

Validierungsbericht

Nr.: TÜV-EZE-2013-07f
zu den Einheitenzertifikaten
44 797 13 137904 bis ...137908

für die
Erzeugungseinheiten der Baureihen
der GE Jenbacher GmbH & Co OG

Auftraggeber: GE Jenbacher GmbH & Co OG
Achenseestraße 1 – 3
6200 Jenbach
Österreich

Auftrag vom: 13.06.2013

Verfasser: B. Eng. Konstantin Jakob
Dipl.-Ing. Florian Richter
Dr.-Ing. Ralf Kotte
TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Am TÜV 1
30519 Hannover
Telefon: 0511 / 998-61669
Fax: 0511 / 998-61848

Dieser Bericht umfasst 19 Seiten

Der Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung
– auch auszugsweise – bedarf der schriftlichen Genehmigung der Verfasser.

Rev.	Datum	Ersteller	Änderungen
00	18.12.2013	ETB-Ric	Erste Ausgabe
01	18.07.2014	ETL-Ric	Redaktionelle Überarbeitungen
02	03.03.2015	ETL-Jak	Anpassung an neue Forderungen aus Anhang H zur TR8 vom 22.09.2014
03	15.04.2016	ETL-Jak	Validierung weiterer Einheiten der BR4, Präzisierung der Erfolgskriterien zur Übertragung
04	03.05.2016	ETL-Jak	Validierung weiterer Einheiten
05	26.04.2017	ERC6-Jak/SBe	Validierung weiterer Gensets, Anpassung eines Bewertungskriteriums in Kapitel 3.2
06	20.04.2017	ERC6-Jak	Validierung weiterer Gensets und Generatorhersteller

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	4
2	Allgemeines	4
3	Modellvalidierung.....	4
3.1	Prüfergebnisse	5
3.1.1	Prüfumfang zur J312-Validierung.....	5
3.1.2	Prüfumfang zur J624-Validierung.....	9
3.1.3	Plausibilitätsprüfung	13
3.1.4	Nachweis der Eignung der EZE-Modelle für die Verwendung im Rahmen der Anlagenberechnung	13
3.2	Übertragbarkeit des Modells auf die EZE der einzelnen Baureihen	14
4	Zusammenfassung.....	17
5	Literatur und Referenzen.....	18

1 Vorwort

Die GE Jenbacher GmbH & Co OG (GE Jenbacher) hat mit ihrem Schreiben vom 13.06.2013 /U1/ die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG (TN EnSys), ehemals TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG, beauftragt, eine Prüfung gemäß Teil 8 der technischen Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen (TR8) der Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien (FGW) /R3/ in Verbindung mit der BDEW-Mittelspannungsrichtlinie (MSR) /R2/ für ihre Erzeugungseinheiten (EZE) mit Verbrennungskraftmaschinen (VKM) der Baureihen (BR) 2, 3, 4, 6 und 9 durchzuführen. Für die Prüfung wurde die zum Zeitpunkt der Erstbeauftragung geltende Revision 6 der TR8 /R3/ unter Berücksichtigung von Teil 3, Revision 23 (TR3) /R4/ und Teil 4, Revision 6 (TR4) /R5/ herangezogen. Mit Auftrag vom 09.12.2014 /U2/ hat GE Jenbacher die TN EnSys beauftragt, die Aufnahme weiterer Gensets in die bestehenden Zertifikate im Rahmen der Familienbildung zu prüfen. Für diese Prüfung und für das bereits zertifizierte Genset mit der kleinsten Massenträgheitskonstante wurde zusätzlich der Anhang H zur TR8 in der Form vom 22.09.2014 /R3/ berücksichtigt. Weitere Beauftragungen mit weiteren Gensets folgten mit Schreiben vom 21.01.2016 /U8/, 24.01.2017 /U9/ und 07.02.2018 /U10/. Bei positiver Bewertung dient die Prüfung als Basis für das Ausstellen eines Einheitenzertifikats durch die TÜV NORD CERT GmbH (TN CERT).

2 Allgemeines

Bei der durchzuführenden EZE-Zertifizierung der Baureihen handelt es sich um eine Familienzertifizierung gemäß TR8 /R3/. Dabei erfolgt zunächst die Konformitätsprüfung der vermessenen EZE der Baureihen. Im Anschluss daran wird die Übertragbarkeit der Prüfberichte (Messberichte) auf die weiteren EZE der Familie beurteilt. In dem vorliegenden Bericht gehen wir auf die Validierung des EZE-Modells ein.

3 Modellvalidierung

Die Firma GE Jenbacher hat der TN EnSys ein Basismodell sowie angepasste Simulationsmodelle ihrer bezüglich LVRT vermessenen Erzeugungseinheiten zur Prüfung nach den in Abschnitt 1 aufgeführten Richtlinien, welche bereits parametrisiert sind und die Nachbildung der Prüfeinrichtung beinhalten, vorgelegt. Es handelt sich dabei um Modelle der Baureihe 3 Variante J312 LSA 49.1 L9 mit 628 kW und Baureihe 6 Variante J624 LSA 56 BUL 90 mit 4369 kW_{el}. Der funktionale Teil des Modells ist für alle Einheiten der Firma GE Jenbacher auf p.u. Basis gleich, so dass ausgehend von dem Basismodell das elektrische Verhalten jeder Variante durch die Vorgabe der Parameter für Generator und Spannungsregler nachgebildet werden kann.

Im ersten Schritt der Modellvalidierung wurde das Basismodell anhand der Vermessungen für zwei Leistungsklassen validiert. Die Validierung erfolgte gemäß TR4 /R5/ für die zuvor genannten Varianten der BR 3 und BR 6. Nach der erfolgreichen Validierung kann das Basismodell mit entsprechend angepassten Parametern für die Anwendung auf weitere VKM innerhalb des gemäß TR8 /R3/ festgelegten Leistungsspektrums übertragen werden. Die Übertragung des Basismodells mit den entsprechenden Parametersätzen erfolgt auf alle seitens GE Jenbacher zur Prüfung eingereichten Varianten der BR 2, BR 3, BR 4, BR 6 und BR 9 und wird zur Simulation der FRT-Tests angewandt. Die Anpassung des Basismodells sowie die Beschreibung der Parameter sind der Modellbeschreibung /U6/ und den Übersichtstabellen zu den einzelnen Varianten zu entnehmen.

Das Basismodell wurde für die Simulationsumgebung PowerFactory der Firma DigSilent erstellt und ist für die Verwendung mit der Softwareversion 15.0 und höher vorgesehen. Die Prüfungen im Rahmen der Modellvalidierung wurden mit der PowerFactory Version 15.0.2 durchgeführt. Eine Bedienungsanleitung (/U5/, /U6/) beschreibt den Funktionsumfang und die Parametrierungsmöglichkeiten des Modells sowie die Einbindung des Modells in die Simulationsumgebung. Die anzuwendende Simulationsschrittweite und weitere Simulationseinstellungen sind ebenfalls dieser Anleitung zu entnehmen.

Das Modell ist für die Durchführung von Stabilitätsberechnungen (RMS) geeignet. Das Durchlaufen von symmetrischen und unsymmetrischen Fehlern im übergeordneten Netz, ohne dass eine Trennung der Einheit vom Netz stattfindet, kann mit dem Modell simuliert werden.

3.1 Prüfergebnisse

Die im Folgenden aufgeführten Abschnitte zeigen die Ergebnisse der Modellvalidierung der EZE J312 und J624. Die Übertragbarkeit auf die weiteren EZE der Baureihen wird in Kapitel 3.2 behandelt.

3.1.1 Prüfumfang zur J312-Validierung

Die nachstehenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Modellvalidierung einer Einheit vom Typ J312. Hierzu wurden die Ergebnisse der Vermessung /U3/ den Ergebnissen der Simulation bei gleichen Spannungseinbruchtiefen gegenübergestellt.

Symmetrische Fehlerfälle bei Nennleistung

Wirkleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	6 %	0 %	4 %
50 %	0 %	5 %	0 %	3 %
75 %	0 %	2 %	0 %	1 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	5 %	10 %	7 %
50 %	5 %	5 %	6 %
75 %	6 %	6 %	10 %

Blindleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	8 %	10 %	8 %
50 %	2 %	4 %	19 %	8 %
75 %	2 %	4 %	19 %	8 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	4 %	3 %	7 %
50 %	4 %	7 %	9 %
75 %	4 %	3 %	5 %

Blindstrom Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	1 %	18 %	3 %	12 %
50 %	2 %	8 %	6 %	7 %
75 %	2 %	5 %	6 %	5 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	5 %	8 %	7 %
50 %	5 %	9 %	9 %
75 %	4 %	3 %	6 %

Symmetrische Fehlerfälle bei Teilleistung

Wirkleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	0 %	1 %	0 %
50 %	0 %	5 %	0 %	3 %
75 %	0 %	1 %	0 %	1 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	4 %	10 %	13 %
50 %	2 %	11 %	5 %
75 %	2 %	4 %	6 %

Blindleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	1 %	5 %	9 %	6 %
50 %	1 %	6 %	6 %	6 %
75 %	3 %	10 %	18 %	11 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	1 %	7 %	4 %
50 %	1 %	3 %	3 %
75 %	4 %	8 %	15 %

Blindstrom Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	1 %	4 %	3 %	3 %
50 %	1 %	10 %	2 %	6 %
75 %	3 %	11 %	4 %	8 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	1 %	10 %	4 %
50 %	1 %	3 %	4 %
75 %	4 %	8 %	15 %

Unsymmetrische Fehlerfälle bei Nennleistung im Mit- und Gegensystem

Wirkleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	4 %	1 %	3 %
50 %	0 %	3 %	0 %	2 %
75 %	1 %	0 %	1 %	1 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	7 %	7 %	5 %
50 %	5 %	6 %	4 %
75 %	5 %	5 %	8 %

Blindleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	2 %	2 %	38 %	13 %
50 %	2 %	4 %	16 %	8 %
75 %	6 %	3 %	11 %	6 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	9 %	6 %	10 %
50 %	4 %	1 %	7 %
75 %	8 %	5 %	5 %

Blindstrom Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	3 %	4 %	12 %	6 %
50 %	2 %	6 %	5 %	5 %
75 %	6 %	4 %	4 %	4 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	10 %	7 %	10 %
50 %	4 %	1 %	7 %
75 %	9 %	6 %	6 %

Wirkleistung Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	0 %	0 %	0 %
50 %	0 %	0 %	0 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	0 %	0 %
50 %	0 %	0 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %

Blindleistung Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	1 %	0 %	1 %
50 %	0 %	1 %	0 %	1 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	1 %	0 %
50 %	0 %	1 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %

Blindstrom Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	3 %	0 %	2 %
50 %	0 %	2 %	0 %	2 %
75 %	0 %	3 %	0 %	2 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	1 %	11 %	12 %
50 %	1 %	8 %	10 %
75 %	0 %	4 %	3 %

Unsymmetrische Fehlerfälle bei Teilleistung

Wirkleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	4 %	0 %	3 %
50 %	0 %	6 %	0 %	4 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	2 %	13 %	5 %
50 %	3 %	9 %	2 %
75 %	2 %	1 %	3 %

Blindleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	1 %	7 %	16 %	9 %
50 %	1 %	7 %	10 %	7 %
75 %	3 %	8 %	5 %	6 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	1 %	7 %	4 %
50 %	2 %	4 %	5 %
75 %	5 %	9 %	3 %

Blindstrom Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	1 %	9 %	5 %	7 %
50 %	1 %	9 %	3 %	6 %
75 %	3 %	9 %	2 %	6 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	2 %	8 %	4 %
50 %	2 %	5 %	5 %
75 %	5 %	10 %	3 %

Wirkleistung Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	0 %	0 %	0 %
50 %	0 %	0 %	0 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	0 %	0 %
50 %	0 %	0 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %

Blindleistung Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	2 %	0 %	1 %
50 %	0 %	1 %	0 %	1 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	1 %	0 %
50 %	0 %	1 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %

Blindstrom Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	5 %	0 %	3 %
50 %	0 %	2 %	1 %	1 %
75 %	1 %	3 %	1 %	2 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	10 %	7 %
50 %	0 %	7 %	7 %
75 %	1 %	4 %	2 %

3.1.2 Prüfumfang zur J624-Validierung

Die nachstehenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Modellvalidierung einer Einheit vom Typ J624. Hierzu wurden die Ergebnisse der Vermessung /U4/ den Ergebnissen der Simulation bei gleichen Spannungseinbruchtiefen gegenübergestellt.

Symmetrische Fehlerfälle bei Nennleistung

Wirkleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	1 %	1 %	2 %	1 %
50 %	2 %	3 %	7 %	4 %
75 %	1 %	3 %	2 %	2 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	2 %	8 %	9 %
50 %	2 %	8 %	14 %
75 %	5 %	1 %	5 %

Blindleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	5 %	4 %	10 %	6 %
50 %	5 %	1 %	6 %	3 %
75 %	5 %	1 %	5 %	3 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	6 %	6 %	12 %
50 %	5 %	6 %	12 %
75 %	5 %	5 %	10 %

Blindstrom Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	6 %	2 %	11 %	5 %
50 %	5 %	1 %	7 %	4 %
75 %	5 %	1 %	6 %	3 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	6 %	5 %	15 %
50 %	5 %	9 %	14 %
75 %	5 %	5 %	12 %

Symmetrische Fehlerfälle bei Teilleistung

Wirkleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	5 %	0 %	3 %
50 %	0 %	2 %	0 %	1 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	16 %	10 %
50 %	0 %	7 %	5 %
75 %	0 %	3 %	2 %

Blindleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	5 %	6 %	5 %
50 %	1 %	1 %	2 %	1 %
75 %	0 %	3 %	1 %	2 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	5 %	13 %
50 %	1 %	6 %	11 %
75 %	0 %	5 %	7 %

Blindstrom Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	8 %	6 %	7 %
50 %	1 %	2 %	2 %	2 %
75 %	0 %	3 %	1 %	2 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	13 %	14 %
50 %	1 %	10 %	11 %
75 %	0 %	5 %	7 %

Unsymmetrische Fehlerfälle bei Nennleistung im Mit- und Gegensystem

Wirkleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	3 %	0 %	2 %
50 %	1 %	1 %	2 %	1 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	2 %	11 %	5 %
50 %	3 %	2 %	5 %
75 %	2 %	2 %	2 %

Blindleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	5 %	2 %	6 %	3 %
50 %	4 %	2 %	4 %	3 %
75 %	5 %	3 %	5 %	4 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	6 %	12 %	14 %
50 %	5 %	4 %	7 %
75 %	5 %	3 %	7 %

Blindstrom Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	6 %	4 %	7 %	5 %
50 %	5 %	3 %	5 %	4 %
75 %	6 %	4 %	6 %	4 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	6 %	12 %	14 %
50 %	5 %	4 %	7 %
75 %	6 %	3 %	8 %

Wirkleistung Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	0 %	0 %	0 %
50 %	0 %	0 %	0 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	1 %	0 %
50 %	0 %	0 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %

Blindleistung Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	1 %	0 %	1 %
50 %	0 %	0 %	0 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	2 %	0 %
50 %	0 %	1 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %

Blindstrom Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	1 %	4 %	1 %	3 %
50 %	0 %	0 %	0 %	0 %
75 %	1 %	1 %	1 %	1 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	1 %	6 %	1 %
50 %	1 %	2 %	1 %
75 %	1 %	1 %	1 %

Unsymmetrische Fehlerfälle bei Teilleistung

Wirkleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	3 %	0 %	2 %
50 %	0 %	2 %	0 %	1 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	8 %	2 %
50 %	0 %	8 %	4 %
75 %	0 %	1 %	0 %

Blindleistung Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	2 %	2 %	2 %
50 %	1 %	2 %	5 %	3 %
75 %	0 %	3 %	3 %	2 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	5 %	5 %
50 %	1 %	3 %	9 %
75 %	0 %	4 %	12 %

Blindstrom Mitsystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	2 %	3 %	2 %
50 %	1 %	3 %	5 %	3 %
75 %	0 %	3 %	3 %	3 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	6 %	5 %
50 %	1 %	3 %	10 %
75 %	0 %	5 %	12 %

Wirkleistung Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	0 %	0 %	0 %
50 %	0 %	0 %	0 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	1 %	0 %
50 %	0 %	0 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %

Blindleistung Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	1 %	0 %	0 %
50 %	0 %	1 %	0 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	2 %	0 %
50 %	0 %	1 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %

Blindstrom Gegensystem

Mittlere Abweichung über die gesamte Dauer

	A	B	C	gewichtet
30 %	0 %	1 %	0 %	1 %
50 %	0 %	3 %	0 %	2 %
75 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Max. Abweichung im stationären Betrieb

	A	B	C
30 %	0 %	2 %	0 %
50 %	0 %	3 %	0 %
75 %	0 %	0 %	0 %

3.1.3 Plausibilitätsprüfung

Die korrekte Funktion der Fehlererkennung wurde entsprechend den Vorgaben der TR8 /R3/ durch Simulation verschiedener zwei- und dreiphasiger Spannungseinbrüche geprüft und bestätigt. Hierzu gehörten einmalige Spannungseinbrüche auf Werte zwischen 30 % und 100 % der Nennspannung sowie die Nachbildung von Spannungseinbrüchen, wie sie bei erfolglosen automatischen Wiedereinschaltungen (AWE) und Schutzversagern auftreten können.

3.1.4 Nachweis der Eignung der EZE-Modelle für die Verwendung im Rahmen der Anlagenberechnung

Zur Vermeidung von zeitlichen Verzögerungen bei der Anlagenberechnung aufgrund von Instabilitäten oder nicht plausiblen Modellverhalten ist gemäß TR 4 /R5/ im Rahmen der Einheitenzertifizierung die Überprüfung von EZE-Modellen für die EZA Simulation durchzuführen. Diese Untersuchung haben wir für die Varianten der BR 3 und BR 6 in Parkkonstellation bestehend aus fünf VKM-EZE durchgeführt. Die Kabel haben wir mit unterschiedlichen Längen zwischen 7 km und 0,5 km berücksichtigt. Die Simulation der Spannungseinbrüche am NAP ergab ein stabiles und plausibles EZA-Verhalten.

3.2 Übertragbarkeit des Modells auf die EZE der einzelnen Baureihen

Die Validierung von Modellen einer EZE mit übertragenen Prüfberichten nach TR8 ist gemäß TR4 /R5/ möglich. Dazu sind Änderungen an der Parametrisierung im funktionalen Teil dem Zertifizierer nachvollziehbar darzustellen. Dies kann durch die Übergabe eines offenen Modells geschehen oder durch die temporäre Offenlegung der umparametrisierten Modellstellen im Beisein des Zertifizierers oder des beauftragten Experten, wenn ein geschlossenes Modell verwendet wird. Eine anderweitige, geeignete Plausibilisierung ist möglich. Die zu erwartenden Abweichungen zwischen beiden EZE-Beschreibungen sind hinsichtlich ihrer physikalischen Plausibilität zu analysieren. Dabei sind nach TR8, Abschnitt 4.1.4, Punkt 6 /R3/ nur Unterschiede in den beiden Modellen zulässig, die in technisch-konstruktiven Unterschieden der EZE begründet sind. Die Änderung der Parameter im Modell muss im Zusammenhang mit der Änderung stehen, numerisch ähnliche und begründbare Werte verwenden und dem Zertifizierer oder Experten plausibel gemacht werden. Die Übertragbarkeit des Simulationsmodells ist gemäß Kapitel H.2.2 /R3/ in den Übertragungsgrenzen von $1/\sqrt{10} P_N$ bis $\sqrt{10} P_N$ möglich.

GE Jenbacher ermöglichte die temporäre Offenlegung der umparametrisierten Modellstellen in unserem Beisein und begründete die Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten der Baureihen auf Basis der technisch-konstruktiven Unterschiede. Nach erfolgreicher Validierung des Basismodells anhand von zwei Validierungspunkten wurde dieses mit entsprechend angepassten Parametern auf weitere Varianten innerhalb des zulässigen Leistungsbereiches übertragen. Der zulässige Leistungsbereich besteht aufgrund der beiden Validierungspunkte aus zwei sich überschneidenden Teilbereichen und erstreckt sich gemäß Anhang H der TR8 von 198,6 kW bis 13.816 kW. Mit diesem Leistungsbereich deckt das Modell alle betrachteten Varianten bezüglich ihrer Leistung ab.

Abweichend vom grundlegenden Validierungsverfahren nach TR4 /R5/ ist die Validierung von Modellen einer EZE mit übertragenen Prüfberichten auf Basis parametrierter, offener Modelle gemäß TR8, Abschnitt 4.1.5.2 /R3/ zulässig. Im Rahmen der Erstbeauftragung erfolgte die Validierung durch einen stichprobenartigen Modell-Modell-Vergleich zwischen dem validierten Modell und den nichtvermessenen (FRT-Vermessung) Varianten. Dazu wurden aus dem Gesamtsortiment der Varianten baureihen- und herstellerspezifisch je eine Variante mit der kleinsten Trägheits-Zeitkonstante ermittelt und bezüglich des stabilen Verbleibens am Netz bei LVRT-Tests untersucht. Zur Simulation des Spannungseinbruchs wurde im ersten Schritt das Basismodell mit Hilfe der eingereichten Parametersätze an die jeweilige VKM angepasst. Im zweiten Schritt wurde mittels der Längsimpedanz die Kurzschlussleistung an der EZE und mittels der Kurzschlussimpedanz die Spannung während des Fehlers eingestellt. Anschließend wurden die Fehler simuliert und die gegenüber dem validierten Modell festgestellten Abweichungen auf Plausibilität geprüft. Zur Plausibilisierung haben wir die Werte der Spannung, Blind- und Wirkleistung sowie Blindstrom und Polradwinkel herangezogen.

Im Rahmen der Beauftragungen vom 09.12.2014 /U2/, 21.01.2016 /U8/, 24.01.2017 /U9/ und 07.02.2018 /U10/ zur Prüfung der Übertragbarkeit des validierten Modells auf weitere nicht vermessene Gensets werden TR8, Anhang H in der Form vom 22.09.2014, Kapitel H.2.5 /R3/ angewandt und das Verfahren im Folgenden beschrieben.

Für die betrachtete Modellvalidierung wurde aufgrund fehlender Drehzahlmessdaten Abschnitt H.2.5.2.2 herangezogen. Dieser Abschnitt ist zur Bewertung der transienten Stabilität mit Modellen ohne validierten Polradwinkel und gilt für Vermessungen, die vor dem 01.10.2014 durchgeführt worden sind. Diese Punkte treffen auf die betrachtete Validierung zu. Der Polradwinkel wird vom Modell ausgegeben, kann aber aufgrund von fehlenden Drehzahlmessdaten nicht validiert werden und die Vermessung hat vor dem 01.10.2014 stattgefunden. Für diesen Fall besagt Kapitel H.2.5.2.2 /R3/, dass die Zertifizierungsstelle die Stabilitätsbewertung für nicht-typgeprüfte EZE-Varianten auf Grundlage eigener Kriterien durchführen kann. Dazu ist für jede betrachtete EZE-Variante sicherzustellen, dass unter den Bedingungen entsprechend Abschnitt H.2.5.1.2 /R3/ inklusive Berücksichtigung der Toleranzen der Generatorparameter kein Polschlupf auftritt.

Bei der Prüfung der neuen Gensets auf das Durchfahren von Netzfehlern ohne Polschlupf wurden die Simulationen nach TR8, Kapitel H.2.5.1.1 /R3/ durchgeführt und das Erfolgskriterium nach H.2.5.1.2 /R3/ angewandt. Aufgrund der Unsicherheit bezüglich des ausgegebenen Polradwinkels wurden für die Durchführung als auch für das Erfolgskriterium folgende konservative Annahmen getroffen:

1. Die Restspannung im Fehlerfall ($30 \% U_{N,NAP}$ bzw. $70 \% U_{N,NAP}$ an den MS-Klemmen/NAP) ist entgegen H.2.5.1.1. /R3/ nicht im Leerlauf sondern im simulierten Fehlerfall mit der spannungsstützenden Eigenschaft des Generators einzustellen. Dies ergibt einen tieferen Spannungseinbruch als gefordert.
2. Der Leistungsfaktor ($\cos \varphi$) ist entgegen H.2.5.1.1. /R3/ nicht am NAP (MS-Klemmen) sondern am Generator einzustellen. Unter Berücksichtigung eines EZE-Transformators müsste weniger induktive Blindleistung vom Generator eingespeist werden um den gleichen $\cos \varphi$ am NAP zu erhalten. Da die magnetische Kopplung mit Steigerung der induktiven (untererregt) Blindleistung abnimmt ist diese Anforderung konservativer.
3. Die Netzkurzschlussleistung ist im Leerlauf (Generator und Transformator außerbetrieb) nach H.2.5.1.1. /R3/ auf das 3-fache der Nennleistung des Generators, jedoch auf mindestens 15 MVA einzustellen. Erst darauf ist die Spannung an den MS-Klemmen/NAP auf den Nennwert, durch Verringerung der Spannung an der idealen phasenstarrten Spannungsquelle, einzustellen. Die dadurch verursachte geringere Netzkurzschlussleistung ist der Konservativität halber nicht zu erhöhen.

4. Die Stabilitätsgrenze ist entgegen H.2.5.1.2 /R3/ mit 180° für Simulationen ohne Parametervariation auf 130° und mit Parametervariation auf 160° festgelegt. Die größere Stabilitätsgrenze bei Simulationen mit Parametervariation ergibt sich aus der Tatsache, dass die AVR-Parameter für die exakten Maschinenparameter ausgelegt werden. Zulässig ist diese Festlegung, da zur IBS von jedem Genset, nach Durchführung von Spannungssprüngen und damit der Berücksichtigung der Fertigungstoleranzen, die AVR-Parameter optimiert werden.

Die Überprüfung der im Rahmen der Beauftragung vom 09.12.2014 /U2/ eingereichten Genset erfolgte an 14 stichprobenartig ausgewählten neuen Varianten aus unterschiedlichen Baureihen und Generatorherstellern und dem bereits aufgenommenen Genset Nr. 37 mit der kleinsten Massenträgheitskonstante H. Sämtliche der im Rahmen der Beauftragungen vom 21.01.2016 /U8/, 24.01.2017 /U9/ und 07.02.2018 /U10/ eingereichten Gensets wurden simuliert und geprüft.

Die Toleranzen für die Parametervariation, Fall 1 und 2 nach H.2.5.1.2 /R3/, wurden vom Hersteller /U7/ entsprechend Tabelle 3.1 angegeben und in der Simulation angewandt.

Tabelle 3.1: Toleranzbereiche /U7/

Generatorhersteller	H	x_d	x_q	x_d'	x_d''
TDPS	±10 %	±15 %	±15 %	±30 %	±30 %
CGT	±5 %	±15 %	±15 %	±30 %	±30 %
LS	±2 %	±15 %	±15 %	±30 %	±30 %
GEPC	±4 %	±15 %	±15 %	±30 %	±30 %

Bei nachfolgenden Gensets würde nach Reduktion von x_d'' um 30 % (Toleranz) die Ständerstreureaktanz (x_{lu}) unterschritten und somit die Parameter inkonsistent machen. Aus diesem Grund wurden konservativ für Fall 1 x_d'' und zusätzlich x_{lu} um 30 % reduziert. Dies betrifft:

Baureihe 2: Keine

Baureihe 3: Nr. 34, 37, 632, 719, 724, 729 und 831-834

Baureihe 4: Nr.163, 184, 415, 434, 447, 454, 464, 713, 714, 794 und 812

Baureihe 6: Nr.506, 517, 628 und 698

Baureihe 9: Keine

Die Gensets der Baureihe 6 mit TDPS Generatoren bestehen die vorab beschriebene Prüfung nicht vollständig mit einer Netzkurzschlussleistung vom 3-fachen der Nennleistung des Generators bzw. mindestens 15 MVA, nach dem zuvor beschriebenen

Verfahren. Nach Herstellerangabe sind diese Gensets nur an Netzen mit einer Kurzschlussleistung größer dem 6-fachen der Gensetleistung zu betreiben und das Genset mit der lfd. Nr. 719.0 darf nur an Netzen mit einer Kurzschlussleistung größer 55,5 MVA. Das Genset der Baureihe 4 mit der lfd. Nr. 758.0 darf laut Herstellerangabe nur an Netzen mit einer Kurzschlussleistung größer 27,0 MVA angeschlossen werden. Die Simulationen wurden mit den entsprechenden Netzkurzschlussleistungen durchgeführt.

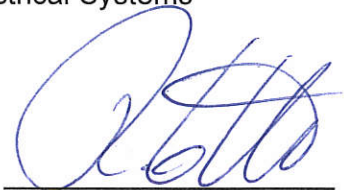
Alle simulierten Gensets ohne Variation der Parameter überschreiten nicht einen Polradwinkel von 130° . Mit Variation der Parameter und unterschiedlichen Fehlerszenarien (Fall 0, 1 und 2 sowie Versuch a) und b) nach H.2.5.1.2 /R3/) wird ein Polradwinkel von 160° nicht überschritten und somit werden die oben genannten Kriterien erfüllt. Die maximale Polradunsicherheit (Abweichung zwischen dem maximalen Polradwinkel bei Fall 0 gegenüber Fall 1 bzw. Fall 2) beträgt 49° .

4 Zusammenfassung

Das Einheitenmodell von GE Jenbacher erfüllt die Anforderungen aus der TR4 und TR8 mit den Einschränkungen der Gensets der Baureihe 4 und Baureihe 6, die in Kapitel 3.2 dieses Berichts beschrieben sind. Das Einheitenmodell erfüllt für alle anderen Gensets die Anforderungen aus der TR4 und TR8 ohne Einschränkungen.

TÜV NORD EnSys

Gruppe
Electrical Systems



Dr. R. Kotte
Bewerter



K. Jakob
Evaluierer

5 Literatur und Referenzen

Vorgelegte Unterlagen

- /U1/ GE Jenbacher GmbH & Co OG
Purchase Order vom 13.06.2013
- /U2/ GE Jenbacher GmbH & Co OG
Purchase Order vom 09.12.2014
- /U3/ GL Garrad Hassan Deutschland GmbH
Determination of the voltage dip capability of an GE Jenbacher Genset J312 /
LSAC 49.1 L9 according to the FGW technical guideline 3, Rev. 23
Report No.: GLGH-4280 11 08535 258-A-0001-B
vom 24.10.2013
- /U4/ GL Garrad Hassan Deutschland GmbH
Determination of the voltage dip capability of an GE Jenbacher J624 / LSAC 56
UL 9 according to FGW technical guideline 3, Rev. 23
Report No.: GLGH-4280 10 07487 258-A-0001-B
vom 24.10.2013
- /U5/ GE Jenbacher GmbH & Co OG
Description of Modell for Grid Code simulation in DIgSILENT
31.07.2013
- /U6/ GE Jenbacher GmbH & Co OG
Erzeugungseinheiten-Modellbeschreibung für BR 2, 3, 4, 6 und 9
Revision 1.10 vom 15.07.2014
- /U7/ GE Jenbacher GmbH & Co OG, GE Power & Water
Bestätigung der Toleranzangaben gemäß TR8 Anhang H, v2
05.07.2017, Jenbach
- /U8/ GE Jenbacher GmbH & Co OG
Purchase Order vom 21.01.2016
- /U9/ GE Jenbacher GmbH & Co OG
Purchase Order vom 24.01.2017
- /U10/ GE Jenbacher GmbH & Co OG
Purchase Order vom 07.02.2018

Regeln und Gesetze

- /R1/ Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich
und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften
Fassung Oktober 2008 mit Änderung vom 28. Juli 2011

- /R2/ Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft
Technische Richtlinie: Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz
Fassung Juni 2008 mit Ergänzungen vom Januar 2013

- /R3/ Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V.
Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen
Teil 8: Zertifizierung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und
-anlagen am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz
Revision 6, Fassung Mai 2013 inklusive des Anhangs H mit Stand 22.09.2014

- /R4/ Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V.
Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen
Teil 3: Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und
-anlagen am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz
Revision 23, Fassung Mai 2013

- /R5/ Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V.
Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen
Teil 4: Anforderungen an Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen
der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen
Revision 6, Fassung Mai 2013