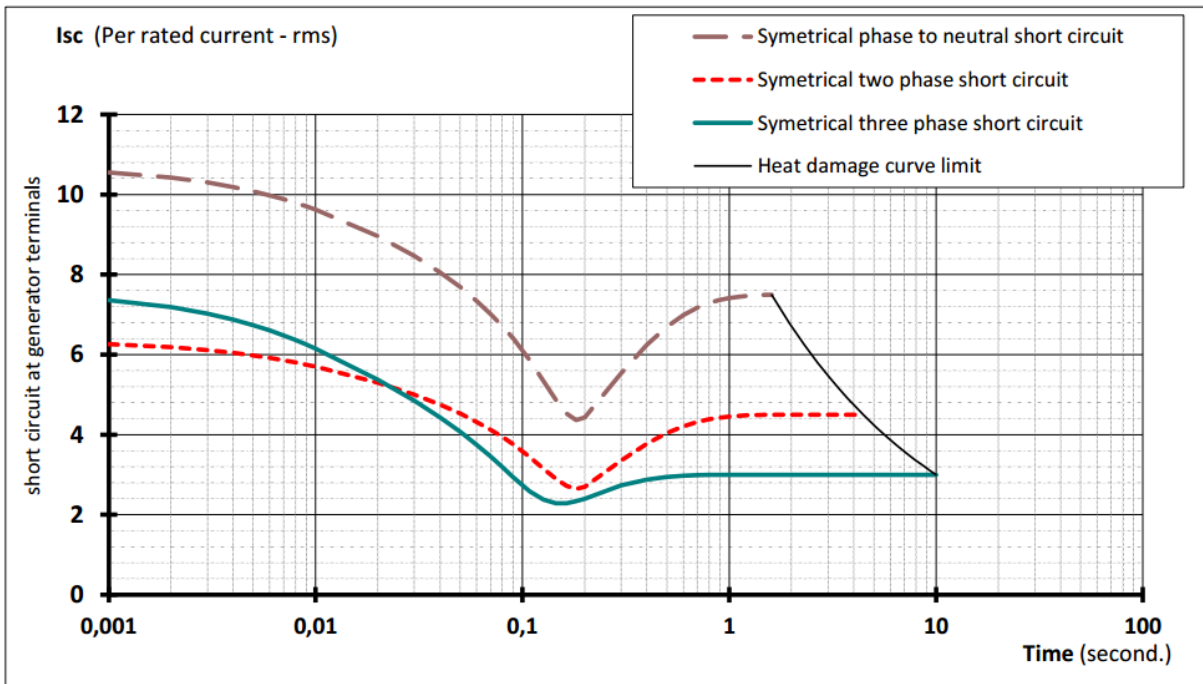


Abbildung 53: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 49.1 M6, $I_{nG} = 943 \text{ A}$

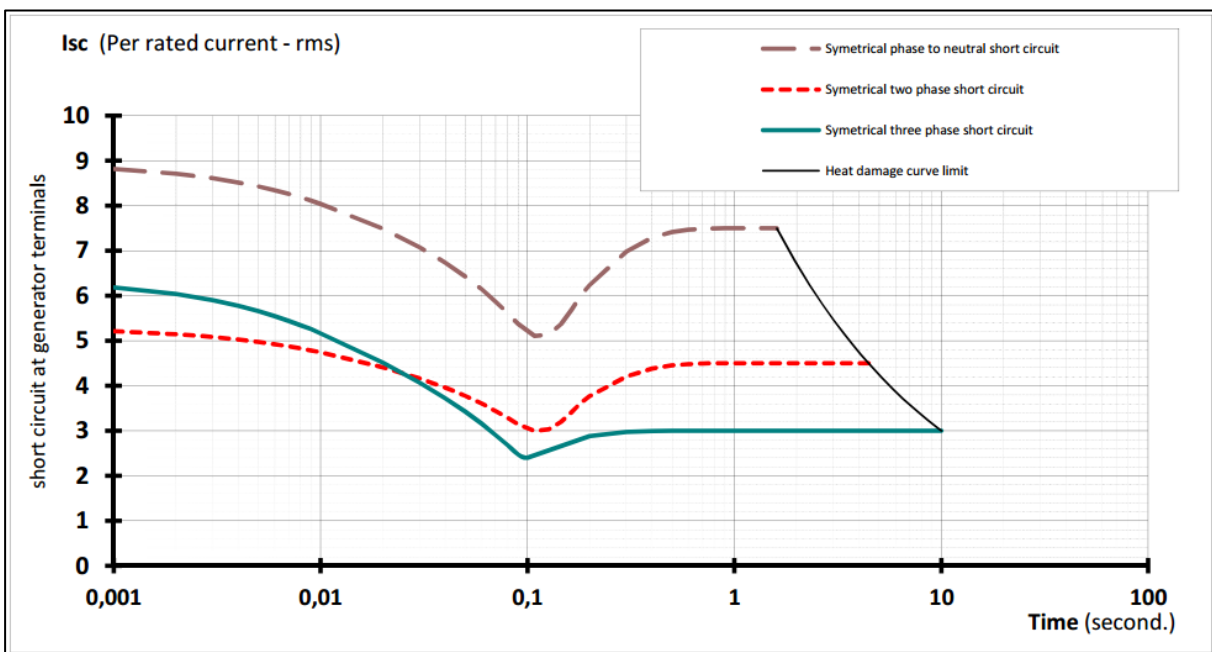


Abbildung 54: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 49.1 S4, $I_{nG} = 857 \text{ A}$

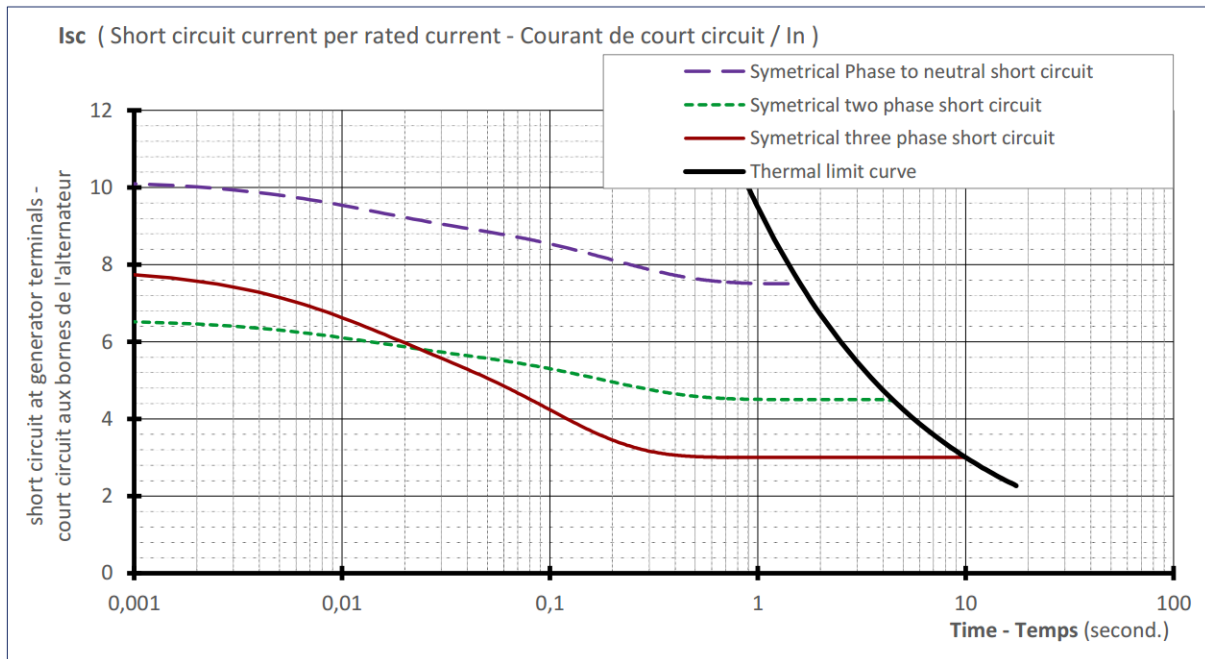


Abbildung 55: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 49.3 S4, $I_{nG} = 859 \text{ A}$