

GE Power & Water
Distributed Power

Erzeugereinheiten- Modellbeschreibung für BR 2,3,4,6, und 9

Rev. 1.10

Jenbach, 18.07.2014

© GE Jenbacher GmbH & Co OG
Achenseestr. 1-3
A-6200 Jenbach (Austria)
www.gejenbacher.com



imagination at work



Motormodellbeschreibung für Grid Code Simulationen in DigSILENT

GE Jenbacher Grid Simulations

IMPRESSUM

Revision:

Index	Datum	Beschreibung	Ersteller:
1.1	01.07.2013	Erstellung	Alcazar
1.2	21.10.2013	Einbindung vom Parkmodell	Alcazar
1.3	26.10.2013	Deutsche Version	Vogl
1.4	30.10.2013	Formatkorrektur	Vogl
1.5	02.12.2013	Update Parkmodell	Alcazar
1.6	4.12.2013	Update Parkmodell 2	Vogl
1.7	5.12.2013	Vereinfachte Beschreibung	Vogl
1.8	5.12.2013	Vereinfachung Einbindung	Vogl
1.9	6.12.2013	Update Klassifizierung	Vogl, Alcazar
1.10	15.7.2014	Finale Version	Vogl

Kontaktdaten:

Person	Email	Telefon
Lukas Vogl-TPSG	lukas1.vogl@ge.com	+43 5244 600 2563
Freddy Alcazar-TPSG	freddy.alcazar@ge.com	+43 5244 600 3361

Herausgeber:

Achenseestr. 1-3
6200 Jenbach, Austria
GE Jenbacher GmbH & Co OG

Die Zielstellen dieses Dokumentes sind:

Kunde, Vertriebspartner, Servicepartner, IB-Partner, Töchter/Außenstellen, Standort Jenbach, Zertifizierungsstellen für Erzeugungsanlagen (Dokument darf vom Kunden bei Bedarf an die Zertifizierungsstelle für Erzeugungsanlagen übermittelt werden)

Eigentumsrechtlicher Hinweis von GE: VERTRAULICH

Die Informationen in diesem Dokument sind geschützte Informationen der General Electric Company und vertraulich. Sie sind Eigentum von GE und dürfen ohne vorherige schriftliche Genehmigung von GE nicht verwendet, an Dritte weitergeleitet oder vervielfältigt werden. Hierzu zählt auch, aber nicht ausschließlich, die Nutzung der Informationen zur Erstellung, Herstellung, Entwicklung oder Ableitung von Reparaturen, Modifizierungen, Ersatzteilen, Konstruktionen oder Konfigurationsänderungen oder deren Beantragung bei staatlichen Behörden. Wenn die vollständige oder teilweise Vervielfältigung genehmigt wurde, sind dieser Hinweis sowie der weitere Hinweis auf allen Seiten dieses Dokuments ganz oder teilweise zu vermerken.

GEDRUCKTE ODER ELEKTRONISCH VERMITTELTE VERSIONEN SIND NICHT KONTROLLIERT



Motormodellbeschreibung für Grid Code Simulationen in DigSILENT

GE Jenbacher Grid Simulations

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Bericht umfasst die Beschreibung zum Simulationsmodell im Zuge des Zertifizierungsprozesses nach FGW TR3, TR4, TR8.

Neben einer allgemeinen Modellbeschreibung werden die einzelnen Untergruppen und Einschübe vorgestellt. Diese umfassen die Blockschaltbilder wie auch die entsprechenden Funktionsbeschreibungen. Auf eine detailliertere Beschreibung sei an dieser Stelle an den Hersteller verwiesen.

Für die Anlagenzertifizierung von besonderer Bedeutung ist die Integration des Erzeugereinheiten (EZE)-Modells in ein bestehendes Modell einer Erzeugeranlage. Dazu werden die notwendigen Bibliotheksbausteine aufgelistet und eine schrittweise Integration in ein Parkmodell beschrieben.

Je nach Motor-Generatorkombination sind verschiedene Parametersätze anzuwenden. Diese werden vollständig mit dem EZE-Modell mitgeliefert und sind individuell einzutragen. Ein Beispieldatensatz ist im Bericht ebenfalls enthalten.

Um ein funktionstaugliches Modell zu erhalten, müssen alle DigSilent Einstellungen entsprechend angepasst werden. Das EZE-Modell wird in DigSilent Ver. 15 zur Verfügung gestellt.



Motormodellbeschreibung für Grid Code Simulationen in DigSILENT

GE Jenbacher Grid Simulations

INHALTSVERZEICHNIS

IMPRESSUM	II
ZUSAMMENFASSUNG	III
INHALTSVERZEICHNIS	IV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
TABELLENVERZEICHNIS	VI
NOMENKLATUR	VII
1 ALLGEMEINE INFORMATION	1
Problembeschreibung	1
Modellumgebung	1
Annahmen, Limitierungen	1
2 MODELLBESCHREIBUNG	2
Main Frame	2
2.1.1 PQ Messung	3
2.1.2 Spannungsmessung	3
2.1.3 Unitrol Error	3
2.1.4 Unitrol PID	3
2.1.5 Generator	4
3 INTEGRATION IN EIN PARKMODELL	5
Modelleinbindung	5
3.1.1 Import: GEJ library	5
3.1.2 Vorbereiten einer Vorlage	6
3.1.3 Vorlagenauswahl	7
Parametrierung	8
3.1.4 Generatorparametrierung	9
3.1.5 Mainframe Parametrierung	9
Löschen des Modelles	11
4 EINSTELLUNGEN	12
Systemkonfiguration	12
Modellparameter	12
Einstellbereich	14
5 LITERATURVERZEICHNIS	15



Motormodellbeschreibung für Grid Code Simulationen in DigSILENT

GE Jenbacher Grid Simulations

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: GEJ Main Frame Struktur	2
Abbildung 2: GEJ Main Frame Einschübe mit Blockdefinitionen bzw. Netzelementen	3
Abbildung 3: Import Standardmodell	5
Abbildung 4: GEJ Standardmodell	6
Abbildung 5: Import Standardmodell	6
Abbildung 6: „GEJ Library“ Ordnerstruktur	7
Abbildung 7: Fertige Ordnerstruktur	7
Abbildung 8: Vorlage auswählen	8
Abbildung 9: Vorlage im Netzwerkmodell	8
Abbildung 10: Generatorauswahl	9
Abbildung 11: Auswahl Kraftwerksmodell	10
Abbildung 12: Einschubliste, GEJ Main frame	10



Motormodellbeschreibung für Grid Code Simulationen in DigSILENT

GE Jenbacher Grid Simulations

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Generatorparameter	12
Tabelle 2: Unitrol PID, Parameter	13
Tabelle 3: Unitrol Error Modell, Parameter	14

**Motormodellbeschreibung für Grid Code Simulationen in DigSILENT**

GE Jenbacher Grid Simulations

NOMENKLATUR

AVR	Automatic Voltage Regulator
GE	General Electric
Genset	Generator-Motor Kombination
GEJ	General Electric Jenbacher
LVRT	Low Voltage Ride Through
PF	Leistungsfaktor
PCC	Netzanschlusspunkt
PP	Produktprogramm
PU	Per Unit
RPM	Revolutions per Minute
S_k''	Kurzschlussleistung
X_d	Synchronreaktanzen D-Axe
X_q	Synchronreaktanzen Q-Axe
X_d'	Transiente Reaktanz D-Axe
BR2	Baureihe 2 Gensets
BR3	Baureihe 3 Gensets
BR4	Baureihe 4 Gensets
BR6	Baureihe 6 Gensets
BR9	Baureihe 9 Gensets
LV	Niederspannung
MV	Mittelspannung
T_E	Erregerzeitkonstante
K_E	Selbstmagnetisierungskonstante
K_d	De-magnetisierungskonstante
K_c	Kommutierungsfaktor
GGC	Deutscher Grid Code



1 ALLGEMEINE INFORMATION

PROBLEMBESCHREIBUNG

Im Zuge des Zertifizierungsprozesses von Erzeugungseinheiten wurden an mehreren GE Jenbacher Gensets sog. LVRT Tests (gemäß FGW TR3) durchgeführt. Der Prozess sieht vor, die Messreihen mit geeigneten Simulationsmodellen zu vergleichen (vgl. FGW TR4). Das bei der Modellvalidierung (TR4) verwendete Modell wird in diesem Bericht vorgestellt.

MODELLUMGEBUNG

- Das Modell wird in der aktuellen DigSILENT Version 15 zur Verfügung gestellt.
- Die vom Zertifizierer vergebene MD5-Prüfsumme lautet:
1B7046B14370142396AF35B742A71AD3
- Zusätzlich zum vorliegenden Bericht wird das entsprechende Modell (GEJ_Standardmodell_v1.0) im .pfd Format (kompatibel mit DigSILENT Ver. 15 oder höher) zur Verfügung gestellt.

ANNAHMEN, LIMITIERUNGEN

Folgende Annahmen und Limitierungen wurden im Zuge der Modellimplementierung getroffen:

- I. Konstantes Moment des Motors wird an den Generator abgegeben (kein spezifisches Motormodell notwendig).
- II. Alle Komponenten sind entsprechend den LVRT Anforderungen ausgelegt und weisen nach solchen Events keine Schäden auf. Komponentenlaufzeiten bleiben unverändert. Dies gilt ebenfalls für den Generator.
- III. Das Modell ist für alle GE Jenbacher Baureihen (2,3,4,6,9) ohne jegliche Einschränkung anwendbar. Mit dem bereitgestellten Modell können unsymmetrische wie auch symmetrische Fehlerarten (Spannungseinbrüche) simuliert werden.



2 MODELLBESCHREIBUNG

MAIN FRAME

Das GEJ Main Frame ist ein zusammengesetztes Modell, welches alle Einschübe beinhaltet, die für die Simulation notwendig sind. Dies sind die Leistungsmessung *PowerSG*, die Spannungsmessung *VoltageSG*, die Error-Signal-Berechnung *Unitrol_err_sig*, die Erregerspannungs-Berechnung *Unitrol PID* und das Generatormodell. Abbildung 1 zeigt die Struktur des GEJ Main Frame.

Frame GEJ - Unitrol Parallel Structure:

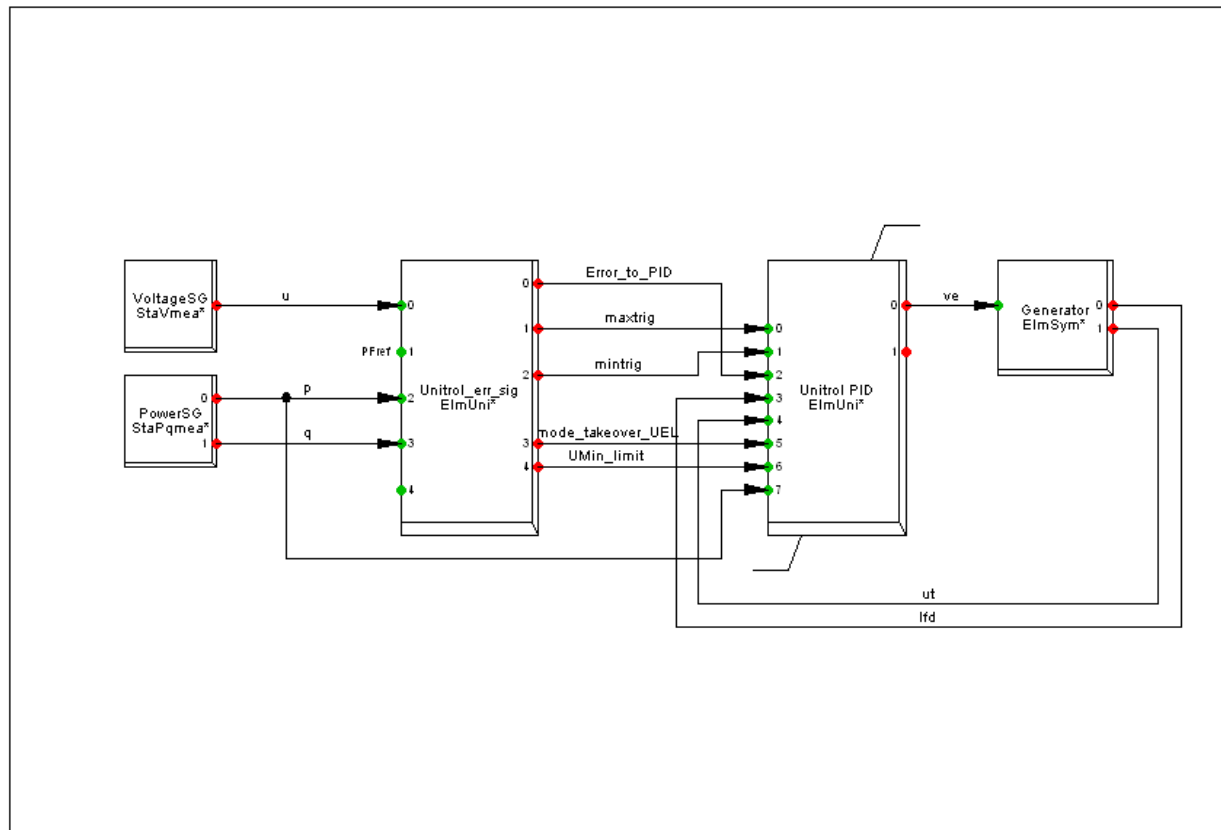


Abbildung 1: GEJ Main Frame Struktur

Die genannten Einschübe des GEJ Main Frame müssen auf passende Blockdefinitionen verwiesen werden (siehe Abbildung 2).

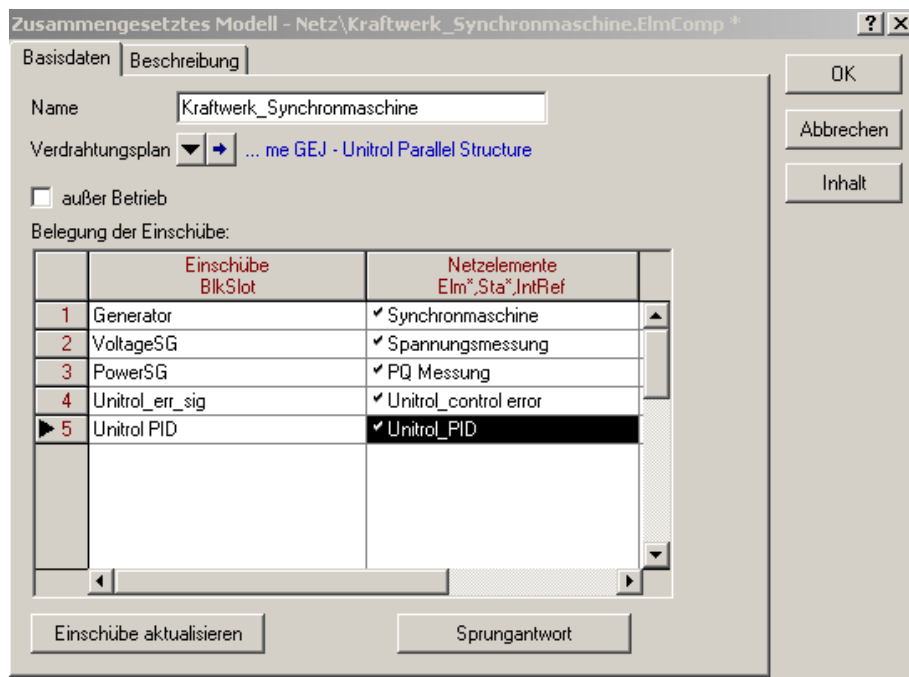


Abbildung 2: GEJ Main Frame Einschübe mit Blockdefinitionen bzw. Netzelementen

Im folgenden Abschnitt werden die Funktionen der einzelnen Einschübe genauer erläutert.

2.1.1 PQ MESSUNG

Der *PowerSG*-Einschub zur PQ Messung ist von der Klasse *StaPqmea*. Der Messpunkt liegt an der Generatorsammelschiene. Die gemessene Leistung wird auf die Nennscheinleistung des Generators bezogen. Die Wirkleistung p und Blindleistung q sind als Ausgangsgrößen des *PowerSG*-Einschubs definiert.

2.1.2 SPANNUNGSMESSUNG

Der Einschub zur Spannungsmessung *VoltageSG* ist von der Klasse *StaVmea*. Der Messpunkt liegt an der Generatorsammelschiene. Die gemessene Spannung wird auf die Nennspannung der Sammelschiene bezogen. Als Ausgangssignal des *VoltageSG*-Einschubs ist die Spannung u definiert.

2.1.3 UNITROL ERROR

Der Einschub *Unitrol_err_sig* ist von der Klasse *ElmUni*. Dieser berechnet das Error-Signal, welches an den *Unitrol PID* geschickt wird. Das Error-Signal entspricht der Regelabweichung der Spannung bzw. der Blindleistung, je nachdem welcher Regelmodus aktiv ist. Außer dem Error-Signal werden noch weitere Signale dem *Unitrol PID* Einschub zugeführt.

2.1.4 UNITROL PID

Der Einschub *Unitrol PID* ist von der Klasse *ElmUni*. Dieser nutzt sowohl das Error-Signal, als auch andere Signale des *Unitrol_err_sig*-Einschubs als Eingangsgrößen. Außerdem sind die Generatorklemmenspannung und der Strom der Hauptfeldwicklung des Generators I_{fd} Eingangsgrößen dieses Einschubs. Vom *Unitrol PID* Einschub wird die Erregerspannung VE berechnet.



2.1.5 GENERATOR

Der Generator-Einschub ist von der Klasse *ElmSym*. Das antreibende mechanische Moment wird als konstant angenommen. Das Generatormodell ist das Standard-Generatormodell von DigSILENT. Die Klemmenspannung ut des Generators und der Strom der Hauptfeldwicklung des Generators I_{fd} werden als Ausgangsgrößen definiert und an den *Unitrol PID* Einschub geführt. Dabei sei darauf hingewiesen, dass der Strom der Hauptfeldwicklung I_{fd} im DigSILENT-Generatormodell mit ie bezeichnet wird. Daher müssen die Ausgangsgrößen des Generator-Einschubs ie und ut lauten, anstatt ifd und ut .



3 INTEGRATION IN EIN PARKMODELL

Dieses Kapitel beschreibt die Implementierung des GE Jenbacher Kraftwerksmodelles in ein bestehendes Parkmodell in DigSILENT. Um dieses Kraftwerksmodell verwenden zu können, muss der zur Verfügung gestellte Modellordner „GEJ library“ aus dem GEJ Standardmodell in das Parkmodell kopiert werden. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte dazu vorgestellt.

MODELLEINBINDUNG

Im Datenmanager: Importieren des GEJ Standardmodelles (GEJ_Standardmodell_v1.0.pfd). Dazu im DigSILENT Menü unter „Datei“, „Importieren“ auswählen und das Standardmodell laden (siehe Abbildung 3)

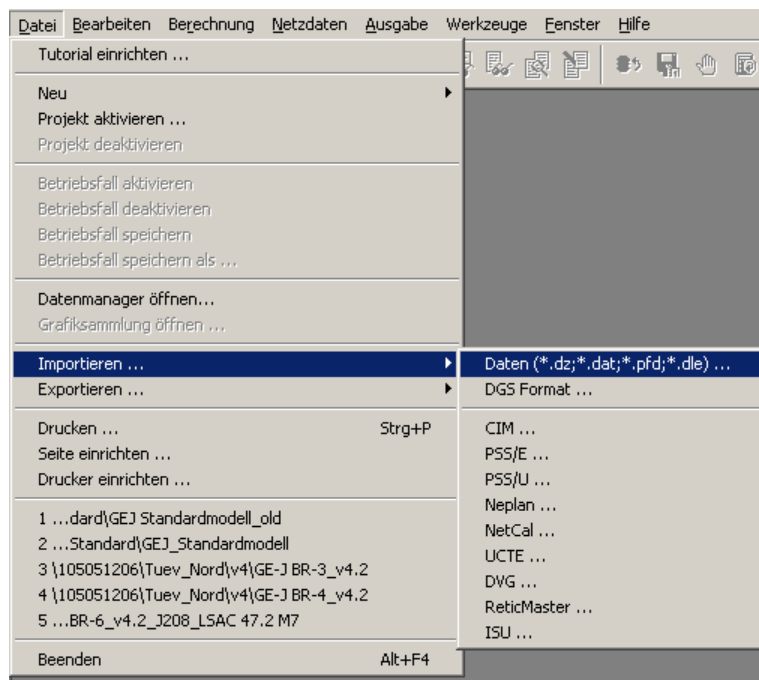


Abbildung 3: Import Standardmodell

3.1.1 IMPORT: GEJ LIBRARY

Nachdem das GEJ Standardmodell im Datenmanager geladen wurde, werden nun die GEJ Standard-Bibliotheksbausteine in das neue/ existierende Parkmodell übertragen.

Dazu im „GEJ Standardmodell“ unter Betriebsmitteltypen Bibliothek die Datei „GEJ library“ kopieren (siehe Abbildung 4) und im neuen/existierenden Parkmodell in der Betriebsmitteltypen Bibliothek einfügen (siehe Abbildung 5). **Achtung** es muss das Zielprojekt (neues/existierendes Parkmodell) aktiviert sein, um die „GEJ Library“ hinzufügen zu können.

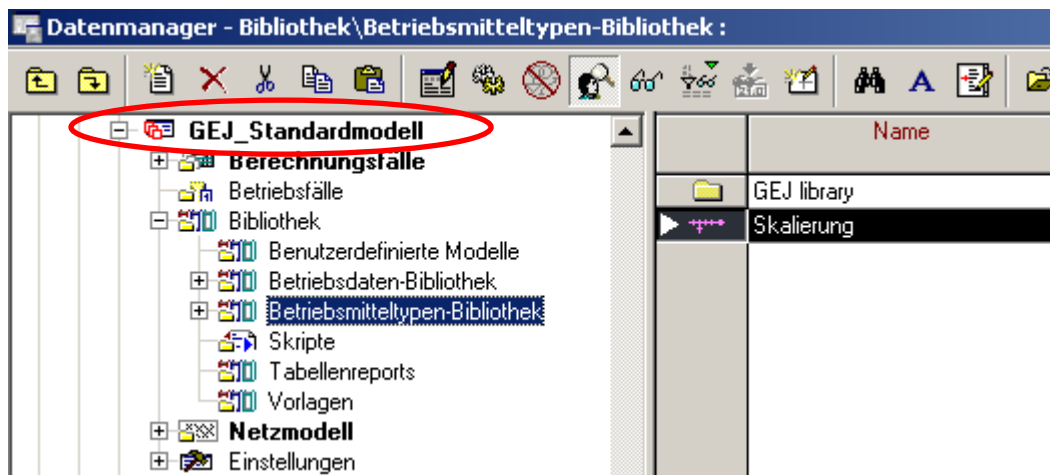


Abbildung 4: GEJ Standardmodell

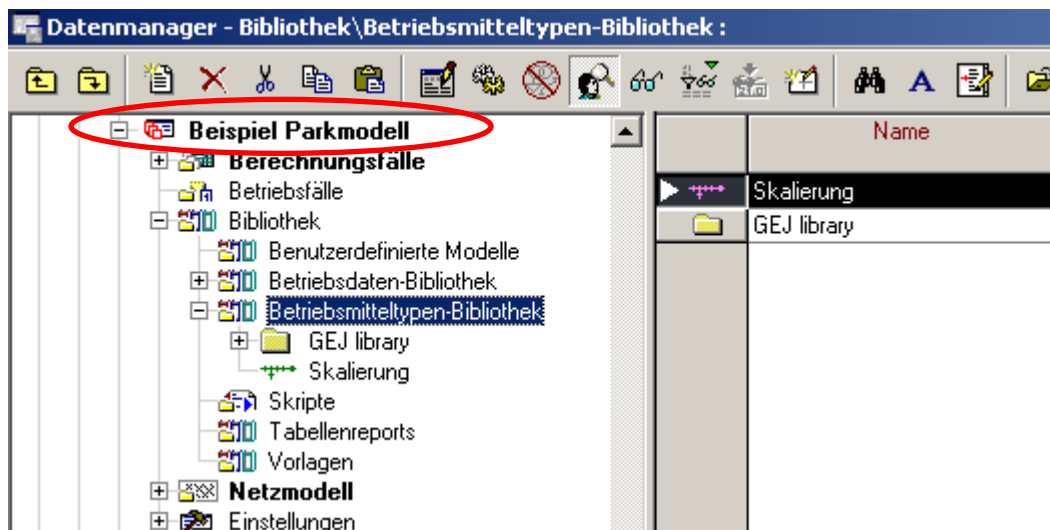


Abbildung 5: Import Standardmodell

3.1.2 VORBEREITEN EINER VORLAGE

Dazu im neuen /existierenden Parkmodell in der Betriebsmitteltypen Bibliothek die „GEJ library“ auswählen.

- 1) Die vorgefertigte Template Datei „GEJ Template“ ausschneiden und in den Bibliotheksordner „Vorlagen“ einfügen (Abbildung 6).
- 2) Die Modelle
 - „Frame GEJ – Unitrol Parallel Structure“
 - „Unitrol_PID_2parameter“
 - „Unitrol_err_signal“
ausschneiden und im Bibliotheksordner „Benutzerdefinierte Modelle“ einfügen (Abbildung 6).

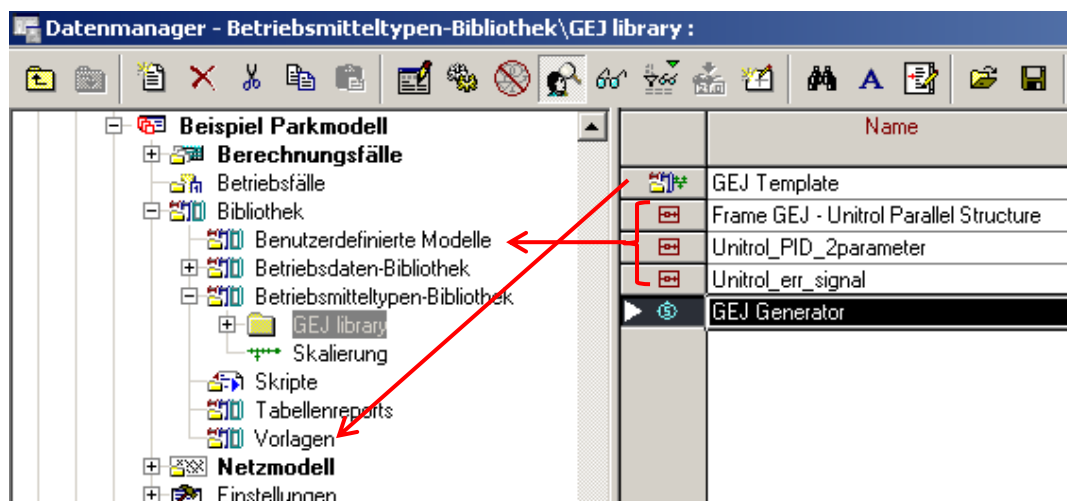


Abbildung 6: „GEJ Library“ Ordnerstruktur

Danach sollten die Ordner jene Inhalte ausweisen, wie in Abbildung 7 gezeigt.

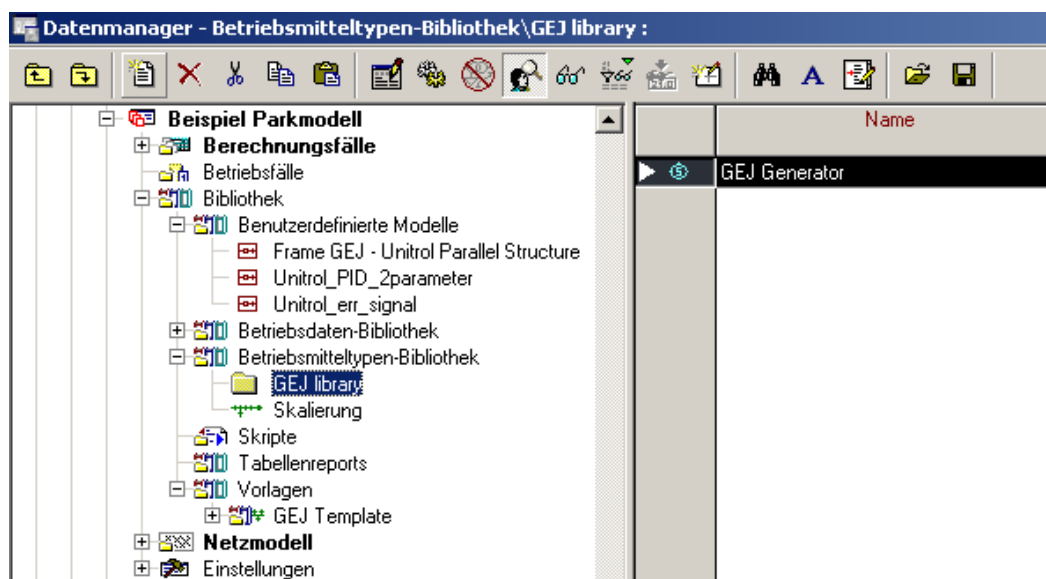


Abbildung 7: Fertige Ordnerstruktur

3.1.3 VORLAGENAUSWAHL

Zur Verwendung einer Vorlage im Netzwerkmodell sind folgende Punkte zu beachten (siehe Abbildung 8):

- 1) Auswahl der Funktion Allg. Modelle
- 2) Auswahl der Vorlage GEJ Template
- 3) Ausgewählte Vorlage im Netzwerkmodell einfügen

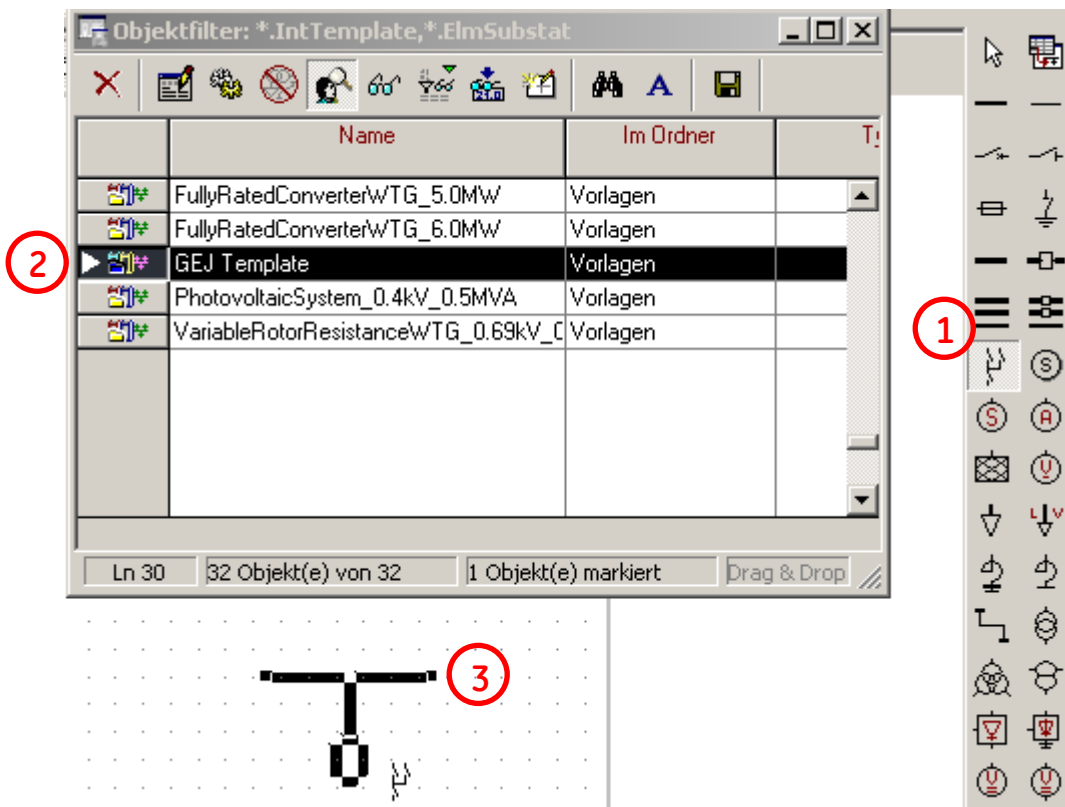


Abbildung 8: Vorlage auswählen

Im Netzwerkmodell sollte die implementierte Vorlage wie folgt aussehen (Abbildung 9).

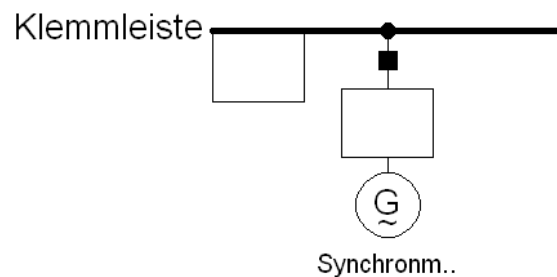


Abbildung 9: Vorlage im Netzwerkmodell

Es kann nun die Motor-Generatorkombination verwendet werden. Falls noch keine Parametrierung erfolgt ist, sei an dieser Stelle auf Kapitel 0 verwiesen.

Sollten weitere Motor-Generatorkombinationen hinzugefügt werden, kann dies über die Vorlagenauswahl angewählt werden.

PARAMETRIERUNG

In diesem Kapitel wird gezeigt, wie das Generatormodell bzw. Spannungsreglermodell parametriert werden kann.



3.1.4 GENERATORPARAMETRIERUNG

Um den Generator zu parametrieren sind folgende Schritte notwendig. Im Netzwerkmodell Doppelklick auf die Synchronmaschine und unter dem Menüpunkt „Typ“ „Projekttyp auswählen“. Danach den verwendeten Generator auswählen und bestätigen (OK). Je nach Motor-Generatorkombination sind die Generatorparameter entsprechend anzupassen.

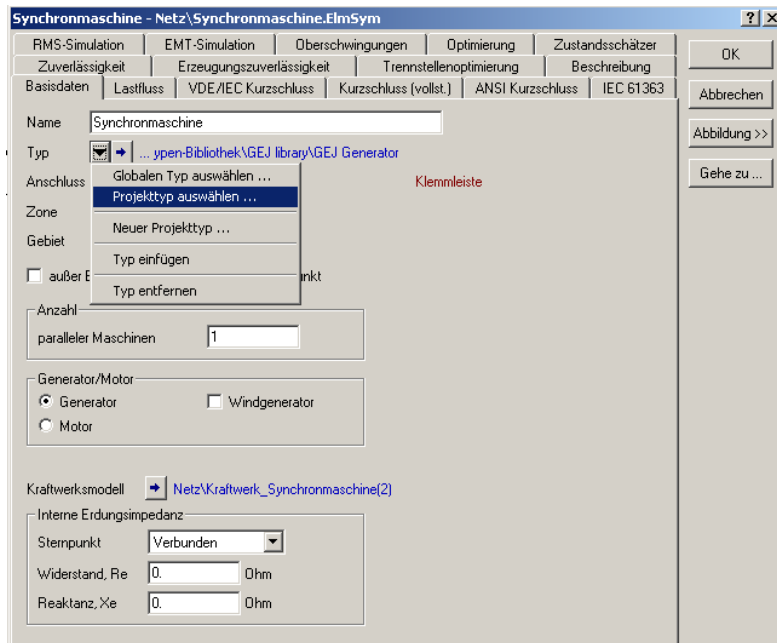


Abbildung 10: Generatorauswahl

3.1.5 MAINFRAME PARAMETRIERUNG

Entsprechend der Motor-Generatorkombination sind auch die Spannungsregler Parameter anzupassen. Dazu im Netzwerkmodell: Doppelklick auf die Synchronmaschine und unter „Kraftwerksmodell“ auf →.(Abbildung 11). Es erscheint die Einschubliste des gesamten Main frames, wie in Abbildung 12 gezeigt.

Um die Reglerparameter zu ändern :

- 1) Doppelklick auf „Unitrol_error_signal“ und Eingabe der entsprechenden Parameter
- 2) Doppelklick auf „Unitrol_PID_2parameter“ und Eingabe der entsprechenden Parameter



Synchronmaschine - Netz\Synchronmaschine.ElmSym

RMS-Simulation | EMT-Simulation | Oberschwingungen | Optimierung | Zustandsschätzer
Zuverlässigkeit | Erzeugungszuverlässigkeit | Trennstellenoptimierung | Beschreibung

Basisdaten | Lastfluss | VDE/IEC Kurzschluss | Kurzschluss (vollst.) | ANSI Kurzschluss | IEC 61363

Name: Synchronmaschine

Typ: Betriebsmitteltypen-Bibliothek\GEJ Generator

Anschluss: Netz\SingleBusbar\1\Feld_1 BB

Zone: ...

Gebiet: ...

☐ außer Betrieb ☐ Externer Sternpunkt

Anzahl paralleler Maschinen: 1

Generator/Motor:
☒ Generator ☐ Windgenerator
☐ Motor

Kraftwerksmodell: Netz\Kraftwerk_Synchronmaschine

Interne Erzeugungsimpedanz:
Sternpunkt: Verbunden
Widerstand, Re: 0 Ohm
Reaktanz, Xe: 0 Ohm

Buttons: OK, Abbrechen, Abbildung >>, Gehe zu ...

Abbildung 11: Auswahl Kraftwerksmodell

Zusammengesetztes Modell - Netz\Kraftwerk_Synchronmaschine(2).ElmComp

Basisdaten | Beschreibung

Name: Kraftwerk_Synchronmaschine

Verdrahtungsplan: ... me GEJ - Unitrol Parallel Structure

☐ außer Betrieb

Belegung der Einschübe:

	Einschübe BlkSlot	Netzelemente Elm*,Sta*,IntRef
1	Generator	✓ Synchronmaschine
2	VoltageSG	✓ Spannungsmessung
3	PowerSG	✓ PQ Messung
4	Unitrol_err_sig	✓ Unitrol_control error 1
5	Unitrol PID	✓ Unitrol_PID 2

Buttons: OK, Abbrechen, Inhalt, Einschübe aktualisieren, Sprungantwort

Abbildung 12: Einschubliste, GEJ Main frame



LÖSCHEN DES MODELLES

Wird ein Einheitenmodell in einem bestehenden Projekt nicht mehr benötigt, kann es entweder entfernt oder vom Netz getrennt werden. Dazu muss der Schalter der Synchronmaschine deaktiviert werden oder es wird die Synchronmaschine gänzlich gelöscht. Zusätzlich können bei Bedarf die benutzerdefinierten Elemente aus der Bibliothek entfernt werden.

4 EINSTELLUNGEN

SYSTEMKONFIGURATION

Im Modell ist standardmäßig eine Schrittweite von 0.001s bei RMS Simulationen voreingestellt. Je nach Integration und Kombination mit anderen Erzeugungsanlagen ist die Schrittweite entsprechend anzupassen.

MODELLPARAMETER

Für jede der Motor-Generator Kombination wird individuell ein vollständiger Parametersatz zur Verfügung gestellt. Dieser beinhaltet folgende Teile:

Generator:

Tabelle 1: Generatorparameter

Parameter	Variable	Einheit
Synchronreaktanzen (unsat.)	xd	[pu]
Synchronreaktanzen (unsat.)	xq	[pu]
Transiente Reaktanz (unsat.)	xd'	[pu]
Subtransiente Reaktanz (unsat.)	xd''	[pu]
Subtransiente Reaktanz (unsat.)	xq''	[pu]
Subtransiente Zeitkonstante	Td''	[s]
Subtransiente Zeitkonstante	Tq''	[s]
Transiente Zeitkonstante	Td'	[s]
Ständerwiderstand	rstr	[pu]
Streureaktanzen (unsat.)	xl	[pu]
Streureaktanzen (unsat.)	xrl	[pu]
Sättigungsparameter	SG10	[pu]
Sättigungsparameter	SG12	[pu]
Massenträgheit	H	[s]
Subtransiente Reaktanz (sat.)	xd''	[pu]
Nullsystemdaten	x0	[pu]
Nullsystemdaten	r0	[pu]
Gegensystemdaten	x2	[pu]
Gegensystemdaten	r2	[pu]



Unitrol PID:

Tabelle 2: Unitrol PID, Parameter

Parameter	Variable	Einheit
Demagnetization factor	Kd	[]
Exciter droop	KE	[pu]
Field Voltage for SE1	E1	[pu]
Saturation at E1	SE1	[pu]
Field Voltage for SE2	E2	[pu]
Saturation at E2	SE2	[pu]
Exciter field time constant	TE	[s]
Proportional gain for U control	Vp	[]
Antiwindup Integrator time constant	Ts	[s]
Proportional gain for Q control	Vp_Q	[]
Proportional gain for Ie control	Vp_Ie	[]
Integral time constant for Ie control	Ta_Ie	[]
Integral time constant for Q control	Ta_Q	[]
Integral time constant for U control	Ta	[]
Regulator differential gain	Kb	[]
Regulator differential time constant	Tb	[s]
Kceiling correction factor full load	Kceil2_high	[]
Kceiling correction factor half load	Kceil2_low	[]
Commutation reactance parameter	Kc	[]
Minimum exciter field current limit	Minimum	[pu]
Transducer Time constant	TR	[s]
Ie limiter activation	Ie_enable	[]
Rated exciter field current	Ie_n	[pu]
Voltage regulator minimum output	VRmin	[pu]
Voltage regulator maximum output	VRmax	[pu]

Unitrol Error Modell:

Tabelle 3: Unitrol Error Modell, Parameter

Parameter	Variable	Einheit
Lower Voltage Limit PF control	Umin	[pu]
Upper Voltage Limit PF control	Umax	[pu]
Droop	Kq	[%]
Transducer Time constant	TR	[s]
Voltage transducer const	a	[-]
Voltage transducer const	b	[-]
Voltage transducer const	c	[-]
Voltage transducer const	d	[-]
Integrator Time constant	Ts	[s]

EINSTELLBEREICH

Generatorparameter sind durch den Hersteller vorgegeben und je nach Generatortyp und Rating einzustellen. Für jede Motor-Generatorkombination ist ein Spannungsregler Datensatz vorgegeben. Die **Reglerparameter**werte (vgl. V_p , V_{p_Q} , V_{p_Ie} , T_{a_Ie} , T_{a_Q} , T_a , K_b , T_b) wurden auf Basis von getesteten Maschinen und Netzanschlussbedingungen automatisch generiert und unterliegen bestimmten Einstellbereichen. Generell kann von einer $\pm 50\%$ Einstelltoleranz ausgegangen werden. Je nach Netzanschlussbedingungen und umliegender Anlagenstruktur kann diese Toleranz im Sinne der Netzstabilität aber auch überschritten werden.



5 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten Teil 3; revision 23; FGW e.V.; Mai 2013
- [2] Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten Teil 4: revision 6; FGW e.V.; Mai 2013
- [3] Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten Teil 8; revision 6; FGW e.V.; Mai 2013
- [4] Simplified Computer Representation for power system stability studies, Unitrol 1010 and 1020; Revision E; ABB, Juli 2013