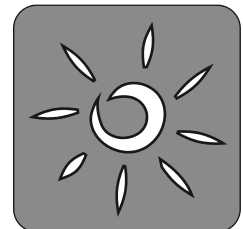
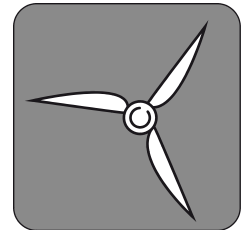


Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen

TEIL 4 (TR 4)

**Anforderungen
an Modellierung und Validierung
von Simulationsmodellen
der elektrischen Eigenschaften
von Erzeugungseinheiten und -anlagen,
Speicher sowie deren Komponenten**

Revision 10
Stand 05.04.2022



Herausgeber:
FGW e.V.
Fördergesellschaft Windenergie
und andere Dezentrale Energien

Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 241 vom 17.9.2015, S. 1)

Anforderungen an Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie deren Komponenten

Stand 05.04.2022

Herausgeber

FGW e.V.
Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien

Oranienburger Straße 45
10117 Berlin

Tel. +49 (0)30 30101505-0

Fax +49 (0) 30 30101505-1

E-Mail info@wind-fgw.de

Internet www.wind-fgw.de

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliothek; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrecht zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Herausgebers. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird auf die geschlechtsneutrale Differenzierung verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter.

Folgende Teile der Technischen Richtlinien der FGW sind erhältlich:

- Teil 1:** Bestimmung der Schallemissionswerte
- Teil 2:** Bestimmung von Leistungskennlinien und standardisierten Energieerträgen
- Teil 3:** Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Mittel- Hoch- und Höchstspannungsnetz
- Teil 4:** Anforderungen an Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie deren Komponenten
- Teil 5:** Bestimmung und Anwendung des Referenzertrages
- Teil 6:** Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen
- Teil 7:** Betrieb und Instandhaltung von Kraftwerken für erneuerbare Energien
- Rubrik A:** Allgemeiner Teil: Definition von Begriffen, Normative Verweisungen und Beschreibungen von Prozessen und Systemaspekten
 - Rubrik A1:** Anlagenverantwortung
 - Rubrik B3:** Fachspezifische Anwendungserläuterung zur Überwachung und Überprüfung von Gründungs- und Tragstrukturen (GuT) bei Windenergieanlagen
 - Rubrik D2:** Zustands-Ereignis-Ursachen-Schlüssel für Erzeugungseinheiten (ZEUS)
 - Rubrik D3:** Globales Service Protokoll (GSP)
 - Rubrik D3 – Anhang A:** XML-Schemadokumentation
- Teil 8:** Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Stromnetz
- Teil 9:** Bestimmung der hochfrequenten Emissionen von regenerativen Energieerzeugungseinheiten
- Teil 10:** Bestimmung der Standortgüte nach Inbetriebnahme

Vorwort

Die Technischen Richtlinien der FGW dienen dem Ziel, Mess- und Prüfverfahren anzugeben, mit denen verlässliche und vergleichbare Daten über Erzeugungseinheiten (EZE) und Erzeugungsanlagen (EZA) nach dem neuesten Stand der Technik ermittelt werden können.

Die vorliegende Richtlinie beschreibt Anforderungen an die Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten (EZE) und -anlagen (EZA), die entsprechend der TR 3 „Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz“ [1] vermessen wurden und nach der TR 8 „Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Stromnetz“ [2], entsprechend der jeweils anzuwendenden Netzanschlussregeln, zertifiziert werden sollen.

Die Beschreibung der Verfahren zur Validierung und Modellierung des elektrischen Verhaltens von EZE und EZA entsprechend dieser Technischen Richtlinie dient dem Nachweis, dass die Simulationsmodelle ausreichend genau das elektrische Verhalten der EZE und EZA hinsichtlich der in der TR 3 aufgeführten Messungen abbilden können.

Diese Revision der Technischen Richtlinie FGW TR 4 wurde im Rahmen der FGW-Richtlinienarbeit sowie einer öffentlichen Konsultation unter Einbindung von Vertretern aller betroffenen Interessengruppen in deutscher und englischer Sprache, darunter auch eine Vielzahl ausländischer Körperschaften, abgestimmt. Im Anschluss wird diese Richtlinie in ein Notifizierungsverfahren gemäß den Vorgaben der Richtlinie (EU) 2015/1535 und des BMWK durchlaufen. Inhaltliche Änderungen dieses Dokumentes können aufgrund des Verfahrens und der Vorgaben der Richtlinie (EU) 2015/1535 nicht ausgeschlossen werden und sind damit bis zum Abschluss des Verfahrens ausdrücklich vorbehalten.

Weitere Punkte:

- Änderungsvermerke (tabellarisch kommentiert mit Revisionsnummer und Datum).
- Gesetztes Ziel der TR 4 (Lastenheft und Validierungsvorgabe für rechnergestützte Simulationsmodelle, Harmonisierung von anderen Normen und Richtlinien und Beschreibung von Skalierung auf andere Leistungsklassen / Familienbildung sowie Übertragung).
- Angabe zum durchgängig eingehaltenen Zählpfeilsystems (z.B. Erzeugerzählpfeilsystem in dem der übererregte/ kapazitive/ spannungshebende Blindleistung und Wirkleistung ein positives Vorzeichen haben, siehe VDE-AR-N 4110 [3]).

Inhaltsverzeichnis

1 Definitionen.....	1
1.1 Verwendete Abkürzungen.....	1
1.2 Symbole und Einheiten, Formelzeichen, Indizes, Schreibweisen, Kennzeichnungen.....	3
Formelzeichen.....	3
Indizes	5
Schreibweisen	6
Kennzeichnungen	7
1.3 Begriffe.....	7
2 Allgemeines und Ausgangssituation	8
2.1 Hintergrundinformation für rechnergestützte Simulationsmodelle	8
2.2 Zu Betrachtende Phänomene	9
3 Zielsetzung der Richtlinie Modellierung/Validierung	11
4 Anforderungen an die Modellierungssoftware/Umgebung - informativ	12
4.1 Berechnungsmethoden/Gültigkeit der Modelle.....	12
4.2 Voraussetzungen für Modellintegration	13
5 Modelleigenschaften und Modellverhalten – informativ.....	14
5.1 Stationäre Modelle	14
5.1.1 Allgemein	14
5.1.2 Besonderheit für EZE Typ 1	14
5.1.3 Besonderheit für EZE Typ 2.....	15
5.1.4 Besonderheit für Speicher / STATCOMS und Blindleistungskompensationsanlagen (Blindleistungsvermögen)	15
5.1.5 Besonderheit für EZA-Regler.....	15
5.2 Dynamische Simulationsmodelle.....	15
5.2.1 Allgemein	15
5.2.2 Besonderheit für EZE Modelle allgemein	15
5.2.2.1 Wirkleistungsabgabe.....	15
5.2.2.2 Blindleistungsbereitstellung.....	16
5.2.2.3 Verhalten bei Störungen im Netz	16
5.2.2.4 Schutzkomponenten	17
5.2.3 Besonderheit für RMS Modelle Typ 1.....	17
5.2.4 Besonderheit für RMS Modelle Typ 2	17
5.2.5 Besonderheit für RMS Modelle, EZA-Regler	17
5.2.6 Besonderheit für RMS Modelle, Speicher / STATCOMS und Blindleistungskompensationsanlagen	17

5.2.7	Besonderheit für EMT Modelle Typ 1 und 2	17
5.2.8	Besonderheit für EMT Modelle, EZA-Regler	18
5.2.9	Besonderheit für EMT Modelle, Speicher / STATCOMS und Blindleistungskompensationsanlagen	18
6	Aggregierte EZA-Modelle nach VDE AR-N 4110 / 4120 Kap. 10.6	19
6.1	Funktionsumfang und grundsätzliche Eigenschaften	19
6.2	Quasistationärer Betrieb nach VDE AR-N 4110 / 4120 Kapitel 10.2.1.2	20
6.3	Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung nach VDE AR-N 4110 / 4120 Kapitel 10.2.2	20
6.3.1	Generelle Festlegungen	20
6.3.2	Vergleichsverfahren	21
6.3.3	Blindleistungs-Spannungskennlinie $Q(U)$ nach VDE AR-N 4110/4120, 10.2.2.4	22
6.3.4	Kennlinie Blindleistung als Funktion der Wirkleistung $Q(P)$ nach VDE AR- N 4110, 10.2.2.4	24
6.3.5	Blindleistung mit Spannungsbegrenzungsfunktion nach VDE AR-N 4110/4120, 10.2.2.4	25
6.3.6	Verschiebungsfaktor $\cos \varphi$ nach VDE AR-N 4110/4120, 10.2.2.4	28
6.3.7	Blindleistungsbereich (PQ-Diagramm) nach 10.2.2.2 und 10.2.2.3	29
6.4	Dynamische Netzstützung nach VDE AR-N 4110 / 4120 Kapitel 10.2.3	29
6.4.1	Durchzuführende Versuche	29
6.4.2	Vergleich der Simulationsergebnisse	30
6.5	Netzsicherheitsmanagement nach VDE AR-N 4110 / 4120 Kapitel 10.2.4.2 (Sollwertvorgabe Wirkleistung)	30
6.6	Wirkleistungseinspeisung bei Über- und Unterfrequenz nach VDE AR-N 4110 / 4120 Kapitel 10.2.4.3	30
6.7	Kurzschlussstrombeitrag nach VDE AR-N 4110 / 4120 Kapitel 10.2.5.2	31
6.8	Schutzeinrichtungen und -einstellungen nach VDE AR-N 4110 / 4120 Kapitel 10.3	31
7	Bereitzustellender Lieferumfang	32
7.1	Das Modell	32
7.2	Modelldokumentation	32
7.2.1	Dokumentation für herstellerspezifisches Modell	32
7.2.2	Dokumentation für Bibliotheksmodell	33
8	Validierungsverfahren	34
8.1	Stationäre Lastflussberechnungen	34
8.1.1	Allgemein für alle EZE Typen	34
8.1.2	Besonderheit für EZE Typ 2	34
8.1.3	Besonderheit für EZE Typ 1	34
8.1.4	Besonderheit für Speichern / STATCOMS und Blindleistungskompensationsanlagen	34

8.1.5	Besonderheit für EZA-Regler und EZA.....	34
8.2	Dynamische RMS Simulationsmodelle.....	34
8.2.1	Allgemein für alle EZE Typen.....	34
8.2.1.1	Verfahren FRT.....	34
8.2.1.2	Bewertung FRT.....	35
8.2.1.3	Verfahren P und Q Regelverhalten im Spannungsband.....	35
8.2.1.4	Bewertung P und Q Regelverhalten im Spannungsband.....	36
8.2.1.5	Verfahren Schutz.....	36
8.2.1.6	Bewertung Schutz.....	36
8.2.2	Besonderheit für EZE Typ 2.....	36
8.2.2.1	Verfahren FRT.....	36
8.2.2.2	Bewertung für Typ 2 EZE FRT.....	36
8.2.3	Besonderheit für EZE Typ 1.....	37
8.2.3.1	Verfahren FRT.....	37
8.2.3.2	Bewertung für Typ 1 EZE FRT.....	38
8.2.4	Besonderheit für Speicher / STATCOMS und Blindleistungskompensationsanlagen.....	40
8.2.5	Besonderheit für EZA-Regler und EZA.....	40
8.2.5.1	Verfahren.....	40
8.2.5.2	Bewertung.....	41
8.3	Dynamische EMT Simulationsmodelle für elektromagnetische Vorgänge.....	41
9	Plausibilisierungsverfahren.....	45
9.1	Stationäre Lastflussberechnungen.....	45
9.1.1	Allgemein für alle.....	45
9.1.2	Besonderheit für EZE Typ 2.....	45
9.1.3	Besonderheit für EZE Typ 1.....	45
9.1.4	Besonderheit für Speicher / STATCOMS und Blindleistungskompensationsanlagen.....	45
9.1.5	Besonderheit für EZA-Regler und EZA.....	45
9.2	Dynamische RMS Simulationsmodelle.....	45
9.2.1	Allgemein für alle.....	45
9.2.2	Besonderheit für EZE Typ 2.....	46
9.2.2.1	Allgemeines.....	46
9.2.2.2	Plausibilitätsprüfung des Einzelmodells in Ergänzung zur Validierung.....	46
9.2.2.3	Plausibilitätstests für typische EZA-Konfigurationen (Praxistauglichkeit).....	53
9.2.2.4	Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz.....	58
9.2.3	Besonderheit für EZE Typ 1.....	60
9.2.3.1	Allgemeines.....	60
9.2.3.2	Plausibilitätsprüfung des Einzelmodells.....	61
9.2.3.3	Plausibilitätstests für typische EZA-Konfigurationen.....	65

9.2.3.4	Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz	66
9.2.4	Besonderheit für Speicher / STATCOMS und Blindleistungskompensationsanlagen für K-Faktor und Blindleistungsvermögen	67
9.2.5	Besonderheit für EZA-Regler und EZA.....	67
9.2.5.1	EZA-Regler	67
9.2.5.2	EZA	67
9.3	Dynamische EMT Simulationsmodelle für elektromagnetische Vorgänge	68
9.3.1	Allgemein für alle	68
9.3.1.1	Plausibilitätsprüfung des Einzelmodells in Ergänzung zur Validierung	68
9.3.1.2	Plausibilitätstests für EZA-Konfigurationen (Unabhängigkeiten).....	68
9.3.1.3	Plausibilitätstests für EZA-Konfigurationen (Skalierung/Zusammenfassung).....	69
9.3.1.4	Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz	70
9.3.1.5	Blockierung der Halbleiterventile im HGÜ-Umrichter (nur VDE-AR-N 4131)	70
9.3.2	Besonderheit für EZE Typ 2.....	70
9.3.3	Besonderheit für EZE Typ 1	70
9.3.4	Besonderheit für Speicher / STATCOMS und Blindleistungskompensationsanlagen für K-Faktor und Blindleistungsvermögen	70
9.3.5	Besonderheit für EZA-Regler und EZA.....	70
10	Übertragbarkeit, Skalierung und Modelländerungen.....	71
10.1	Übertragung von Modellen.....	71
10.1.1	Vereinfachte Validierung des EZE-Modells.....	72
10.1.2	Übertragung auf andere EZE	72
10.1.3	Übertragung auf andere Netzverhältnisse	73
10.1.4	Übertragung in eine andere Simulationssprache	73
10.1.5	Übertragung in eine andere Schrittweite	73
10.1.6	Übertragung von Modellteilen aus dem Peripherie-Teil	74
10.1.7	Übertragung von Modellen auf nicht nach TR 3 typgeprüfte EZE des Typ 1	74
10.1.7.1	Durchzuführende Simulationen.....	75
	Literaturverzeichnis	80
	Inhaltsverzeichnis Anhänge	82
Anhang A	Validierungsbericht (normativ).....	87
Anhang B	Beispielmodelle und Anforderungen an Standardmodelle.....	90
Anhang C	Anmerkungen zur Simulation und Validierung	102
Anhang D	(Informativ): Dokumentation.....	107

Anhang E	Modellierung, Validierung und Konformitätsnachweis netzgekoppelter Stromerzeugungsanlagen mit Synchrongenerator nach dem Einzelnachweisverfahren	109
Anhang F	Gegensystemerweiterung des Modells nach IEC 61400-27-1.....	152

1 Definitionen

1.1 VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

- Aufzählung der nur in dieser Richtlinie verwendeten Abkürzungen, die nicht bereits in der TR 8 definiert sind.
- Aussage das evtl. in der TR 3 oder TR 4 bereits definierten Abkürzungen mit den hier aufgezählten Abkürzungen ersetzt werden.

AC	Wechselstrom bzw. Wechselspannung AC (Alternating Current)
ADC	Analog-nach-Digital Converter
ASM	Asynchronmaschine
AVR	Automatic Voltage Regulator (Spannungsregler)
AWE	Automatische Wiedereinschaltung bei Freileitungen nach Netzfehlern
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BHKW	Blockheizkraftwerk
BNetzA	Bundesnetzagentur
CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
DAkKS	Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
DASM	Doppeltgespeiste Asynchronmaschine
DC	Direct Current: Gleichstrom
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DKW	Dampfkraftwerk
DT	Dampfturbine
EB	Eigenbedarf
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMT-Modell	Momentanwertmodell
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
END	Ersatznetzdarstellung
EZA	Erzeugungsanlage
EZE	Erzeugungseinheit
EZS	Erzeuger-Zählpeilsystem
FACTS	Flexible Alternating Current Transmission System
FGW	FGW e.V. - Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien
FLR	Frequenzgeführter Leistungsregler
FNN	Forum für Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)

FRT	Fault Ride-Through
GENSET	Kombination von Generator und Antriebseinheit
GT	Gasturbine
GuD	Gas- und Dampfkraftwerk
HS-Netz	Hochspannungsnetz
HSS-Netz	Höchstspannungsnetz
IBN	Inbetriebnahme
IEC	International Electrotechnical Commission
<i>IGBT</i>	<i>Insolated Gate Bipolar Transistors</i>
ISO	International Organization for Standardization
LR	Leistungsregler
MOSFET	MetalOxide Semiconductor Field-Effect Transistor
MPP	Maximum Power Point (Solarmodule werden normalerweise im Punkt der maximalen Leistungsabgabe betrieben).
MS	Mittelspannung
MAE	mean absolute error between simulation and measurement [4]
ME	mean error between simulation and measurement [4]
MXE	maximum error between simulation and measurement [4]
NAP	Netzanschlusspunkt: Punkt an dem die Anlage an das Netz des Netzbetreibers angeschlossen ist
NAR	Netzanschlussregeln
NB	Netzbetreiber
NS	Niederspannung
OEL	Over-Excitation-Limiter (Übererregungsbegrenzung des AVR)
OS	Oberschwingung
OVRT	Over-Voltage-Ride-Through bzw. Durchfahren der Überspannung
PSS	Power-System-Stabilizer
PVA	Photovoltaikanlage
RMS-Modell	Effektivwertmodell
SDLWindV	Verordnung zu Systemdienstleistungen durch Windenergieanlagen
SL	Schleifringläufer
SS	Sammelschiene
SSCI	Sub-Synchronous Control Interaction (subsynchrone Steuerungsinteraktion)
SSTI	Sub-Synchronous Torsional Interaction (subsynchrone Torsionswechselwirkung)
STATCOM	Static Synchronous Compensator
STBR	Stabilitätsreserve der Primärregelung

SVC	Static VAR Compensator
TAB	Technische Anschlussbedingungen
THC	Total Harmonic Current Distortion
TR	Technische Richtlinie
TR 3	Technische Richtlinie 3 der FGW [1]
TR 8	Technische Richtlinie 8 der FGW [2]
UEL	Under-Excitation-Limiter (Untererregungsbegrenzung des AVR)
UVRT	Under-Voltage-Ride-Through bzw. Durchfahren des Spannungseinbruchs
UW	Umspannwerk
VDE FNN	Verband der Elektrotechnik Forum Netztechnik/ Netzbetrieb
VDN	Verband der Netzbetreiber
VKM	Verbrennungskraftmaschine
VZS	Verbraucher-Zählpfeilsystem
WEA	Windenergieanlage
WK	Wasserkraftwerk
WT	Wasserturbine
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

1.2 SYMBOLE UND EINHEITEN, FORMELZEICHEN, INDIZES, SCHREIBWEISEN, KENNZEICHNUNGEN

- Aufzählung der nur in dieser Richtlinie verwendeten Symbole und Einheiten im SI-Einheitensystem, die nicht bereits in der TR 8 definiert sind.
- Aussage das evtl. in der TR 3 oder TR 4 bereits definierten Symbole und Einheiten mit den hier aufgezählten Abkürzungen ersetzt werden.
- Erklärung von Schreibweisen und Kennzeichnungen.

FORMELZEICHEN

Lateinische Buchstaben

Symbol	Bedeutung	Einheit
A	Amplitude	
A	Rotorkreisfläche einer WEA	m^2
D	Rotordurchmesser	m
$G(s)$	Übertragungsfunktion	
H	Energiehöhe/Druck	m
I	Strom	A
I_B, i_b	Blindstrom in SI bzw. p.u., normiert auf Nennwirkstrom	
I_W, i_w	Wirkstrom in SI bzw. p.u., normiert auf Nennwirkstrom	
K_L	Verstärkung des Leistungsreglers	pu

M	Moment	Nm
N	Nenner	
P	Wirkleistung	W
P, p	Wirkleistung einer EZE in SI bzw. p.u. normiert auf Nennwirkleistung	kW
P_{AV}	Vereinbarte Anschlusswirkleistung der Kundenanlage	W
P_{st}	Kurzzeit-Flickerbeiwert	
Q	Blindleistung	VA
Q, q	Blindleistung einer EZE in SI bzw. p.u. normiert auf Nennwirkleistung	VA
R	Ohm'scher Widerstand	Ω
T	Zeitkonstante	s
T_A	Turbosatzanlaufzeitkonstante	s
T_d', T_q'	transiente Zeitkonstante der d- bzw. q-Achse	s
T_d'', T_q''	subtransiente Zeitkonstante der d- bzw. q-Achse	s
T_y	Zeitkonstante des Stellglieds der Antriebsmaschine	s
U	Spannung	V
U_0, u_0	Nullsystem-Spannung in SI bzw. p.u.	
U_1, u_1	Mitsystem-Spannung in SI bzw. p.u.	
U_{L12}	Leiter-Leiter-Spannungen gemessen von Leiter 2 nach Leiter 1	
U_{L1N}	Leiter-Erde-Spannung	
Z	Zähler	
a_T	Stellquerschnitt des Mediums der Antriebsmaschine	pu
b_p	P-Grad des Drehzahl-Reglers	%
$b_{pö}$	örtlicher P-Grad des Drehzahlreglers	%
c_D	Dämpfungskonstante	pu
c_P	Leistungsbeiwert	
$c(\psi_k)$	Flickerbeiwert	
f	Frequenz	Hz
u_R	Regler-Ausgangssignal	pu
x	Zustandsgröße	
x_d	Regelabweichung	pu
x_d, x_q	synchrone Reaktanz in der d- und q-Achse	pu
x_d', x_q'	transiente Reaktanz in der d- und q-Achse	pu
x_d'', x_q''	subtransiente Reaktanz in der d- und q-Achse	pu
y_T	Position des Stellorgans zur Leistungsentbindung der Antriebsmaschine	pu

Griechische Buchstaben

α	Synchronisierziffer	pu
δ_p	Generatorlastwinkel (äußerer Polradwinkel)	rad
ε	Fehlersignal (Regler)	pu
ε	Abweichung zwischen gemessenem und simulierten Signal	pu
η	Wirkungsgrad	
λ	Eigenwert	
σ	Eigenwertrealteil	
φ	Phasenwinkel	rad
φ_p	Polradwinkel (innerer Polradwinkel)	rad
φ_u	Spannungswinkel	rad
ψ_k	Netzimpedanzwinkel	rad
ω	Winkelgeschwindigkeit	rad/s
θ	Massenträgheitsmoment	Kgm ²

INDIZES

A	Anlauf
ä	äußerer
AV	Vereinbart am Anschluss
B, b	Blindanteil
CFCT	Critical Fault Clearing Time
D	Dämpfung
D	Dampf
d	Längsachse, d-Achse
d	Abweichung
e, err	Erreger, Erregung
el	elektrisch
f	Erreger
HD	Hochdruck
i	Nummer der EZE innerhalb einer EZA
i	Zustandsgröße i
i	innerer
Ist	Istwert
L	Lastwinkel
L	Leistungsregler
lt	Index des Langzeit-Flickerbeiwerts (long-term)
M	gemessen

max	maximaler Wert
min	minimaler Wert
mom	momentaner Wert
N, n	Nennwert
ND	Niederdruck
0	stationär, Anfangswert
P	Leistung
P	Polrad
p	p-Grad
pö	Örtlicher p-Grad
Q, q	Querachse, q-Achse
R	Regler
S	Stator
S	Regelstrecke
s	simuliert
SE	Stelleinrichtung
Soll	Sollwert
st	Index des Kurzzeit-Flickerbeiwerts (short-term)
T	Antriebsmaschine
T	Turbine
U	Spannung
W, w	Wirkanteil
y	Stellglied der Antriebsmaschine
Z	Störung
_xMin	über x Minuten gemittelter Wert
_xSec	über x Sekunden gemittelter Wert
_123	Betriebswert = 123
0	Nullsystem
1	Mitsystem
2	Gegensystem
Ll2	Gemessen von Leiter 2 nach Leiter 1
LlE	Leiter-Erde
∞	eingeschwungener Zustand

SCHREIBWEISEN

<i>I, i</i>	Absolutwerte sind groß geschrieben. Auf den Nennwert bezogene Größen sind klein geschrieben
<i>I'</i>	Transiente Werte haben einen Strich

I''	Subtransiente Werte haben zwei Striche
I	Variablen sind kursiv und Zeichen mit feststehender Bedeutung gerade geschrieben
∞	unendlich

KENNZEICHNUNGEN

a, b, c	Leiterstränge der Betriebsmittel
AVR	Spannungsregler (Automatic Voltage Regulator)
D	Dämpfungswicklung in der Längsachse
E	Erregereinrichtung
e	Regeldifferenz
f	Erregerwicklung
f	Ausgangsgröße
f	Störgröße
G	Generator
L1, L2, L3	Leiter des Drehstromsystems
m	Istwert
N	Netz
n	Stellglied / Stellglied im Regelkreis
PI	Proportional-Integral (Regler)
PID	Proportional-Integral-Differential (Regler)
Q	Dämpferwicklung in der Querachse
R	Regler
TR	Transformator
U, V, W	Leiterstränge der Betriebsmittel
V	Verbraucher
w	Führungsgröße

1.3 BEGRIFFE

Siehe Begriffe und Definitionen FAEE.