

**P2067**

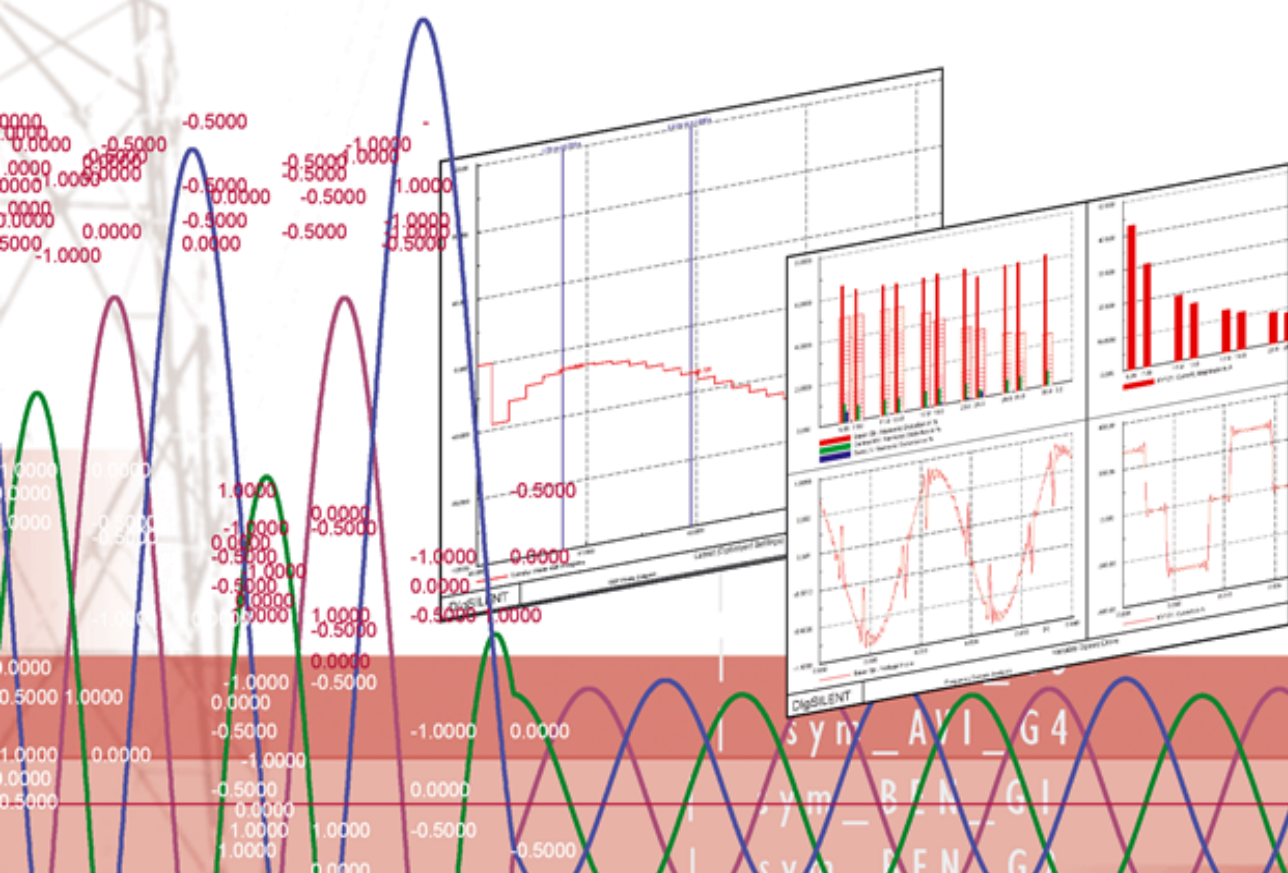
# VKM Modellbeschreibung HBG430 / HBG70 und daraus abgeleitete Modelle der Sommer energy GmbH

**Vorbereitet für:**

Sommer energy GmbH

**Herausgeber:**

DIGSILENT GmbH, Oktober 2021



**DlgSILENT GmbH**

Heinrich-Hertz-Straße 9  
D-72810 Gomaringen  
Tel.: +49 7072 9168 - 0  
Fax: +49 7072 9168- 88  
<http://www.digsilent.de>

**Kontakt**

Stefan Weigel  
T: +49 (0)7072 9188-72  
[s.weigel@digsilent.de](mailto:s.weigel@digsilent.de)

Alle Rechte vorbehalten, Copyright © DlgSILENT, 2021.

Wenn nicht anders angegeben, ist der Inhalt dieses Berichts Eigentum der DlgSILENT GmbH. Dies schließt den Inhalt in Form von Text, Grafiken, Logos, Bilder und angehängte Dokumente, sowie das Design und das Layout des Berichts ein. Jede unerlaubte Veröffentlichung, Vervielfältigung oder Wiedergabe ist streng verboten und stellt eine Verletzung des Urheberrechts dar.

# Revisionsverlauf des Dokuments

Version	Status	Datei	Ausgegeben	Erstellt von
01	Final	P2067_Sommer_Modellbeschreibung _V01_R01.docx	08.10.2021	S. Weigel

# Kurzfassung

Die Basismodelle HBG70 und HBG430 wurden unter der gemeinsamen Beauftragung der Firmen:

- Burkhardt GmbH (P1968)
- Geisberger Gesellschaft für Energieoptimierung mbH (P1969)
- Elektro Hagl KG (P1970)

entwickelt und einer Testvalidierung unterzogen.

Daraus wurden für die Firma Sommer energy GmbH die folgenden Modelltypen abgeleitet:

SH 30

SH 50-1

SH 65

SH 70

SH 100

SH 125

SH 140

SH 160

SH 170

SH 190

SH 190-1

SH 210

SH 210-1

SH 280

SH 350

SH 400

SH 430

SH 530-1

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>MODELLBESCHREIBUNG .....</b>	<b>8</b>
2.1	VERDRAHTUNGSPLÄNE/ZUSAMMENGESETZTE MODELLE .....	8
2.1.1	Hauptverdrahtungsplan .....	8
2.1.2	Signal Calculation Gen Side .....	11
2.2	TEILKOMPONENTEN .....	12
2.2.1	Generator .....	13
2.2.2	WOODWARD Control .....	13
2.2.3	DLL_Interface .....	15
2.2.4	Grid Protection .....	18
2.2.5	Generator Protection .....	19
2.2.6	Thyristor Box .....	21
2.2.7	Governor .....	21
2.2.8	Shaft .....	22
2.2.9	Messelemente .....	23
2.2.10	Phasor Analysis .....	23
2.2.11	Phasor Analysis_N .....	24
2.2.12	Excitation Voltage Supply .....	24
<b>3</b>	<b>ANWENDUNGSBESCHREIBUNG .....</b>	<b>26</b>
3.1	ENTFERNEN DES MODELLS .....	28
3.2	MODELL DEAKTIVIEREN .....	28
3.3	FEHLERBEHANDLUNG – DLL KONNTE NICHT GELADEN WERDEN .....	28
3.4	FEHLERBEHANDLUNG – ALLE MODELLPARAMETER SIND 0 .....	29
3.5	MELDUNG – KEINE KONVERGENZ .....	29
<b>4</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>REFERENZEN .....</b>	<b>31</b>

# Übersicht der Teillieferungen des Projekts

Dateiname	Beschreibung / MD5 Prüfsumme
HBG70_32bit_R05.zip	32bit DLL für HBG70 und daraus abgeleitete Modelle 6cde1338dfec71fea78d59f098fe594a
HBG70_64bit_R05.zip	64bit DLL für HBG70 und daraus abgeleitete Modelle ca5a59687e951fc9aec2c4d933c20376
SH 30.pfd	018de0c2497b3028b302917ca4219156
SH 50-1.pfd	bcaa77c00f3c741427c7daa7ac658d6b
SH 65.pfd	c82b868283894663e6487ed780b19e28
SH 70.pfd	8f44574dbef1a8b4400d5a1685cd1052
SH 100.pfd	8ec7a4046a6ebf0c8d22d84578b984f0
SH 125.pfd	bb6074b0de044cab8995a432f46e43df
SH 140.pfd	980a64f84db41e76d28e19a1b5e3b756
SH 160.pfd	51c10abeacce7d17e5078bff62ed7ddd
SH 170.pfd	8158c42e5176afa990efb43925dfaeaf
HBG430_32bit_R05.zip	32bit DLL für HBG430 und daraus abgeleitete Modelle 4c6a58a94976f035ca7dbd349ab64657
HBG430_64bit_R05.zip	64bit DLL für HBG430 und daraus abgeleitete Modelle ddc9514ceeacd895dea6490883096974
SH 190.pfd	a3e3d28fe6b592b8e510afbd8fb163cb
SH 190-1.pfd	040b44ebf9efa3aa5a01d85e594e27c9
SH 210.pfd	03169a386600f27c9ee1b6cf25025bae
SH 210-1.pfd	1677fe627b665c6a8ff9846a43d81599
SH 280.pfd	b8dccf04e9c11e61c2053a77829c9bac
SH 350.pfd	e4f31b1bfaa76f11bd41bd231ef83f37
SH 400.pfd	ab2a38b4ddc79d64b372ed73e1a069b7
SH 430.pfd	7663843e5564c3242089ee5ed4184474
SH 530-1.pfd	465a5295aa88544a6b8436d3a85be564

# 1 Einleitung

Dieses Dokument, sowie die darin beschriebenen Modelle basiert auf den in dem Dokument „P1968\_Burkhardt \_Modellbeschreibung\_V18\_R15.pdf“ beschriebenen Modellen.

Dieses Dokument beschreibt die VKM Modelle HBG430 und HBG70, sowie davon abgeleiteten, übertragenen Modelle. Im folgenden Kapitel werden die Teilkomponenten des Modells beschrieben.

Im darauffolgenden Kapitel ist eine Anwendungsbeschreibung zu finden.

Die folgende Liste gibt eine Übersicht über sämtliche Einheitenmodelle, die für die Firma Sommer energy GmbH erstellt wurden, zudem sind jeweils die Ausgangsmodelle angegeben, von diesen die Ableitung erfolgte.

*Tabelle 1: Einheitenmodelle mit zugehörigem Basismodell*

Modell	Basismodell
SH 30	HBG70
SH 50-1	HBG70
SH 65	HBG70
SH 70	HBG70
SH 100	HBG70
SH 125	HBG70
SH 140	HBG70
SH 160	HBG70
SH 170	HBG70
SH 190	HBG430
SH 190-1	HBG430
SH 210	HBG430
SH 210-1	HBG430
SH 280	HBG430
SH 350	HBG430
SH 400	HBG430
SH 430	HBG430
SH 530-1	HBG430

## 2 Modellbeschreibung

Das Modell verwendet als Kernreglerkomponente das Woodward EG3000 K36 Modell. Dieses Modell wurde von Woodward entwickelt und in Form einer DLL zur Verfügung gestellt. Darum umfasst die Modellbeschreibung einzig eine Parameterliste des Woodward Spannungs- und Anlagenreglers. Der Anlagenregler fungiert sowohl als Spannungsregler als auch als Leistungsregler. Der Spannungsregler stellt ein Sollwertsignal für einen Thyristor-Gleichrichter (Modell „Thyristor Box“) zur Verfügung. Dieser Gleichrichter wird mit einer Erregerspannung versorgt, die im Simulationsmodell über eine entsprechende Teilkomponente („Excitation Voltage Supply“) berücksichtigt wird.

Zusätzlich gibt der Anlagenregler ein Sollwertsignal aus, das auf den unterlagerten Drehzahlregler geschaltet ist. Der unterlagerte Drehzahlregler ist sehr vereinfacht im Modell „Governor“ berücksichtigt. Dieses Modell stellt ein Leistungssignal zur Verfügung, das über ein Feder-Dämpfer-Modell der Kupplung („Shaft“) zum Generator geleitet wird.

Als weitere Teilkomponente gibt es die Messwertaufbereitung (Modelle „Phasor Analysis“ und „Phasor Analysis\_N“) sowie die Datenaufbereitung für die Ansteuerung der DLL („DLL\_Interface“).

Das vorliegende Modell wurde für die EMT-Simulation in PowerFactory V2019 und neuer entwickelt. Es ist bei Verwendung einer variablen Schrittweite mit einer maximalen Schrittweite von 2,5ms zu verwenden. Die minimale Schrittweite sollte nicht größer als 0,1ms gewählt werden.

Das Modell eignet sich zur Simulation von Netzfehlern, sowie zur Simulation von Unter- und Überfrequenzereignissen. Zudem kann das Verhalten im quasistationären Betrieb (Blindleistungsregelung mit Spannungsbegrenzungsfunktion, Q(P)-Regelung, Leistungsänderungen), wie nach TR3 vermessen und validiert, simuliert werden.

Die EMT Simulation musste gewählt werden um die in der FGW TR4 Rev. 9 geforderte Genauigkeit erreichen zu können. Das RMS-Simulationsmodell der Synchronmaschine beinhaltet in PowerFactory einige Vereinfachungen, unter anderem die Vernachlässigung schneller Statortransienten. Zudem wird der sog. Backswing-Effekt in der RMS-Simulation nicht hinreichend genau abgebildet. Diese Effekte würden in Summe zu einer RMS-Simulation zu einer unzulässig großen Abweichung führen.

### 2.1 Verdrahtungspläne/zusammengesetzte Modelle

#### 2.1.1 Hauptverdrahtungsplan

Das dynamische Modell besteht auf der höchsten Ebene aus einem sog. zusammengesetzten Modell, das die Verbindung zwischen den unterschiedlichen Teilkomponenten herstellt. Die Teilkomponenten sind in der Tabelle 2 aufgelistet, die grafische Definition ist in Abbildung 1 gezeigt.



*Tabelle 2: Teilkomponenten des Hauptmodells*

Name	Beschreibung
Generator	Verknüpft das Synchrongeneratorelement
WOODWARD Control	Verknüpft das Woodward-Reglermodell
DLL_Interface	Verknüpft das DLL-Interface für die Anbindung des Woodward Modells
Thyristor Box	Verknüpft das Modell für die Thyristor Box
Governor	Verknüpft das vereinfachte Drehzahlreglermodell
Shaft	Verknüpft das Feder-Dämpfer-Modell
Signal_Calculation_Gen_Side	Verknüpft ein weiteres zusammengesetztes Modell
Grid Protection	Verknüpft das Netzschutzmodell
Generator Protection	Verknüpft das Eigenschutzmodell

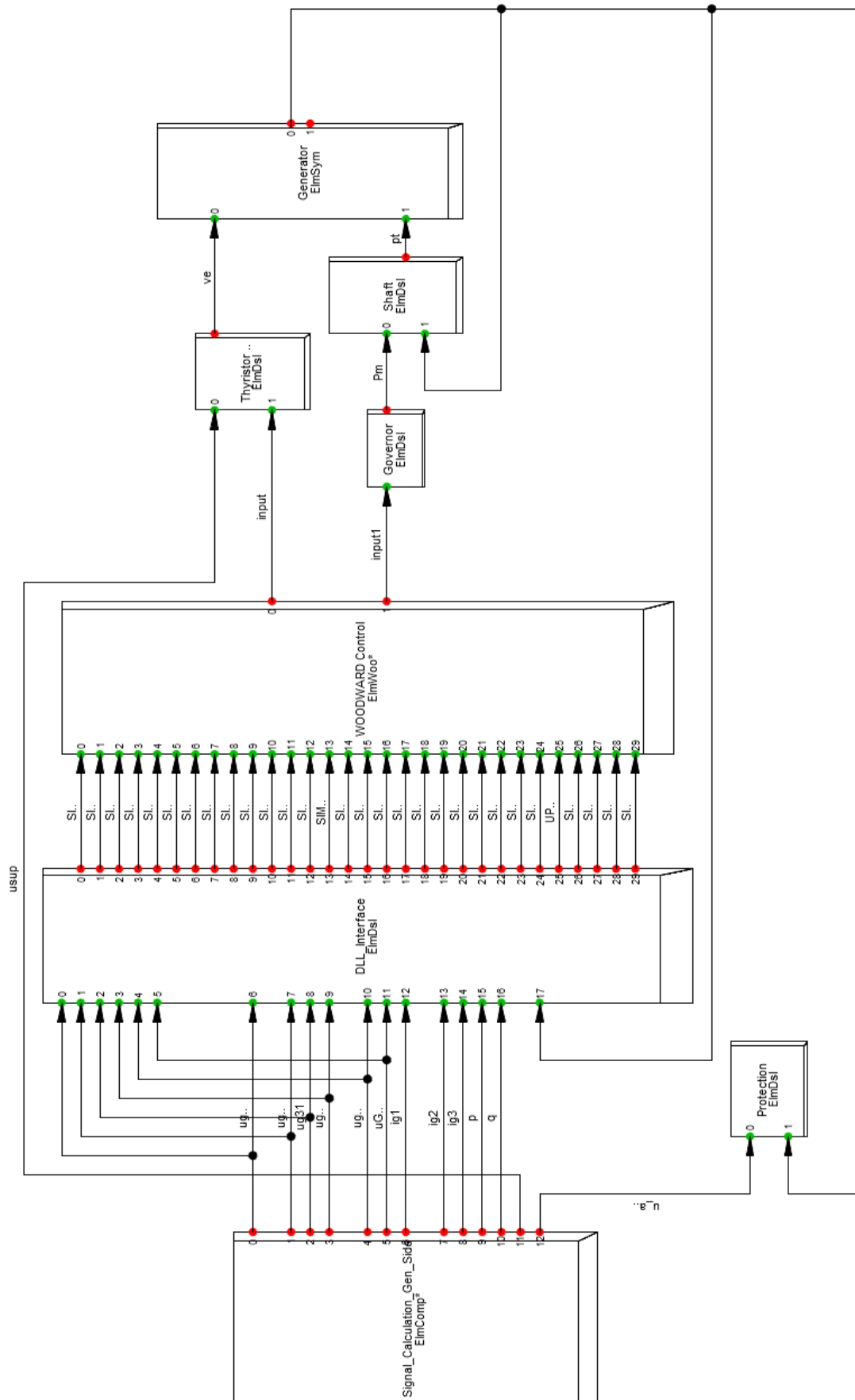


Abbildung 1: Verdrahtungsplan des Hauptmodells

## 2.1.2 Signal Calculation Gen Side

Das unterlagerte zusammengesetzte Modell „Gen\_Side\_Signals“ stellt die aus der EMT-Simulation gewonnenen Momentanwerte als RMS Werte im Mit-, Gegen- und Nullsystem zur Verfügung. Zudem gibt es noch die Teilkomponente „Excitation Voltage Supply“, die die Versorgungsspannung der Erregung berechnet. Die Teilkomponenten sind in Tabelle 3 aufgelistet und in Abbildung 2 ist die grafische Definition gezeigt.

Tabelle 3: Teilkomponenten des Sub-Modells „Signal Calculation Gen Side“

Name	Beschreibung
Voltage Transformer	Verknüpft einen Spannungsmesstransformator
Current Transformer	Verknüpft einen Strommesstransformator
Phasor Analysis	Verknüpft ein Modell zur Berechnung der Phase-Phase RMS-Werte
Phasor Analysis_N	Verknüpft ein Modell zur Berechnung der Phase-N RMS-Werte
Neutral Voltage Measurement	Verknüpft ein Spannungsmessgerät für die Neutralleiterspannung
Voltage Measurement (inc)	Verknüpft ein Spannungsmessgerät zur Initialisierung
PQ Measurement (inc)	Verknüpft ein Leistungsmessgerät zur Initialisierung
Excitation Voltage Supply	Verknüpft ein Modell zur Bestimmung der Erreger-Versorgungsspannung

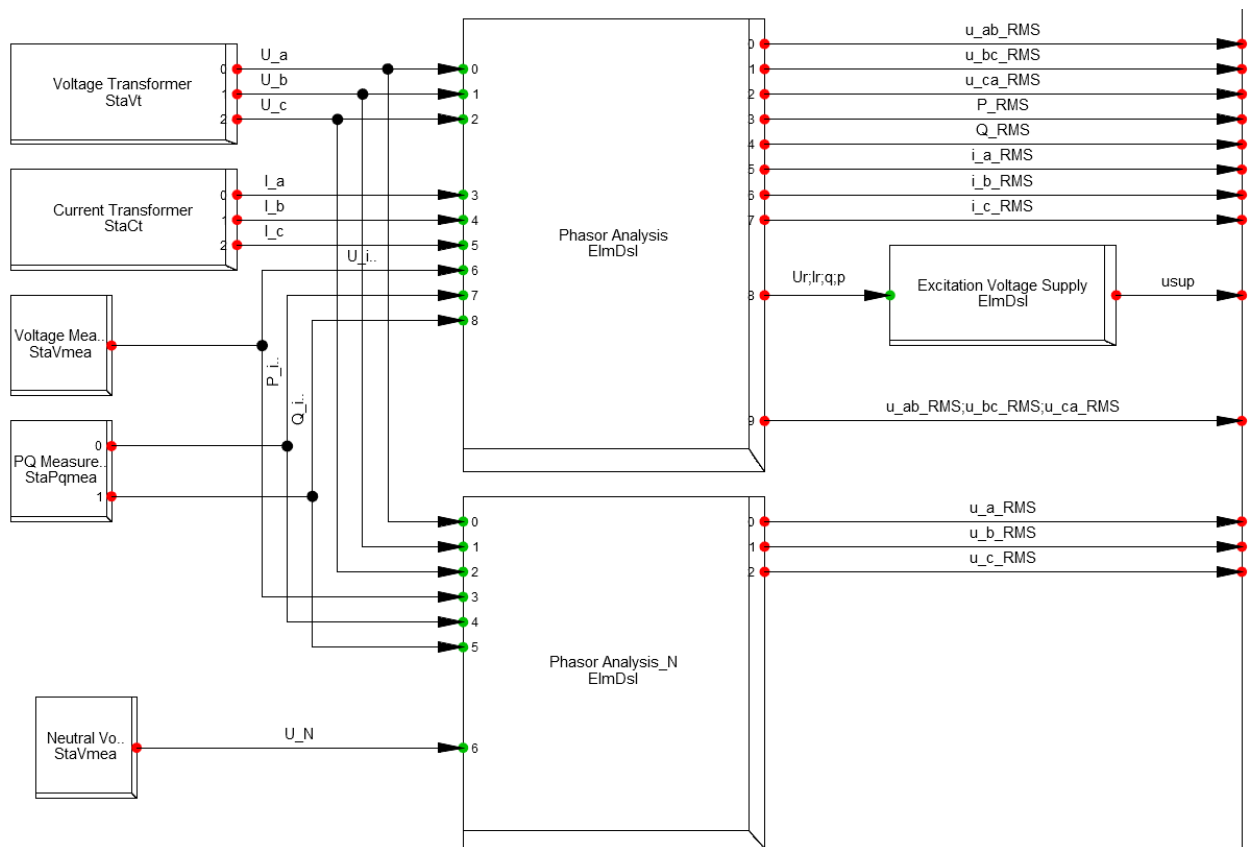


Abbildung 2: Verdrahtungsplan des Sub-Modells „Signal Calculation Gen Side“

## 2.2 Teilkomponenten

In den folgenden Unterkapiteln sind alle Teilkomponenten aufgelistet und beschrieben. Insofern sinnvoll wurden für den Einstellbereich der Parameter Verweise auf [1] angegeben. Sind keine Einstellbereiche angegeben, so sind die Parameter unveränderlich, bzw. dürfen nur nach expliziter Freigabe des Herstellers geändert werden.

Die Modellparameter, die gegenüber dem Basismodell abweichen sind in den Tabellen jeweils **grün** hervorgehoben und entsprechend in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Datengrundlage Modellübertragung

Modell	Pbase [kW] [2]	Iprimary [A] [2]	Isbase [A] [2]	H <sup>1</sup> [s] [2]	J <sub>Gen</sub> <sup>2</sup> [kg*m <sup>2</sup> ] [2]	Ktg [Nm/rad] [2]	Psi [-] [2]
SH 30	30	75	118,357	0,6497	1,085	15000	1,25
SH 50-1	50	100	118,357	0,3898	1,085	15000	1,25
SH 65	65	150	118,357	0,2999	1,085	15000	1,25
SH 70	70	150	197,742	0,4900	1,443	15000	1,25
SH 100	100	200	197,742	0,3430	1,443	15000	1,25
SH 125	125	200	262,694	0,3188	1,803	15000	1,25
SH 140	140	250	329,090	0,2811	2,977	15000	1,25
SH 160	160	400	329,090	0,2460	2,977	15000	1,25
SH 170	170	400	329,090	0,2315	2,977	15000	1,25
SH 190	190	400	394,042	0,2071	3,277	15000	1,25
SH 190-1	190	400	394,042	0,2199	3,584	40000	1,15
SH 210	210	400	394,042	0,1966	3,584	40000	1,15
SH 210-1	210	400	394,042	0,1990	3,584	40000	1,15
SH 280	280	500	772,206	0,1959	4,194	40000	1,15
SH 350	350	750	772,206	0,1568	4,194	40000	1,15
SH 400	400	750	858,809	0,1304	8,474	40000	1,15
SH 430	430	750	858,809	0,1579	8,856	100000	1,25
SH 530-1	530	1000	952,628	0,1281	9,966	100000	1,25

<sup>1</sup> Summe aus Motorträgheitsmoment und Primärteil der Kupplung

<sup>2</sup> Summe aus Generatorträgheitsmoment, entsprechend [18], sowie dem Sekundärteil der Kupplung

## 2.2.1 Generator

Als Generator wird das Synchronmaschinenelement von PowerFactory verwendet. Die Maschinendaten wurden aus der gelieferten Dokumentation übernommen. Für HBG430 wurde einzig die Reaktanz der q-Achse wurde nach Rücksprache mit dem Generatorhersteller reduziert. Laut Hersteller lässt sich dies über Sättigungseffekte erklären. Nur mit angepasster q-Reaktanz ergibt sich eine annähernde Übereinstimmung des simulierten mit dem gemessenen Polradwinkel. Für HBG70 erfolgten weitergehende Parameteranpassungen, die mit dem Hersteller abgestimmt wurden.

Das Massenträgheitsmoment aus dem Generatordatenblatt wurde mit dem generatorseitigen Teil der Kupplung beaufschlagt, weitere Massenträgheitsmomente sind Teil des Shaftmodells (siehe 2.2.8). Die Generatortypdaten werden nicht gesondert aufgelistet, da diese dem PowerFactory-Projekt entnommen werden können.

*Tabelle 5: Datengrundlage für den Generator*

Typ	Generatordaten	Kupplungsdaten	Leistungsdiagramm
HBG430	[3]	[4]	[5]
HBG70	[6] <sup>3</sup>	[7]	[8]
Übertragene Typen der Firma Sommer energy	[9] <sup>4</sup>	[2]	[10]

## 2.2.2 WOODWARD Control

Das Woodward-Reglermodell ist über eine DLL an PowerFactory angebunden. Damit die Simulation funktioniert, muss die DLL in dem Ordner „HBG430“, bzw. „HBG70“ im Installationsverzeichnis von PowerFactory abgelegt werden. Eine Dokumentation der Parameter wurde von Woodward für HBG430 in dem Dokument [11] für HBG70 in [12] bereitgestellt. Eine Beschreibung der DLL wurde in dem Dokument [13] zur Verfügung gestellt. Auf eine vollständige Auflistung der Parameter wird verzichtet. Zusätzlich zu den im referenzierten Dokument genannten Parameter verfügt der Regler über die in Tabelle 6 genannten Parameter.

<sup>3</sup> Die Generatordaten wurden in Abstimmung mit dem Generatorhersteller angepasst. Eine Erklärung liegt dem Auftraggeber (Projekte P1968, P1969, P1970) vor.

<sup>4</sup> Der Parameter „xrl“ aus dem Datenblatt wurde entsprechend einer Anweisung von Nidec negativ auf den Parameter „xrla“ gemapped. Hierzu liegt folgende Aussage von Nidec vor. Email von Herrn Werder, vom 19.07.2021:

„Dieser Wert [Anm.: xrl] ist in der Simulation grundsätzlich vernachlässigbar. Bei Nichtberücksichtigung können Sie den Wert mit „0“ eintragen – wie es üblicherweise auch von anderen Modellbildnern gehandhabt wird. Bei Berücksichtigung können Sie den Wert mit negativen Vorzeichen „-xxx“ in der d-Achse eintragen.“

Tabelle 6: zusätzliche Parametrierung des Modells „WOODWARD Control“

Parameter	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
INTERN_AVR_INIT	20	20	[-]	Initialisierungswert der Erregung
INTERN_Speed_INIT	50	50	[-]	Interner Initialisierungswert

Für die Modellübertragung wurden die folgenden Parameter angepasst (eine Auflistung der Parameter findet sich in Tabelle 4):

- para1752: Pbase (Nennwirkleistung der EZE)
- para1754: Ibase (Nennscheinstrom des Generators)
- para1758: Pbase (Nennwirkleistung der EZE)
- para1806: Iprimary (Primärstrom Ct)
- para5015: Wurde in den übertragenen Modellen auf 600s gestellt, entsprechend [14]

### 2.2.3 DLL\_Interface

Das Modell „DLL Interface“ stellt alle von der DLL benötigten Signale zur Verfügung. Zudem wird über dieses Modell die DLL schrittweise initialisiert. Die vollständige Initialisierung der DLL ist nach den ersten 1,6 s der Simulation abgeschlossen. Somit ist es wichtig, dass Simulationsereignisse erst nach dieser Vorlaufzeit starten.

Zudem dient das DLL Interface Modell zur Konfiguration der unterschiedlichen Blindleistungsregelmodi. Diese werden sämtlich über den Parameter „MODE“ eingestellt. Die Blindleistungsregelmodi können über die Eingabeparameter eingestellt werden. Neben den skalaren Werten gibt es auf der „Erweitert 1“-Seite die Möglichkeit die Kennlinie für die Q(U) und Q(P)-Regelung einzugeben. Es können beliebige viele weitere Zeilen hinzugefügt werden. Die Tabellen müssen mindestens drei Zeilen aufweisen. Der Einstellbereich der Q(U) Kennlinie erfolgt entsprechend [1], Nummer 6912 bis 6919. Der Einstellbereich der Q(P) Kennlinie erfolgt entsprechend [1], Nummer 5831 bis 5850.

Der Modus „Blindleistung Q mit Spannungsbegrenzungsfunktion“ wird über die Eingabe der Stützstellen für die Blindleistung in den Punkten P1 und P4 (qP1, qP4), sowie über die Stützstellen der Spannung in den Punkten P2 und P3 (uP2, uP3) und den Steigungen mA und mB konfiguriert. Der Einstellbereich ist entsprechend [1], Nummer 6912 bis 6919 definiert, bzw. muss daraus berechnet werden.

Die LVRT- und HVRT-Fälle wurden mit dem std. Blindleistungsregelmodus (MODE = 0) vorvalidiert.

Die Einstellzeit des Reglers kann über den Parameter „t\_QU“ eingestellt werden. Dieser Parameter wirkt sich auf alle Blindleistungsregelmodi aus.

Die Parametrierung ist in Tabelle 7 aufgelistet.

Das Modell verfügt zudem über weitere Eingangssignale:

#### Frequenztest

Eine Simulation einer Frequenzänderung (analog zum TR3-Test) lässt sich über den Signaleingang „**F\_Hz\_Test**“ realisieren. Über dieses Eingangssignal können Über- und Unterfrequenztests nachgefahren werden. Der Wert des Signals wird auf die Frequenzmessung in Hz addiert. Das Signal kann entweder per Parameterereignisse geändert oder durch Anschluss eines benutzerdefinierten Signals modifiziert werden.

#### Spannungstest

Zum Testen der „Q(U)“-Regelung sowie der „Blindleistung Q mit Spannungsbegrenzungsfunktion“ verfügt das Modell über das Eingangssignal „**u\_pu\_Test**“ hier können direkt per Unit Werte der Spannung eingespielt werden. Damit diese übernommen werden muss im Modell der Parameter „Use\_u\_Test“ auf 1 gestellt werden. Dies darf nur zum Testen der oben genannten Regelfunktionen aktiviert werden. Für LVRT-/HVRT- Simulationen darf der Parameter nicht verwendet werden („Use\_u\_Test“ muss in diesem Fall 0 sein). Das Signal kann entweder per Parameterereignisse geändert oder durch Anschluss eines benutzerdefinierten Signals modifiziert werden.

#### Sollwertvorgabe Wirkleistung

Über das Eingangssignal „**SIMULATION\_P\_SETPOINT\_KW**“ kann die Wirkleistung der Einheit während der Simulation reduziert, bzw. angehoben werden. Dies kann zB für die Simulation des Tests Q(P), bzw. der Sollwertvorgabe. Das Signal kann entweder per Parameterereignisse geändert oder durch Anschluss eines benutzerdefinierten Signals modifiziert werden.

#### Leistungsbegrenzung

Über das Eingangssignal „**P\_CURTAILMENT**“ kann die Leistung durch Vorgabe eines Prozentwertes eingesenkt werden. Das Signal wird hierbei als Einhüllende interpretiert. Dieses Signal kann auch zur Simulation der Frequenztests verwendet werden (Absenkung der Leistung vor dem Test und Freigabe der Leistung während des Frequenzereignisses). 100% entspricht hierbei keiner Limitierung, 0% einer kompletten Abregelung auf 0kW. Das Signal kann entweder per Parameterereignisse geändert oder durch Anschluss eines benutzerdefinierten Signals modifiziert werden.

#### Blindleistungsvorgabe

Über das Eingangssignal „**Q\_SETPOINT\_PERCENT**“ kann während der Simulation die Blindleistung verändert werden. Das Signal findet nur bei MODE=0 (Blindleistungsregelung) und MODE=3 (Q mit Spannungsbegrenzung) Berücksichtigung. Dem Namen entsprechend kann hierbei die Blindleistung in Prozent vorgegeben werden. Ein positiver Wert entspricht dabei übererregter Blindleistung.

Für eine bessere Übersicht sind die Signale noch einmal in Tabelle 8 aufgelistet.



Tabelle 7: Parametrierung des Modells „DLL\_Interface“

Parameter	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
nbase	1500	1500	[rpm]	Nominal generator speed
Pbase <sup>5</sup>	70	430	[kW]	Nominal active power
GEN_CT_IS_5A	1	1	[0/1]	Set to 1 if CT is 5A
In <sup>6</sup>	200	1250 <sup>7</sup>	[A]	Nominal current
Unom	400	400	[V]	Nominal phase-phase voltage
MODE	0	0	[0/1/2/3]	0: Qctrl, 1: Q(U), 2: Q(P), 3: UQ_lim
t_QU <sup>8</sup>	5	5	[s]	Q(U) ctrl. time
Use_u_Test	0	0	[0/1]	1: break u feedback and use input u_pu_Test
qP1 <sup>9</sup>	0,33	0	[pu]	Q point P1 for Q with u limitation
uP2 <sup>9</sup>	0,96	0,96	[pu]	Voltage point P2 for Q with u limitation
uP3 <sup>9</sup>	1,04	1,04	[pu]	Voltage point P3 for Q with u limitation
qP4 <sup>9</sup>	-0,33	0	[pu]	Q point P4 for Q with u limitation
mA <sup>9</sup>	16,5	16,5	[-]	gradient A for Q with u limitation
mB <sup>9</sup>	16,5	16,5	[-]	gradient B for Q with u limitation

Tabelle 8: Zusätzliche Eingangssignale des Modells „DLL-Interface“

Signal	Einheit	Verwendung
u_pu_Test	p.u.	Direkte Spannungsvorgabe für Testzwecke. Wird nur verwendet, wenn "Use_u_test"=1
F_Hz_Test	Hz	Kann zur Simulation von Frequenzänderungen verwendet werden. Der Wert wird auf die tatsächliche Frequenz addiert.
Q_SETPOINT_PERCENT	%	Vorgabe der Blindleistung. Der Wert wird Rückwärtsinitialisiert und steht automatisch auf dem Wert der Lastflussrechnung.
SIMULATION_P_SETPOINT_KW	kW	Vorgabe der Wirkleistung. Der Wert wird Rückwärtsinitialisiert und steht automatisch auf dem Wert der Lastflussrechnung.
P_CURTAILMENT	%	Leistungsbegrenzung, im Normalbetrieb wird das Signal auf 100 initialisiert.

<sup>5</sup> Wurde in den Übertragenen Modellen auf den Parameter Pbase (Nennwirkleistung) eingestellt

<sup>6</sup> Parameter entspricht Primärstrom des Ct (Iprimary)

<sup>7</sup> Parameter wurde im Zuge der Modellübertragung zugängliche gemacht existiert nur in HBG70 Modell

<sup>8</sup> Der Einstellbereich ist nach [1] je nach ausgewählter Regelart nach Nummer 1899 oder 1897 definiert.

<sup>9</sup> Der Einstellbereich ist entsprechend [1], Nummer 6912 bis 6919 definiert.

## 2.2.4 Grid Protection

Das Entkopplungsschutzmodell umfasst die Basisschutzfunktion, wie Über- und Unterspannung (OV und UV), sowie Über- und Unterfrequenz (OF und UF). Für den Unterspannungsschutz wird der kleinste Wert der drei RMS-Leiter-Leiter-Spannungen ausgewertet, für den Überspannungsschutz entsprechend der größte.

Das Modell umfasst jeweils zwei Schwellwerte, die einzeln aktiviert werden können. Wird ein aktiver Schwellwert für die angegebene Zeit überschritten, so wird die Maschine durch Öffnen des Leistungsschalters vom Netz getrennt. Der reale Schutz hat zusätzlich noch eine Abstufung in Alarmstufen A-F. Da das Modell keine automatische Synchronisation abbildet wurden die Alarmstufen nicht berücksichtigt. Wird eine Alarmstufe gewählt, die nicht zur Netztrennung führt, so muss die Stufe entsprechend deaktiviert werden (Enable = 0).

Die Parametrierung basiert auf Angaben von Burkhardt [15]. Die verwendeten Parameter sind in Tabelle 9 aufgelistet.

Tabelle 9: Parametrierung des Modells „Grid Protection“

Parameter <sup>10</sup>	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
V_base	400,	400,	V	Base voltage
_2850_OF1	1,	1,	0/1	Enable OF1
_2854_OF1_limit	103,	103,	%	Limit OF1
_2855_OF1_delay	5,	5,	s	Delay OF1
_2856_OF2	1,	1,	0/1	Enable OF2
_2860_OF2_limit	105,	105,	%	Limit OF2
_2861_OF2_delay	0,1	0,1	s	Delay OF2
_2900_UF1	0,	1,	0/1	Enable UF1
_2904_UF1_limit	95,	95,	%	Limit UF1
_2905_UF1_delay	0,1	0,1	s	Delay UF1
_2906_UF2	1,	0	0/1	Enable UF2
_2910_UF2_limit	95,	95,	%	Limit UF2
_2911_UF2_delay	0,1	0,1	s	Delay UF2
_2950_OV1	0,	0,	0/1	Enable OV1
_2954_OV1_limit	125,	125,	%	Limit OV1
_2955_OV1_delay	0,11	0,11	s	Delay OV1
_2956_OV2	1,	1,	0/1	Enable OV2
_2960_OV2_limit	125,	125,	%	Limit OV2

<sup>10</sup> Die Nummer der Parameter entsprechend den Nummern in [1], es gelten die dort angegebenen Bereiche.

Parameter <sup>10</sup>	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
_2961_OV2_delay	0,11	0,1	s	Delay OV2
_3000_UV1	1,	1,	0/1	Enable UV1
_3004_UV1_limit	80,	80,	%	Limit UV1
_3005_UV1_delay	3,5	3,5 <sup>11</sup>	s	Delay UV1
_3006_UV2	1,	1,	0/1	Enable UV2
_3010_UV2_limit	45,	45	%	Limit UV2
_3011_UV2_delay	0,4	0,3	s	Delay UV2

## 2.2.5 Generator Protection

Das Eigenschutzmodell umfasst die Schutzfunktion, wie Über- und Unterspannung (OV und UV), sowie Über- und Unterfrequenz (OF und UF), Überstrom (I1, I2, I3), sowie cosp-Schutz (kapazitiv und induktiv). Für den Unterspannungsschutz wird der kleinste Wert der drei RMS-Leiter-Leiter-Spannungen ausgewertet, für den Überspannungsschutz entsprechend der größte.

Das Modell umfasst jeweils zwei (bzw. drei für den Überstromschutz) Schwellwerte, die einzeln aktiviert werden können. Wird ein aktiver Schwellwert für die angegebene Zeit überschritten, so wird die Maschine durch Öffnen des Leistungsschalters vom Netz getrennt. Der reale Schutz hat zusätzlich noch eine Abstufung in Alarmstufen A-F. Da das Modell keine automatische Synchronisation abbildet wurden die Alarmstufen nicht berücksichtigt. Wird eine Alarmstufe gewählt, die nicht zur Netztrennung führt, so muss die Stufe entsprechend deaktiviert werden (Enable = 0). Die Drehfeldüberwachung wurde im Modell nicht umgesetzt, da eine Umkehr des Drehfeldes im Simulationsmodell nicht auftreten kann.

Die Parametrierung basiert auf Angaben von Burkhardt [15]. Die verwendeten Parameter sind in Tabelle 10 aufgelistet.

Tabelle 10: Parametrierung des Modells „Generator Protection“

Parameter <sup>12</sup>	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
_1900_OF1	1	1	0/1	Enable OF1 f>
_1904_OF1_limit	110	110	%	Limit OF1
_1905_OF1_delay	15	15	s	Delay OF1
_1906_OF2	1	1	0/1	Enable OF2 f>>
_1910_OF2_limit	120	120	%	Limit OF2
_1911_OF2_delay	5	5	s	Delay OF2

<sup>11</sup> Parameter wurde im Zuge der Modellübertragung angepasst

<sup>12</sup> Die Nummer der Parameter entsprechend den Nummern in [1], es gelten die dort angegebenen Bereiche.

Parameter <sup>12</sup>	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
_1950_UF1	1	1	0/1	Enable UF1 f<
_1954_UF1_limit	90	90	%	Limit UF1
_1955_UF1_delay	5	5	s	Delay UF1
_1956_UF2	1	1	0/1	Enable UF2 f<<
_1960_UF2_limit	80	80	%	Limit UF2
_1961_UF2_delay	2	2	s	Delay UF2
_2000_OV1	1	1	0/1	Enable OV1 u>
_2004_OV1_limit	130	130	%	Limit OV1
_2005_OV1_delay	0,2	0,2	s	Delay OV1
_2006_OV2	1	1	0/1	Enable OV2 u>>
_2010_OV2_limit	150	150	%	Limit OV2
_2011_OV2_delay	0,1	0,1	s	Delay OV2
_2050_UV1	1	1	0/1	Enable UV1 u<
_2054_UV1_limit	50	50	%	Limit UV1
_2055_UV1_delay	1	1	s	Delay UV1
_2056_UV2	1	1	0/1	Enable UV2 u<<
_2060_UV2_limit	65	65	%	Limit UV2
_2061_UV2_delay	3	3	s	Delay UV2
_2200_I1	1	1	0/1	Enable I1 I>
_2204_I1_limit	115	115	%	Limit I1
_2205_I1_delay	5	5	s	Delay I1
_2206_I2	1	1	0/1	Enable I2 I>>
_2210_I2_limit	130	130	%	Limit I2
_2211_I2_delay	3,5	3,5	s	Delay I2
_2212_I3	1	1	0/1	Enable I3 I>>>
_2216_I3_limit	300	300	%	Limit I3
_2217_I3_delay	0,4	0,4	s	Delay I3
_2325_cos_ind_1	0 <sup>13</sup>	0 <sup>14</sup>	0/1	Enable cos phi ind. stage 1
_2329_cos_ind_1_limit	0,89	0,89	%	Limit cos ind 1
_2330_cos_ind_1_delay	30	30	s	Delay cos ind 1
_2331_cos_ind_2	1	1	0/1	Enable cos phi ind. stage 2

<sup>13</sup> Wurde auf 0 gestellt, da die Schutzstufe B zu keiner Auslösung führt. Siehe auch [17]

<sup>14</sup> Wurde auf 0 gestellt, da die Schutzstufe B zu keiner Auslösung führt. Siehe auch [17]

Parameter <sup>12</sup>	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
_2335_cos_ind_2_limit	0,65	0,65	%	Limit cos ind 2
_2336_cos_ind_2_delay	10	10	s	Delay cos ind 2
_2375_cos_cap_1	0 <sup>14</sup>	0 <sup>14</sup>	0/1	Enable cos phi cap. stage 1
_2379_cos_cap_1_limit	-0,89	-0,89	%	Limit cos cap 1
_2380_cos_cap_1_delay	30	30	s	Delay cos cap 1
_2381_cos_cap_2	1	1	0/1	Enable cos phi cap. stage 2
_2385_cos_cap_2_limit	-0,65	-0,65	%	Limit cos cap 2
_2386_cos_cap_2_delay	10	10	s	Delay cos cap 2
I_base <sup>15</sup>	216,5	858,8	A	Rated current
V_base	400	430 <sup>16</sup>	V	Base voltage
ct_ratio <sup>17</sup>	40	240	-	Ratio of ct

## 2.2.6 Thyristor Box

Das Modell „Thyristor Box“ stellt die Verbindung zwischen der Woodward-Regelung, der Spannungsversorgung der Erregung und der Synchronmaschine dar. Der Parameter „Start“ sollte mit dem Parameter „INTERN\_AVR\_INIT“ des WOODWARD Control Modells übereinstimmen. Die Parameter des Modells sind in Tabelle 11 aufgelistet.

Tabelle 11: Parametrierung des Modells „Thyristor Box“

Parameter	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
Gain	5	5,	-	Gain effect of thyristor box
wait	1,5	0,75	s	Wait time before activating AVR
Start	20	20,	%	Initial output of Woodward Control

## 2.2.7 Governor

Das Modell „Governor“ stellt, sehr vereinfacht, die Antriebsmaschine und innere Regelung dar, zudem wird hier die Leistungsanpassung bei Frequenzänderung berücksichtigt. Die Parametrierung des Modells ist in Tabelle 12 gezeigt.

<sup>15</sup> Parameter entspricht Ibase (Nennscheinstrom des Generators)

<sup>16</sup> Der Parameter wurde bei den übertragenen Modellen auf 400V geändert

<sup>17</sup> Parameter bestimmt sich aus Verhältnis von Iprimary zu 5A, wird darum nicht gesondert aufgeführt.

Tabelle 12: Parametrierung des Modells „Governor“

Parameter	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
P <sub>rated</sub> <sup>5</sup>	70	430	[kW]	Rated power of unit
Gradient_1 <sup>18</sup>	0,66	0,66	[%/s]	max. gradient normal operation
Gradient_2 <sup>19</sup>	0,166666	0,166666		max. gradient post frequency
Gradient_3 <sup>20</sup>	1,15	1,15	[%/s]	max. gradient freq. ramp
PHz <sup>21</sup>	40,	40	[%/Hz]	Frequency power reduction rate
fOver_start <sup>22</sup>	50,2	50,2	[Hz]	Limit to start power reduction
fUnder_start <sup>23</sup>	49,8	49,8	[Hz]	Limit to start power increase
Fnom	50	50	[Hz]	Nominal grid frequency

## 2.2.8 Shaft

Das „Shaft“ Modell ist Teil eines zwei-Massenschwingers, der über ein Feder-Dämpfer-System gekoppelt ist. Eine Masse ist explizit Teil des Modells, die zweite Masse ist Teil der Synchronmaschine. Die Datengrundlage ist in Tabelle 5 aufgelistet. Die im Modell verwendeten Parameter sind in Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 13: Parametrierung des Modells „Shaft“

Parameter	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
H <sup>24</sup>	0,3519571	0,126928	s	Motor inertia @Ptbase
Pt_base <sup>5</sup>	70,	430	kW	Motor base power
Pg_base <sup>5</sup>	120,	430	kW	Generator base power
Ktg	9400,	36000	Nm/rad	Shaft stiffness
PSI	0,8	1,15	-	relative damping
ombase	157,0796	157,0796	rad/s	Base rotational speed
tbase <sup>25</sup>	445,6338	2737,465	Nm	Base torque

<sup>18</sup> Der Einstellbereich entspricht Nummer 5522 aus [1]

<sup>19</sup> Der Einstellbereich entspricht Nummer 5014 aus [1]

<sup>20</sup> Der Einstellbereich entspricht Nummer 5016 aus [1]

<sup>21</sup> Der Einstellbereich entspricht Nummer 5096 aus [1]

<sup>22</sup> Der Einstellbereich entspricht Nummer 5782 aus [1]

<sup>23</sup> Der Einstellbereich entspricht Nummer 5094 aus [1]

<sup>24</sup> Trägheitsmoment bezieht sich auf Pt\_base und schließt den Primärteil der Kupplung ein

<sup>25</sup> Berechnet sich direkt aus Pbase und der ombase und wird daher nicht explizit angegeben.

## 2.2.9 Messelemente

Sämtliche Messelemente sind folgend aufgelistet. Diese sind entweder direkt mit dem Anschlussknoten der Synchronmaschine verbunden („Gen\_Terminal“) oder mit dem Anschlussfeld des Generators. Die Vielzahl der Messelemente wird benötigt, da das Modell „WOODWARD Control“ sowohl Leiter-Leiter, als auch Leiter-Neutralleiter Messwerte benötigt. Zudem wird für eine stationäre Initialisierung zusätzlich auf weitere Messelemente zurückgegriffen. Wird das Modell direkt über die Vorlagenfunktion eingefügt muss an den Messelementen keine weitere Konfiguration vorgenommen werden.

### 2.2.9.1 Voltage Transformer

Spannungswandler der Elementklasse „StaVt“.

### 2.2.9.2 Current Transformer

Stromwandler der Elementklasse „StaCt“. Für die Übertragung wurde das Verhältnis des Stromwandlers entsprechend „Iprimary“ aus Tabelle 4 angepasst.

### 2.2.9.3 Neutral Voltage Measurement

Spannungsmessgerät der Elementklasse „StaVmea“.

### 2.2.9.4 Voltage Measurement (inc)

Spannungsmessgerät der Elementklasse „StaVmea“.

### 2.2.9.5 PQ Measurement (inc)

Leistungsmessgerät der Elementklasse „StaPqmea“.

## 2.2.10 Phasor Analysis

Das Modell „Phasor Analysis“ berechnet aus den Momentanwerten der Spannungen und Ströme für die Phasen-Phasen-Werte die RMS-Werte der Phasenspannungen und der Wirk- und Blindleistung im Mitsystem. Die Leistungswerte sind erst nach einer Wartezeit von 0,5 s aktuell. Diese Zeit benötigt das Modell um intern eine stabile Berechnung der Messgrößen zu erreichen.

Aus Gründen der Performance liegt das Modell auch als DLL vor, dieses befindet sich, wie die DLL des „WOODWARD Control“ Modells in dem Ordner „HBG430“, der im Installationsverzeichnis abgelegt werden muss.

Die Parameter des Modells sind in Tabelle 14 aufgelistet.

*Tabelle 14: Parametrierung des Modells „Phasor Analysis“*

Parameter	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
Un	0,4	0,4	kV	Nominal primary voltage

Parameter	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
Un_sec	0,4	0,4	kV	Nominal secondary voltage
fn	50	50	Hz	Fundamental frequency
phi_t0_deg	0	0	deg	Reference angle at t = 0 s
Mode_ref	0	0	0/1	0 = internal / 1 = external reference angle
Mode_inc	0	0	0/1	Initialise with zero (0) or as balanced (1)
Sbase <sup>26</sup>	70	430	kVA	Base power for pu output
In <sup>27</sup>	200	1250	A	Nominal primary current
In_sec	5	5	A	Nominal secondary current

## 2.2.11 Phasor Analysis\_N

Das Modell „Phasor Analysis\_N“ berechnet aus den Momentanwerten der Spannungen für die Phasen-Neutralleiter-Werte die RMS-Werte der Spannungen.

Aus Gründen der Performance liegt das Modell auch als DLL vor. Dieses befindet sich, wie die DLL des „WOODWARD Control“ Modells in dem Ordner „HBG430“, der im Installationsverzeichnis abgelegt werden muss.

Die Parameter des Modells sind in Tabelle 15 aufgelistet.

Tabelle 15: Parametrierung des Modells „Phasor Analysis“

Parameter	HBG70	HBG430	Einheit	Beschreibung
Un	0,4	0,4	kV	Nominal primary voltage
Un_sec	0,4	0,4	kV	Nominal secondary voltage
fn	50	50	Hz	Fundamental frequency
phi_t0_deg	0	0	deg	Reference angle at t = 0 s
Mode_ref	0	0	0/1	0 = internal / 1 = external reference angle
Mode_inc	0	0	0/1	Initialise with zero (0) or as balanced (1)

## 2.2.12 Excitation Voltage Supply

Das Modell „Excitation Voltage Supply“ bildet die Spannungsversorgung der Erregereinrichtung nach. Die berechnete Versorgungsspannung wird im Modell „Thyristor Box“ verwendet um die Erregerspannung in Abhängigkeit des Stellsignals aus dem Modell „WOODWARD Control“ zu berechnen. Die verwendeten Parameter sind in Tabelle 16 aufgelistet.

<sup>26</sup> Parameter entspricht bei den übertragenen Modellen Pbase

<sup>27</sup> Parameter entspricht bei den übertragenen Modellen Iprimary



*Tabelle 16: Parametrierung des Modells „Excitation Voltage Supply“*

Parameter	HBG70	HBG430
Kh1	1,	1
Th1	0,01	0,01
Kh3	0,08	0,3
Th3	0,08	0,08
max_arep	1,5	1,5

### 3 Anwendungsbeschreibung

Das Modell besteht aus drei Dateien:

1. Pfd-Datei: Hierbei handelt es sich um die PowerFactory Datei, die nach dem Import ein Projekt, bzw. bei den übertragenen Modellen eine Vorlage in der Datenbank erzeugt. Dieses Projekt beinhaltet die Kopiervorlage (bzw. ist selbst die Kopiervorlage), die für die Verwendung des Modells benötigt wird.
2. x64-Zip-Datei: Die Zip-Datei mit dem Namenszusatz „x64“ wird für 64-bit PowerFactory Anwendungen benötigt. Tabelle 1 kann entnommen werden für welche DLL (SH70 oder SH430) für das jeweilige Modell verwendet werden muss.
3. X32-Zip-Datei: Die Zip-Datei mit dem Namenszusatz „x32“ wird für 32-bit PowerFactory Anwendungen benötigt. Tabelle 1 kann entnommen werden für welche DLL (SH70 oder SH430) für das jeweilige Modell verwendet werden muss.

In Tabelle 17 und Tabelle 18 sind die Dateinamen für das HBG430, bzw. HBG70 Modell aufgelistet. Die Platzhalter „xx“ stehen hierbei jeweils für die Versions und Revisionsnummer. Diese können sich ändern. Die aktuellen Dateien sind mit md5-Checksummen im Abschnitt „Übersicht der Teillieferungen des Projekts“ am Beginn dieses Dokumentes aufgelistet.

Die übertragenen Einheitenmodelle sind nur im Abschnitt „Übersicht der Teillieferungen des Projekts“ gelistet.

*Tabelle 17: Dateinamen des HBG430 Modells*

Kurzbezeichnung	HBG430
PFD-Datei	P1968_69_70_HBG430_PFD1_Vxx_Rxx_encrypt.pfd
64bit ZIP-Datei	HBG430_64bit_Rxx.zip
32bit ZIP-Datei	HBG430_32bit_Rxx.zip

*Tabelle 18: Dateinamen des HBG70 Modells*

Kurzbezeichnung	HBG70
PFD-Datei	P1968_69_70_HBG430_PFD2_Vxx_Rxx_encrypt.pfd
64bit ZIP-Datei	HBG70_64bit_Rxx.zip
32bit ZIP-Datei	HBG70_32bit_Rxx.zip

Folgende Schritte müssen befolgt werden um das Modell anzuwenden:


1. Ermitteln Sie die bit-Version von PowerFactory. Klicken Sie hierzu auf HILFE → Über PowerFactory.



Abbildung 3: Beispiel 64-bit PowerFactory



Abbildung 4: Beispiel 32-bit PowerFactory

2. Entpacken Sie die entsprechende Zip-Datei in das Installationsverzeichnis von PowerFactory oder alternativ in ein anderes Verzeichnis (je nach Installationsvariante kann das Installationsverzeichnis schreibgeschützt sein). Wenn Sie ein anderes Verzeichnis gewählt haben, müssen Sie Schritt 4 beachten!
3. Importieren Sie das Projekt in PowerFactory. Über DATEI → Importieren → Daten (\*.pfd, \*.dz, \*.dzs).
4. Aktivieren Sie das Zielprojekt. Wenn Sie unter Punkt 2 ein anderes Verzeichnis gewählt haben, müssen Sie dieses wie folgt einstellen: BEARBEITEN → Projektdaten → Projekteinstellungen. Dann auf die Seite „Externe Daten“ wechseln und dort das Verzeichnis, in dem der Ordner „HBG430“, bzw. „HBG70“ gespeichert ist, unter „Externes Datenverzeichnis“ angeben. Dieser Schritt muss auch im Quellprojekt durchgeführt werden, wenn Sie dort die Simulation starten möchten.
5. Kopieren Sie die Vorlage (zB.: „HBG430“) aus dem Verzeichnis Bibliothek\Vorlagen, bzw. für die Übertragenen Modelle direkt die importierte Vorlage und fügen Sie die Vorlage in das Templates-, bzw. Vorlagen-Verzeichnis ihres Projektes ein.
6. Fügen Sie das Modell mit der Vorlagenfunktion ein:
  - a. Klicken Sie hierfür bei angezeigter Netzgrafik auf den Button „Allg. Vorlagen“ (  )
  - b. Klicken Sie dann im folgenden Fenster auf die Vorlage (zB.: „HBG430“)
  - c. Klicken Sie dann direkt in die Netzgrafik. Die Kopiervorlage ist nun mit dem Mauszeiger verbunden und kann beim zweiten Klick eingefügt werden.
  - d. Schließen Sie das Fenster mit den Vorlagen, wenn Sie kein weiteres Modell mehr einfügen möchten.

7. Die Konfiguration des Modells erfolgt einzig über die Lastflusseite des Synchronmaschinenmodells. Dort kann die Wirkleistung und Blindleistung eingestellt werden, dieser Wert wird dann automatisch für die Simulation übernommen.
8. Das Modell unterstützt nur die EMT Simulation, hierfür sollten die folgenden Einstellungen im Dialog „Berechnung der Anfangsbedingungen“ verwendet werden:
  - a. Simulationsmethode: Momentanwerte
  - b. Schrittweite: Elektromagnetische Vorgänge: 0,1ms  
Maximale Schrittweite (nur bei autom. Schrittweitenanpassung): 2,5ms<sup>28</sup>
  - c. Stationärer Vorlauf vor dem ersten Simulationsereignis: mind. 1500ms

### 3.1 Entfernen des Modells

Das Modell besteht aus den grafischen Komponenten (Synchronmaschine und Knoten), sowie aus den Reglerkomponenten, die im zusammengesetzten Modell „HBG430\_EMT\_Model“ (wobei HBG430 durch den entsprechenden Typnamen ersetzt werden muss) gesammelt gespeichert sind. Das Modell wird entfernt indem die oben genannten Teile gelöscht werden.

### 3.2 Modell deaktivieren

Das Modell wird außer Betrieb gesetzt indem im Synchronmaschinenmodell „außer Betrieb“ angewählt wird. Das Modell ist nicht für den Leerlauf (Betrieb bei geöffnetem Leistungsschalter) geeignet.

### 3.3 Fehlerbehandlung – DLL konnte nicht geladen werden

Sollte trotz korrekt ausgewähltem Datenverzeichnis (Punkt 4) und korrekter Bit-Version die in Abbildung 5 gezeigte Fehlermeldung im Ausgabefenster von PowerFactory auftauchen, so muss zusätzlich noch das Paket „Visual C++ Redistributable Packages für Visual Studio 2013“ installiert werden. Dieses kann von folgender Website bezogen werden:

<https://www.microsoft.com/de-de/download/details.aspx?id=40784>

Für die 64-Bit PowerFactory Installation muss die Datei „vcredist\_x64.exe“ heruntergeladen und installiert werden. Für die 32-Bit Version entsprechend die Datei „vcredist\_x86.exe“.

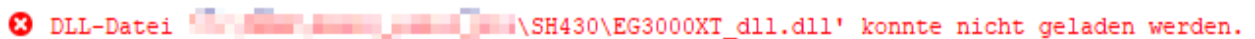


Abbildung 5: DLL kann nicht geladen werden

<sup>28</sup> Für die Modellvalidierung wurde eine maximale Schrittweite von 1ms verwendet.

### 3.4 Fehlerbehandlung – alle Modellparameter sind 0

Sollte beim ersten Start alle Parameter der kompilierten dynamischen Modelle 0 sein, so wurden nicht die Schritte der Anwendungsbeschreibung eingehalten. In diesem Fall müssen die Schritte wiederholt werden. Besonders wichtig ist es, dass direkt nach dem Import zuerst, wie unter Punkt 4 beschrieben, das externe Datenverzeichnis ausgewählt wird.

### 3.5 Meldung – Keine Konvergenz

Wird die Meldung „Keine Konvergenz. Maximale Anzahl Iterationen in der inneren Schleife wurden ohne Konvergenz der Netzmodellgleichungen erreicht.“ angezeigt, so können im Dialog „Berechnung der Anfangsbedingungen“ Schrittweise die Parameter „Maximale Anzahl von Iterationen“ (itr<sub>lx</sub>), sowie „Iterationsgrenze für Neuberechnung der Jacobi-Matrix“ (itr<sub>jx</sub>) angehoben werden. Besonders für itr<sub>lx</sub> können größere Werte bis 200 benötigt werden. Zusätzlich kann der Wert „Maximaler Fehler in Netzmodellgleichungen“ (err<sub>q\_emt</sub>) moderat auf bis zu 0,3% angehoben werden.

## 4 Zusammenfassung

Zur Erlangung eines Einheitszertifikates wurde die WOODWARD-Regler DLL in PowerFactory eingebunden und mit notwendigen Modellen erweitert. Aktuell steht das Modell HBG430, sowie das Modell HBG70 nach einer erfolgreichen Testvalidierung [16] zur Verfügung. Zudem wurde das Modell auf weitere Einheiten der Fa. Sommer energy GmbH übertragen

## 5 Referenzen

- [1] Manfred Fuchs, Parameterliste\_V3.pdf, 24.02.2021 via Email.
- [2] Axel Pollesche, Sommer energy GmbH, „Nenndaten der EZE Sommer energy GmbH REV 2.xlsx via Email,“ 22.09.2021.
- [3] Manfred Fuchs, Burkhardt, „2020-10-23\_BURKHARDT\_GC2020\_New alternators datas - D550 - LSA49.3 S4 Klasse H.pdf,“ 23.10.2020 via Email.
- [4] Hendrik Baulig, Elektro Hagl KG, „27760\_de.pdf“, 04.11.2019 via Email.
- [5] Hendrik Baulig, Elektro Hagl KG, „LSA 49.3 S4.pdf“, 04.11.2019 via Email.
- [6] Manfred Fuchs, Burkhardt GmbH, "2020-10-23\_BURKHARDT\_GC2020\_New alternators datas - D550 - LSA44.3 L10 Klasse H.pdf" via Email, 30.10.2020.
- [7] Hendrik Baulig, Elektro Hagl KG, "27761\_de.pdf", 04.11.2029 via Email.
- [8] Hendrik Baulig, Elektro Hagl KG, "LSA 44.3 L10.pdf", (04.11.2019 via Email).
- [9] Axel Pollesche, Sommer energy GmbH, „2021-08-06\_Sommer\_GC2021\_alternators datas\_D550\_REV A\_v2\_0.xlsx via Email,“ 22.09.2021.
- [10] Axel Pollesche, Sommer energy GmbH, „PQ-Diagramme Generatoren Sommer energy GmbH.pdf via Email,“ 22.09.2021.
- [11] Dr. Koeninger, Woodward, „via Email: "DLL\_Parameter\_Initial.xlsx",“ 25.03.2020.
- [12] Dr. Koeninger, Woodward, Parameter für SH70 final.
- [13] Dr. Koeninger, Woodward, „via Email: "EG3000 Simulation description.docx",“ 25.03.2020.
- [14] Manfred Fuchs, Burkhardt, "210209\_SH70\_SH430\_Parameter.xlsx" via Email, 09.02.2021.
- [15] Manfred Fuchs, Burkhardt, „20200324\_1.3 Schutzeinrichtungen.pdf via Email,“ 04.06.2020.
- [16] DIgSILENT GmbH, „Testvalidierungsbericht und Plausibilisierung,“ 27.03.2020.
- [17] Manfred Fuchs, Burkhardt, „1.8 Alarmklassendefinition.pdf" via Email,“ 05.06.2020.
- [18] Manfred Fuchs, Burkhardt, 2021-02-03\_BURKHARDT\_GC2020\_New alternators datas - D550 - v4\_Alle Generatortypen - Max Typenleistung\_KI H und F.xlsx, 11.02.2021.

