SIEMENS

Systemhandbuch

SINAMICS

S120

Netzeinspeisung

Ausgabe 10/2020

www.siemens.com/drives

SIEMENS

SINAMICS

S120
Netzeinspeisung

Systemhandbuch

Vorwort

Grundlegende Sicherheitshinweise 1

Allgemeines 2

Netzarten 3

Normen und Richtlinien 4

Funktionsmodule 5

Detailbeschreibungen zu den Funktionsmodulen 6

Inbetriebnahme 7

Geräteübersicht 8

Funktionspläne 9

Anhang A

Gültig für:
Firmware-Version 5.2

10/2020
A5E03347401A

Rechtliche Hinweise

Warnhinweiskonzept

Dieses Handbuch enthält Hinweise, die Sie zu Ihrer persönlichen Sicherheit sowie zur Vermeidung von Sachschäden beachten müssen. Die Hinweise zu Ihrer persönlichen Sicherheit sind durch ein Warndreieck hervorgehoben, Hinweise zu alleinigen Sachschäden stehen ohne Warndreieck. Je nach Gefährdungsstufe werden die Warnhinweise in abnehmender Reihenfolge wie folgt dargestellt.

⚠ **GEFAHR**
bedeutet, dass Tod oder schwere Körperverletzung eintreten **wird**, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

⚠ **WARNUNG**
bedeutet, dass Tod oder schwere Körperverletzung eintreten **kann**, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

⚠ **VORSICHT**
bedeutet, dass eine leichte Körperverletzung eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

ACHTUNG
bedeutet, dass Sachschaden eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

Beim Auftreten mehrerer Gefährdungsstufen wird immer der Warnhinweis zur jeweils höchsten Stufe verwendet. Wenn in einem Warnhinweis mit dem Warndreieck vor Personenschäden gewarnt wird, dann kann im selben Warnhinweis zusätzlich eine Warnung vor Sachschäden angefügt sein.

Qualifiziertes Personal

Das zu dieser Dokumentation zugehörige Produkt/System darf nur von für die jeweilige Aufgabenstellung **qualifiziertem Personal** gehandhabt werden unter Beachtung der für die jeweilige Aufgabenstellung zugehörigen Dokumentation, insbesondere der darin enthaltenen Sicherheits- und Warnhinweise. Qualifiziertes Personal ist auf Grund seiner Ausbildung und Erfahrung befähigt, im Umgang mit diesen Produkten/Systemen Risiken zu erkennen und mögliche Gefährdungen zu vermeiden.

Bestimmungsgemäßer Gebrauch von Siemens-Produkten

Beachten Sie Folgendes:

⚠ **WARNUNG**
Siemens-Produkte dürfen nur für die im Katalog und in der zugehörigen technischen Dokumentation vorgesehenen Einsatzfälle verwendet werden. Falls Fremdprodukte und -komponenten zum Einsatz kommen, müssen diese von Siemens empfohlen bzw. zugelassen sein. Der einwandfreie und sichere Betrieb der Produkte setzt sachgemäßen Transport, sachgemäße Lagerung, Aufstellung, Montage, Installation, Inbetriebnahme, Bedienung und Instandhaltung voraus. Die zulässigen Umgebungsbedingungen müssen eingehalten werden. Hinweise in den zugehörigen Dokumentationen müssen beachtet werden.

Marken

Alle mit dem Schutzrechtsvermerk ® gekennzeichneten Bezeichnungen sind eingetragene Marken der Siemens AG. Die übrigen Bezeichnungen in dieser Schrift können Marken sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.

Haftungsausschluss

Wir haben den Inhalt der Druckschrift auf Übereinstimmung mit der beschriebenen Hard- und Software geprüft. Dennoch können Abweichungen nicht ausgeschlossen werden, so dass wir für die vollständige Übereinstimmung keine Gewähr übernehmen. Die Angaben in dieser Druckschrift werden regelmäßig überprüft, notwendige Korrekturen sind in den nachfolgenden Auflagen enthalten.

Siemens AG
Digital Industries
Postfach 48 48
90026 NÜRNBERG
DEUTSCHLAND

A5E03347401A
Ⓟ 10/2020 Änderungen vorbehalten

Copyright © Siemens AG 2011 - 2020.
Alle Rechte vorbehalten

Vorwort

Zielsetzung

Dieses Dokument beschreibt SINAMICS-Geräte und -Funktionen, die eine Energieeinspeisung in ein Verbundnetz oder in ein Inselnetz ermöglichen. Es wird ausschließlich Bezug auf die für Einspeisung erforderlichen Hardware-Komponenten und die dafür notwendigen Software-Funktionen/Optionen genommen. Die Hardware unterscheidet sich teilweise von den herkömmlichen, in der Breite eingesetzten SINAMICS-Ein- und Rückspeiseeinheiten für die industriellen Anwendungen. Die Software bietet über Optionen Zusatzfunktionalität.

Detaillierte Informationen zu allgemeinen Hardware-, Softwarefunktionen und Projektierungshinweise werden in separaten Dokumenten beschrieben und können über die regionale SIEMENS-Niederlassung bezogen und als ergänzende Dokumente zu dieser Dokumentation hinzugezogen werden.

Adressat

Dieses Dokument dient Systemintegratoren und Original Equipment Manufacturer (OEM's) zum Bedienen, Parametrieren und Inbetriebnehmen der SINAMICS Geräte mit den dazugehörigen Software-Funktionen zur Energieeinspeisung.

Gültigkeit

Dieses Dokument gilt für folgende Geräte:

- Active Line Module, Bauform Booksize mit Artikelnummer ...AA3
- Active Line Module, Bauform Chassis luftgekühlt mit Artikelnummer ...AA4
- Active Line Module, Bauform Chassis flüssigkeitsgekühlt mit Artikelnummer ...AA4
- Active Line Module, Bauform Chassis wassergekühlt mit Artikelnummer ...AA8

Hinweis

Geräte der Bauform Chassis-2

Active Interface Modules der Bauform Chassis-2 in Verbindung mit den Active Line Modules Bauform Chassis-2 können zur Energieeinspeisung in ein Verbundnetz oder ein Inselnetz nicht eingesetzt werden.

Weitere Referenzdokumente

- SINAMICS S120/S150 Listenhandbuch
- SINAMICS S120 Inbetriebnahmehandbuch
- SINAMICS S120 Funktionshandbuch Antriebsfunktionen
- SINAMICS S120 Gerätehandbuch Leistungsteile Chassis luftgekühlt
- SINAMICS S120 Gerätehandbuch Leistungsteile Chassis flüssigkeitsgekühlt
- SINAMICS S120 Gerätehandbuch Leistungsteile Chassis wassergekühlt für gemeinsame Kühlkreisläufe
- SINAMICS S120 Gerätehandbuch Leistungsteile Booksize
- SINAMICS PCS (Power Conversion System) Betriebsanleitung
- SINAMICS LV Projektierungshandbuch

Internetadresse

Aktuelle Informationen zu unseren Produkten erhalten Sie im Internet unter: http://www.siemens.com (http://www.siemens.com)

Informationen zu SINAMICS finden Sie unter: www.siemens.com/sinamics (www.siemens.com/sinamics)

Applikationsbeschreibungen finden Sie unter: Applikationen und Tools (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/ps/ae)

Technical Support

Zeitzone Europa / Afrika	
Telefon	+49 (0) 911 895 7222
Fax	+49 (0) 911 895 7223
Internet	https://support.industry.siemens.com/sc/ww/en/sc/4868

Zeitzone Amerika	
Telefon	+1 423 262 2522
Fax	+1 423 262 2200
Internet	techsupport.sea@siemens.com

Zeitzone Asien / Pazifik	
Telefon	+86 1064 757 575
Fax	+86 1064 747 474
Internet	support.asia.automation@siemens.com

Hinweis

Landesspezifische Telefonnummern für technische Beratung finden Sie im Internet:

http://w3.siemens.com/aspa_app/

EG-Konformitätserklärungen

Die EG-Konformitätserklärung zur EMV-Richtlinie und die EG-Konformitätserklärung zur Niederspannungs-Richtlinie finden Sie im Internet unter der folgenden Adresse (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/ps/13231/cert).

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... **3**

1 Grundlegende Sicherheitshinweise ... **11**

1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise ... 11

1.2 Umgang mit Elektrostatisch gefährdeten Bauelementen (EGB) ... 15

1.3 Industrial Security ... 16

1.4 Restrisiken von Antriebssystemen (Power Drive Systems) ... 17

2 Allgemeines ... **19**

3 Netzarten ... **21**

3.1 Verbundnetz ... 21

3.2 Inselnetz ... 23

3.3 Microgrid ... 24

4 Normen und Richtlinien ... **25**

4.1 Schutz und Sicherheit ... 25

4.2 EMV ... 25

4.3 Netzrückwirkungen ... 25

4.4 Netzrichtlinien / Normen ... 26

4.5 Normen für Deutschland, Italien, USA, China ... 26

5 Funktionsmodule ... **29**

5.1 Übersicht ... 29

5.1.1 Lizenzierungspflichtige Funktionsmodule ... 32

5.2 Typische Anwendungen der Netzeinspeisung zur Energieerzeugung ... 32

5.3 Beschreibung der Funktionsmodule ... 34

5.3.1 Funktionsmodul Netztransformator ... 34

5.3.1.1 Netzfreundliche Transformator-Magnetisierung ... 34

5.3.1.2 Identifikation der Transformatordaten ... 35

5.3.1.3 Netzfilter- und Transformator-Überwachung ... 35

5.3.2 Funktionsmodul Netzstatikregelung ... 35

5.3.2.1 Schwarzstart im Inselnetz ... 39

5.3.2.2 Inselnetz Synchronisierung auf ein externes Netz ... 39

5.3.3 Funktionsmodul Dynamische Netzstützung ... 40

5.3.3.1 Dynamische Netzstützung ... 40

5.3.3.2 Netzüberwachung Inselnetzerkennung ... 45

5.3.3.3 Spannungs-Zeit-Überwachung ... 46

5.3.3.4 Frequenz-Zeit-Überwachung ... 46

5.3.3.5 Weitere zuschaltbare Überwachungen ... 46

5.3.4 Funktionsmodul Cosinus Phi-Anzeige ... 47

5.3.5 Funktionsmodul Zusatzregelungen ... 49
5.3.5.1 Stromgrenzen ... 49

6 Detailbeschreibungen zu den Funktionsmodulen ... 51

6.1 Zusatzregelungen für stromgeregelten Betrieb ... 51
6.1.1 Hintergrundinformationen ... 51
6.1.2 Dynamische Netzstützung ... 52
6.1.3 Stromgleichanteils-Regler ... 54
6.1.4 Gegensystem-Stromregler ... 56
6.1.5 Netzfreundliche Transformator-Magnetisierung ... 57

6.2 Regelungen für den Netzstatik-Betrieb ... 58
6.2.1 Hintergrundinformationen ... 58
6.2.2 U-f-Statikregelung ... 62
6.2.3 Dämpfung von Leistungspendelungen ... 66
6.2.4 Stromgleichanteils-Regler ... 66
6.2.5 Min/Max-Regelung für die Zwischenkreisspannung ... 67

6.3 Zusatzfunktionen ... 68
6.3.1 Netzspannungserfassung mit zusätzlichen VSM10 ... 68
6.3.2 Transformatormodell und Identifikation ... 69

6.4 Back-to-back-Betrieb von Active Line Modules ... 70

7 Inbetriebnahme ... 71

7.1 Sicherheitstechnischer Hinweis ... 71

7.2 Voraussetzungen ... 72

7.3 Grundinbetriebnahme ... 73
7.3.1 Einspeisungen Bauform Chassis ... 73
7.3.2 Einspeisungen Bauform Booksize ... 74

7.4 Inbetriebnahmebeispiel einer Einspeisung mit Spannungs- und Frequenzregelung für ein Inselnetz ... 75
7.4.1 Aufbau ... 75
7.4.2 Allgemeines ... 76
7.4.3 Funktionsmodule für Netzeinspeisung in ein Inselnetz anlegen ... 77
7.4.4 Zusätzliches VSM10 anlegen ... 78
7.4.5 Anpassen der Topologie und der VSM10-Zugehörigkeiten ... 79
7.4.6 Zusätzliche Parametereinstellungen in der Expertenliste durchführen ... 80
7.4.7 Signalschnittstellen ... 88

7.5 Inbetriebnahmebeispiel einer Einspeisung mit dynamischer Netzstützung für ein Verbundnetz ... 91
7.5.1 Aufbau ... 91
7.5.2 Allgemeines ... 92
7.5.3 Funktionsmodule für Netzeinspeisung in ein Verbundnetz anlegen ... 93
7.5.4 Zusätzliches VSM10 anlegen ... 93
7.5.5 Anpassen der Topologie und der VSM10-Zugehörigkeiten ... 94
7.5.6 Zusätzliche Parametereinstellungen in der Expertenliste durchführen ... 94
7.5.7 Zusätzliche Parametereinstellungen für die Netzüberwachung ... 100
7.5.8 Signalschnittstellen ... 103

7.6 Inbetriebnahme Netztransformator ... 105
7.6.1 Inbetriebnahme netzfreundliche Transformator-Magnetisierung ... 105
7.6.2 Übersicht wichtiger Parameter ... 111
7.6.3 Funktionspläne ... 113

7.7 Inbetriebnahme Netzstatikregelung ... 114
7.7.1 Schwarzstart im Inselnetz ... 114
7.7.2 Inselnetz Synchronisierung auf ein externes Netz ... 117
7.7.3 Übersicht wichtiger Parameter ... 124
7.7.4 Funktionspläne ... 126

7.8 Inbetriebnahme Dynamische Netzstützung ... 127

7.9 Inbetriebnahme Netzüberwachung ... 128
7.9.1 Inbetriebnahme Inselnetzerkennung ... 128
7.9.2 Inbetriebnahme Spannungs-Zeit-Überwachung ... 128
7.9.3 Inbetriebnahme Frequenz-Zeit-Überwachung ... 130
7.9.4 Inbetriebnahme weiterer Überwachungen ... 132
7.9.5 Übersicht wichtiger Parameter ... 133
7.9.6 Funktionspläne ... 133

7.10 Inbetriebnahme Cos phi-Anzeige ... 134

7.11 Inbetriebnahme Zusatzregelungen ... 136
7.11.1 Inbetriebnahme Wirk-, Blind und Scheinstrombegrenzung ... 136
7.11.2 Wirkstrombegrenzung ... 137
7.11.3 Blind- und Scheinstrombegrenzung ... 137
7.11.4 Strombegrenzung bei dynamischer Netzstützung ... 138
7.11.5 Scheinstrombegrenzung bei Netzstatik-Regelung ... 140
7.11.6 Hinweise für Active Line Modules der Bauform Booksize ... 140
7.11.7 Übersicht wichtiger Parameter ... 141
7.11.8 Funktionspläne ... 141

7.12 Hinweise zur Inbetriebnahme bei Betrieb an Netzen mit geringer Kurzschlussleistung und variablen Netzparametern ... 142
7.12.1 Allgemeines ... 142
7.12.2 Automatische Anpassung der Regelung an die Netzkurzschlussleistung ... 142
7.12.3 Manuelle Anpassung der Regelung an die Netzkurzschlussleistung ... 145

8 Geräteübersicht ... 147

8.1 Control Units ... 148

8.2 Voltage Sensing Module VSM10 ... 148

8.3 Active Interface Modules luftgekühlt ... 149
8.3.1 Bauform Booksize ... 149
8.3.2 Bauform Chassis ... 149

8.4 Active Line Modules für Netzeinspeisung, Bauform Chassis, luftgekühlt ... 151
8.4.1 Beschreibung ... 151
8.4.2 Technische Daten ... 155
8.4.2.1 Zulässiger Bereich für den Hochsetzfaktor ... 160
8.4.2.2 Deratingfaktoren ... 160

8.5 Active Interface Modules flüssigkeitsgekühlt ... 161
8.5.1 Bauform Chassis ... 161

8.6 Active Line Modules für Netzeinspeisung, Bauform Chassis, flüssigkeitsgekühlt 162
8.6.1 Beschreibung..... 162
8.6.2 Technische Daten 165
8.6.2.1 Zulässiger Bereich für den Hochsetzfaktor 168
8.6.2.2 Deratingfaktoren 168
8.6.3 Kühlmittel und Betauungsschutz..... 168
8.7 Active Interface Modules wassergekühlt für gemeinsame Kühlkreisläufe 169
8.7.1 Bauform Chassis 169
8.8 Active Line Modules für Netzeinspeisung, Bauform Chassis wassergekühlt für gemeinsame Kühlkreisläufe 170
8.8.1 Beschreibung..... 170
8.8.2 Technische Daten 173
8.8.2.1 Zulässiger Bereich für den Hochsetzfaktor 176
8.8.2.2 Deratingfaktoren 176
8.8.3 Kühlmittel und Betauungsschutz..... 176
9 Funktionspläne 177
A Anhang 179
A.1 Glossar 179
A.2 Kabelschuhe..... 180
Index 183

Grundlegende Sicherheitshinweise 1

1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise



⚠WARNUNG

Elektrischer Schlag und Lebensgefahr durch weitere Energiequellen

Beim Berühren unter Spannung stehender Teile können Sie Tod oder schwere Verletzungen erleiden.

- Arbeiten Sie an elektrischen Geräten nur, wenn Sie dafür qualifiziert sind.
- Halten Sie bei allen Arbeiten die landesspezifischen Sicherheitsregeln ein.

Generell gelten die folgenden Schritte zum Herstellen von Sicherheit:

1. Bereiten Sie das Abschalten vor. Informieren Sie alle Beteiligten, die von dem Vorgang betroffen sind.
2. Schalten Sie das Antriebssystem spannungsfrei und sichern Sie gegen Wiedereinschalten.
3. Warten Sie die Entladezeit ab, die auf den Warnschildern genannt ist.
4. Prüfen Sie die Spannungsfreiheit aller Leistungsanschlüsse gegeneinander und gegen den Schutzleiteranschluss.
5. Prüfen Sie, ob vorhandene Hilfsspannungskreise spannungsfrei sind.
6. Stellen Sie sicher, dass sich Motoren nicht bewegen können.
7. Identifizieren Sie alle weiteren gefährlichen Energiequellen, z. B. Druckluft, Hydraulik, Batterien, Brennstoffzelle oder Wasser. Bringen Sie die Energiequellen in einen sicheren Zustand.
8. Vergewissern Sie sich, dass das richtige Antriebssystem völlig verriegelt ist.

Nach Abschluss der Arbeiten stellen Sie die Betriebsbereitschaft in umgekehrter Reihenfolge wieder her.



⚠WARNUNG

Elektrischer Schlag beim Anschluss einer ungeeigneten Stromversorgung

Durch den Anschluss einer ungeeigneten Stromversorgung können berührbare Teile unter gefährlicher Spannung stehen, die zu schweren Verletzungen oder Tod führen können.

- Verwenden Sie für alle Anschlüsse und Klemmen der Elektronikbaugruppen nur Stromversorgungen, die SELV- (Safety Extra Low Voltage) oder PELV- (Protective Extra Low Voltage) Ausgangsspannungen zur Verfügung stellen.



⚠WARNUNG

Elektrischer Schlag bei beschädigten Geräten

Unsachgemäße Behandlung kann zur Beschädigung von Geräten führen. Bei beschädigten Geräten können gefährliche Spannungen am Gehäuse oder an freiliegenden Bauteilen anliegen, die bei Berührung zu schweren Verletzungen oder Tod führen können.

- Halten Sie bei Transport, Lagerung und Betrieb die in den technischen Daten angegebenen Grenzwerte ein.
- Verwenden Sie keine beschädigten Geräte.



⚠WARNUNG

Elektrischer Schlag bei nicht aufgelegtem Leitungsschirm

Durch kapazitive Überkopplung können lebensgefährliche Berührspannungen bei nicht aufgelegten Leitungsschirmen entstehen.

- Legen Sie Leitungsschirme und nicht benutzte Adern von Leistungsleitungen (z. B. Bremsadern) mindestens einseitig auf geerdetes Gehäusepotenzial auf.



⚠WARNUNG

Elektrischer Schlag bei fehlender Erdung

Bei fehlendem oder fehlerhaft ausgeführtem Schutzleiteranschluss von Geräten mit Schutzklasse I können hohe Spannungen an offen liegenden Teilen anliegen, die bei Berühren zu schweren Verletzungen oder Tod führen können.

- Erden Sie das Gerät vorschriftsmäßig.



⚠WARNUNG

Lichtbogen beim Trennen einer Steckverbindung im Betrieb

Beim Trennen einer Steckverbindung im Betrieb kann ein Lichtbogen entstehen, der zu schweren Verletzungen oder Tod führen kann.

- Öffnen Sie Steckverbindungen nur im spannungsfreien Zustand, sofern sie nicht ausdrücklich zum Trennen im Betrieb freigegeben sind.

ACHTUNG

Sachschaden durch lockere Leistungsanschlüsse

Ungenügende Anziehdrehmomente oder Vibrationen können zu lockeren Leistungsanschlüssen führen. Dadurch können Brandschäden, Defekte am Gerät oder Funktionsstörungen entstehen.

- Ziehen Sie alle Leistungsanschlüsse mit dem vorgeschriebenen Anziehdrehmoment an.
- Überprüfen Sie in regelmäßigen Abständen alle Leistungsanschlüsse, insbesondere nach einem Transport.

⚠WARNUNG

Brandausbreitung bei Einbaugeräten

Im Falle eines Brands können die Gehäuse der Einbaugeräte nicht verhindern, dass Feuer und Rauch austreten. Schwere Personen- oder Sachschäden können die Folge sein.

- Bauen Sie Einbaugeräte in einen geeigneten Metallschaltschrank ein, sodass Personen vor Feuer und Rauch geschützt sind, oder schützen Sie Personen durch eine andere geeignete Maßnahme.
- Stellen Sie sicher, dass Rauch nur über kontrollierte Wege entweicht.

⚠WARNUNG

Beeinflussung von aktiven Implantaten durch elektromagnetische Felder

Umrichter erzeugen beim Betrieb elektromagnetische Felder (EMF). Dadurch sind insbesondere Personen mit aktiven Implantaten in unmittelbarer Nähe der Anlagen gefährdet.

- Beurteilen Sie als Betreiber einer EMF emittierenden Anlage die individuelle Gefährdung von Personen mit aktiven Implantaten. Im Allgemeinen reichen folgende Abstände aus:
  - Kein Abstand zu geschlossenen Schaltschränken und geschirmten Anschlussleitung MOTION-CONNECT
  - Unterarmlänge (ca. 35 cm Abstand) zu dezentralen Antriebssystemen und offenen Schaltschränken

⚠WARNUNG

Unerwartete Bewegung von Maschinen durch Funkgeräte oder Mobiltelefone

Bei Einsatz von Funkgeräten oder Mobiltelefonen mit einer Sendeleistung > 1 W in unmittelbarer Nähe der Komponenten können Funktionsstörungen der Geräte auftreten. Die Funktionsstörungen können die funktionale Sicherheit von Maschinen beeinflussen und somit Menschen gefährden oder Sachschäden verursachen.

- Wenn Sie den Komponenten näher als ca. 2 m kommen, schalten Sie Funkgeräte oder Mobiltelefone aus.
- Benutzen Sie die "SIEMENS Industry Online Support App" nur am ausgeschalteten Gerät.

⚠WARNUNG

Brand des Motors bei Isolationsüberlastung

Bei einem Erdschluss in einem IT-Netz entsteht eine höhere Belastung der Motorisolation. Mögliche Folge ist ein Versagen der Isolation mit schweren Körperverletzungen oder Tod durch Rauchentwicklung und Brand.

- Verwenden Sie eine Überwachungseinrichtung, die einen Isolationsfehler meldet.
- Beseitigen Sie den Fehler so schnell wie möglich, um die Motorisolation nicht zu überlasten.

⚠WARNUNG

Brand wegen unzureichender Lüftungsfreiräume

Unzureichende Lüftungsfreiräume können zu Überhitzung von Komponenten und nachfolgendem Brand mit Rauchentwicklung führen. Dies kann die Ursache für schwere Körperverletzungen oder Tod sein. Weiterhin können erhöhte Ausfälle und verkürzte Lebensdauer von Geräten/Systemen auftreten.

- Halten Sie die für die jeweilige Komponente angegebenen Mindestabstände als Lüftungsfreiräume ein.

⚠WARNUNG

Unerkannte Gefahren durch fehlende oder unleserliche Warnschilder

Fehlende oder unleserliche Warnschilder können dazu führen, dass Gefahren unerkannt bleiben. Unerkannte Gefahren können Unfälle mit schwerer Körperverletzung oder Tod zur Folge haben.

- Überprüfen Sie die Vollständigkeit der Warnschilder anhand der Dokumentation.
- Befestigen Sie fehlende Warnschilder auf den Komponenten, gegebenenfalls in der jeweiligen Landessprache.
- Ersetzen Sie unleserliche Warnschilder.

ACHTUNG

Geräteschaden durch unsachgemäße Spannungs-/Isolationsprüfungen

Unsachgemäße Spannungs-/Isolationsprüfungen können zu Geräteschäden führen.

- Klemmen Sie die Geräte vor einer Spannungs-/Isolationsprüfung der Maschine/Anlage ab, da alle Umrichter und Motoren herstellerseitig hochspannungsgeprüft sind und eine weitere Prüfung innerhalb der Maschine/Anlage deshalb nicht notwendig ist.

⚠WARNUNG

Unerwartete Bewegung von Maschinen durch inaktive Sicherheitsfunktionen

Inaktive oder nicht angepasste Sicherheitsfunktionen können unerwartete Bewegungen an Maschinen auslösen, die zu schweren Verletzungen oder Tod führen können.

- Beachten Sie vor der Inbetriebnahme die Informationen in der zugehörigen Produktdokumentation.
- Führen Sie für sicherheitsrelevante Funktionen eine Sicherheitsbetrachtung des Gesamtsystems inklusive aller sicherheitsrelevanten Komponenten durch.
- Stellen Sie durch entsprechende Parametrierung sicher, dass die angewendeten Sicherheitsfunktionen an Ihre Antriebs- und Automatisierungsaufgabe angepasst und aktiviert sind.
- Führen Sie einen Funktionstest durch.
- Setzen Sie Ihre Anlage erst dann produktiv ein, nachdem Sie den korrekten Ablauf der sicherheitsrelevanten Funktionen sichergestellt haben.

Hinweis

Wichtige Sicherheitshinweise zu Safety Integrated Funktionen

Sofern Sie Safety Integrated Funktionen nutzen wollen, beachten Sie die Sicherheitshinweise in den Safety Integrated Handbüchern.

1.2 Umgang mit Elektrostatisch gefährdeten Bauelementen (EGB)

Elektrostatisch gefährdete Bauelemente (EGB) sind Einzelbauteile, integrierte Schaltungen, Baugruppen oder Geräte, die durch elektrostatische Felder oder elektrostatische Entladungen beschädigt werden können.



ACHTUNG

Schädigung durch elektrische Felder oder elektrostatische Entladung

Elektrische Felder oder elektrostatische Entladung können Funktionsstörungen durch geschädigte Einzelbauteile, integrierte Schaltungen, Baugruppen oder Geräte verursachen.

- Verpacken, lagern, transportieren und versenden Sie elektronische Bauteile, Baugruppen oder Geräte nur in der Original-Produktverpackung oder in anderen geeigneten Materialien, z. B. leitfähigem Schaumgummi oder Aluminiumfolie.
- Berühren Sie Bauteile, Baugruppen und Geräte nur dann, wenn Sie durch eine der folgenden Maßnahmen geerdet sind:
  - Tragen eines EGB-Armbands
  - Tragen von EGB-Schuhen oder EGB-Erdungsstreifen in EGB-Bereichen mit leitfähigem Fußboden
- Legen Sie elektronische Bauteile, Baugruppen oder Geräte nur auf leitfähigen Unterlagen ab (Tisch mit EGB-Auflage, leitfähigem EGB-Schaumstoff, EGB-Verpackungsbeutel, EGB-Transportbehälter).

1.3 Industrial Security

Siemens bietet Produkte und Lösungen mit Industrial Security-Funktionen an, die den sicheren Betrieb von Anlagen, Systemen, Maschinen und Netzwerken unterstützen.

Um Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke gegen Cyber-Bedrohungen zu sichern, ist es erforderlich, ein ganzheitliches Industrial Security-Konzept zu implementieren (und kontinuierlich aufrechtzuerhalten), das dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Die Produkte und Lösungen von Siemens formen einen Bestandteil eines solchen Konzepts.

Die Kunden sind dafür verantwortlich, unbefugten Zugriff auf ihre Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke zu verhindern. Diese Systeme, Maschinen und Komponenten sollten nur mit dem Unternehmensnetzwerk oder dem Internet verbunden werden, wenn und soweit dies notwendig ist und nur, wenn entsprechende Schutzmaßnahmen (z. B. Nutzung von Firewalls und/oder Netzwerksegmentierung) ergriffen wurden.

Weiterführende Informationen zu möglichen Schutzmaßnahmen im Bereich Industrial Security finden Sie unter:
Industrial Security (http://www.siemens.com/industrialsecurity).

Die Produkte und Lösungen von Siemens werden ständig weiterentwickelt, um sie noch sicherer zu machen. Siemens empfiehlt ausdrücklich, Produkt-Updates anzuwenden, sobald sie zur Verfügung stehen und immer nur die aktuellen Produktversionen zu verwenden. Die Verwendung veralteter oder nicht mehr unterstützter Versionen kann das Risiko von Cyber-Bedrohungen erhöhen.

Um stets über Produkt-Updates informiert zu sein, abonnieren Sie den Siemens Industrial Security RSS Feed unter:
Siemens Industrial Security RSS feed
(https://new.siemens.com/global/en/products/services/cert.html#Subscriptions).

Weitere Informationen finden Sie im Internet:

Projektierungshandbuch Industrial Security
(https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/108862708)

⚠WARNUNG

Unsichere Betriebszustände durch Manipulation der Software

Manipulationen der Software, z. B. Viren, Trojaner oder Würmer, können unsichere Betriebszustände in Ihrer Anlage verursachen, die zu Tod, schwerer Körperverletzung und zu Sachschäden führen können.

- Halten Sie die Software aktuell.
- Integrieren Sie die Automatisierungs- und Antriebskomponenten in ein ganzheitliches Industrial Security-Konzept der Anlage oder Maschine nach dem aktuellen Stand der Technik.
- Berücksichtigen Sie bei Ihrem ganzheitlichen Industrial Security-Konzept alle eingesetzten Produkte.
- Schützen Sie die Dateien in Wechselspeichermedien vor Schadsoftware durch entsprechende Schutzmaßnahmen, z. B. Virenscanner.
- Prüfen Sie beim Abschluss der Inbetriebnahme alle security-relevanten Einstellungen.

1.4 Restrisiken von Antriebssystemen (Power Drive Systems)

Der Maschinenhersteller oder Anlagenerrichter muss bei der gemäß entsprechenden lokalen Vorschriften (z. B. EG-Maschinenrichtlinie) durchzuführenden Beurteilung des Risikos seiner Maschine bzw. Anlage folgende von den Komponenten für Steuerung und Antrieb eines Antriebssystems ausgehende Restrisiken berücksichtigen:

1. Unkontrollierte Bewegungen angetriebener Maschinen- oder Anlagenteile bei Inbetriebnahme, Betrieb, Instandhaltung und Reparatur z. B. durch:
   - HW- und/oder SW-Fehler in Sensorik, Steuerung, Aktorik und Verbindungstechnik
   - Reaktionszeiten der Steuerung und des Antriebs
   - Betrieb und/oder Umgebungsbedingungen außerhalb der Spezifikation
   - Betauung/leitfähige Verschmutzung
   - Fehler bei der Parametrierung, Programmierung, Verdrahtung und Montage
   - Benutzung von Funkgeräten/Mobiltelefonen in unmittelbarer Nähe der elektronischen Komponenten
   - Fremdeinwirkungen/Beschädigungen
   - Röntgen-, ionisierende und Höhenstrahlung
2. Im Fehlerfall kann es innerhalb und außerhalb der Komponenten zu außergewöhnlich hohen Temperaturen kommen, einschließlich eines offenen Feuers, sowie Emissionen von Licht, Geräuschen, Partikeln, Gasen etc., z. B. durch:
   - Bauelementeversagen
   - Softwarefehler
   - Betrieb und/oder Umgebungsbedingungen außerhalb der Spezifikation
   - Fremdeinwirkungen/Beschädigungen
3. Gefährliche Berührspannungen z. B. durch:
   - Bauelementeversagen
   - Influenz bei elektrostatischen Aufladungen
   - Induktion von Spannungen bei bewegten Motoren
   - Betrieb und/oder Umgebungsbedingungen außerhalb der Spezifikation
   - Betauung/leitfähige Verschmutzung
   - Fremdeinwirkungen/Beschädigungen
4. Betriebsmäßige elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder, die z. B. für Träger von Herzschrittmachern, Implantaten oder metallischen Gegenständen bei unzureichendem Abstand gefährlich sein können
5. Freisetzung umweltbelastender Stoffe und Emissionen bei unsachgemäßem Betrieb und/oder bei unsachgemäßer Entsorgung von Komponenten
6. Beeinflussung von netzgebundenen Kommunikationssystemen, z. B. Rundsteuersendern oder Datenkommunikation über das Netz

Weitergehende Informationen zu den Restrisiken, die von den Komponenten eines Antriebssystems ausgehen, finden Sie in den zutreffenden Kapiteln der Technischen Anwenderdokumentation.

Allgemeines

2

Für die Beurteilung eines erforderlichen Wechselrichtersystems kann die Art der elektrischen Energieerzeugung unterschieden werden in:

- Energieerzeugung mit rotierenden Maschinen
- Energieerzeugung ohne rotierende Maschinen

Insbesondere die regenerative Energieerzeugung ist stark von schwankenden Umgebungsbedingungen abhängig, wie z. B. Windstärke oder Sonneneinstrahlung. Weitere Abhängigkeit ist bei Speicheranwendungen der Ladezustand der Speicherquelle. Im Falle des direkten Betriebs eines Generators am Netz variieren dementsprechend Amplitude und Frequenz der erzeugten Spannung, und eine Entkopplung von Erzeuger und Verbrauchernetz ist erforderlich. Diese Aufgabe wird durch moderne Leistungselektronik bewältigt.

Hinweis

Betrieb ohne Transformator bei einem IT-Netz

Zum Betrieb ohne Transformator bei einem IT-Netz wenden Sie sich an die Fachberatung

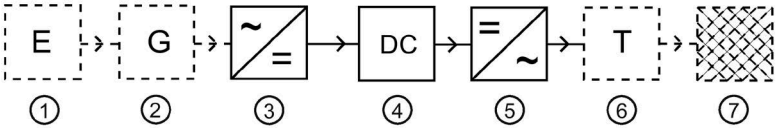
Hinweis

Gleichtaktspannung bzw. Common Mode

Informationen zu Gleichtaktspannung bzw. Common Mode finden Sie im Projektierungshandbuch Low Voltage: Projektierungshandbuch LV (https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/83180185).

Energiefluss bei elektrischer Energieerzeugung mit rotierenden Maschinen

Sowohl in der Kraftwerkstechnik mit fossilen Brennstoffen oder Kernenergie als auch bei regenerativen Energien mit Solarthermie, Wind, Wasser oder Biomasse, sind es in der Regel Generatoren, welche die Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandeln und über Verbundnetze dem Verbraucher zur Verfügung stellen.

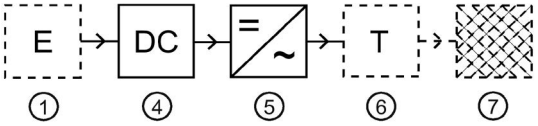


① Energieerzeugung
② Umwandlung in elektrische Energie
③ Umwandlung in Gleichspannung
④ Gleichspannungszwischenkreis
⑤ Umwandlung in Wechselspannung mit Ausgangsfilter
⑥ Übergabetransformator
⑦ Versorgungsnetz

Bild 2-1 Energiefluss bei elektrischer Energieerzeugung mit rotierenden Maschinen

Energiefluss bei elektrischer Energieerzeugung ohne rotierende Maschinen

Bei Energiequellen wie z. B. Batterien, Brennstoffzellen oder aus diversen DC-Quellen wird elektrische Energie durch chemische Prozesse bzw. Halbleiter umgewandelt. Die dabei entstehende Gleichspannung muss in der Regel für die Verteilung im Netz in eine 3-Phasen-Wechselspannung umgewandelt werden.



① Energieerzeugung
④ Gleichspannungszwischenkreis
⑤ Umwandlung in Wechselspannung mit Ausgangsfilter
⑥ Übergabetransformator
⑦ Versorgungsnetz

Bild 2-2 Energiefluss bei elektrischer Energieerzeugung ohne rotierende Maschinen

Netzarten

3

3.1 Verbundnetz

Ein Verbundnetz ist ein großräumiges, überregionales Netz aus großen Erzeugern (bezüglich elektrischer Leistung). Es wird von einem Energieversorgungsunternehmen betrieben, das die Netzverantwortung trägt und daher auch die Regeln zur Einspeisung festlegt. Erzeugungseinheiten, die in ein Verbundnetz einspeisen, müssen ihre Spannung und Frequenz auf das gegebene Verbundnetz synchronisieren.

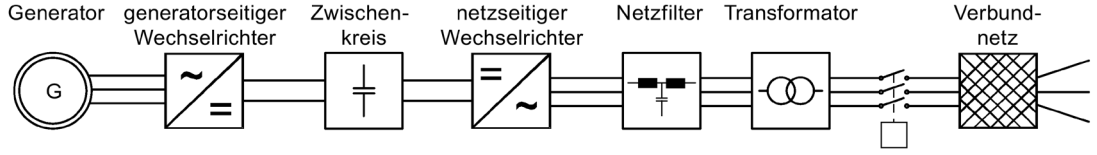


Bild 3-1 Prinzipdarstellung einer Energieerzeugungsanlage am Verbundnetz

Anforderungen

Jeder Netzbetreiber legt die Anschlussbedingungen für Kundenanlagen (Verbraucher, Erzeuger und Speicher) an sein Stromnetz fest. Die Kundenanlage ist dabei die Gesamtheit aller elektrischen Betriebsmittel hinter der Übergabestelle mit Ausnahme der Messeinrichtung für den Energiebedarf. Die Anschlussbedingungen können zwischen verschiedenen Netzbetreibern und unterschiedlichen Ländern variieren. Es ist daher eine anlagenspezifische Betrachtung erforderlich.

Neben allgemeingültigen Anforderungen, wie beispielsweise an die Übergabestelle oder die zulässigen Netzrückwirkungen der Anlage, gibt es spezielle Anforderungen an Erzeugungsanlagen und Speicher.
Diese beziehen sich insbesondere auf:

- Durchfahren von Netzstörungen (Fault Ride Through, FRT):
  Keine Trennung vom Netz bei definierten kurzen Netzstörungen.
  Dazu zählen insbesondere Spannungseinbrüche bzw. Kurzschlüsse zwischen zwei oder allen 3 Netzphasen.
- Dynamische Netzstützung:
  Während eines zuvor genannten Spannungseinbruchs oder Kurzschlusses muss ein Blindstrom in das Netz eingeprägt werden, der der Spannungsabweichung entgegenwirkt.
- Gegebenenfalls Bereitstellung einer stationären oder kennlinienbasierten Blindleistung zur Kompensation.

Übergeordnetes Ziel ist die Einhaltung der Spannungsqualität nach DIN EN 50160 im öffentlichen Netz.

Funktionsmodule für Verbundnetz

Für den Betrieb einer Erzeugungs- bzw. Speicheranlage am Verbundnetz in Deutschland ist die Konformität bzgl. der entsprechenden Anschlussrichtline mit einem Anlagenzertifikat nachzuweisen. Zur Erfüllung der Anforderungen, die aus Netzanschlussnormen resultieren, werden Software-Funktionen benötigt. Sie sind in Funktionsmodulen definiert und müssen explizit aktiviert werden.

Folgende Funktionsmodule des Active Line Modules sind typischerweise zur Erfüllung von zeitkritischen Anforderungen erforderlich, die aus Netzanschlussbedingungen resultieren:

- Funktionsmodul Netztransformator (Seite 34)
- Funktionsmodul Dynamische Netzstützung (Seite 40)

Wenn keine Konformität bzgl. einer Netzanschlussnorm gefordert ist, ist die Freischaltung des Funktionsmoduls "Dynamische Netzstützung" nicht erforderlich.

Neben den genannten zeitkritischen Anforderungen gibt es häufig weitere Anforderungen an die Software, wie z. B. Kennlinien für die Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung. Diese Funktionen müssen bei Bedarf zusätzlich umgesetzt werden. Dies kann beispielsweise in einem DriveControlChart (DCC) oder einer überlagerten Steuerung erfolgen. Für weitere Fragen wenden Sie sich an die Fachberatung.

3.2 Inselnetz

Ein Inselnetz versorgt ein begrenztes Gebiet und hat keine Verbindung zum öffentlichen Verbundnetz bzw. zu anderen Stromnetzen. Der Netzbetreiber muss die Balance zwischen verbrauchter und erzeugter Leistung im Inselnetz ausregeln, es kann ein Energiespeicher zum Einsatz kommen.

Der Betreiber eines Inselnetzes kann individuelle Netzvorschriften festlegen. Diese können von Vorschriften öffentlicher Netzbetreiber abweichen.

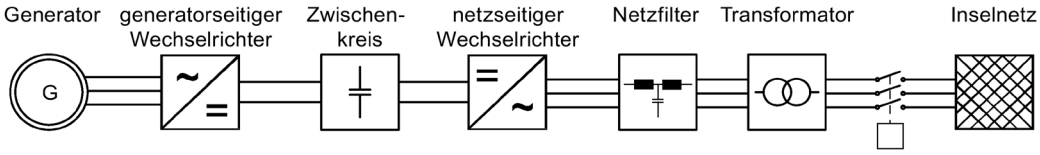


Bild 3-2 Prinzipdarstellung eines Inselnetzes

Anforderungen an dezentralen Erzeuger

- Schwarzstart des Inselnetzes
  Diese Funktion bezeichnet den Aufbau der Inselnetzspannung ausgehend von Spannung Null bei geöffnetem Trennschalter zum externen Netz.
  In der Regel ist auch ein Komponentenschwarzstart (DC 24-V-Versorgung) erforderlich.
- Regelung der Netzspannung und Frequenz und schnelle Anpassung der Erzeugungsleistung an variable Lasten
- Bereitstellung des gesamten Kurzschlussstroms im Kurzschlussfall
- Bereitstellung von Blindleistung zur Netzspannungsstützung
- Spannungsaufbau und Frequenzhaltung nach Kurzschluss

Anforderungen an übergeordnete Inselnetzregelung

- Anpassung der Erzeugerleistung (Wirk-/Blindleistung) bei Nennfrequenz an die Verbraucherleistung (Wirk-/Blindleistung)

Einsatz eines Trenntransformators

- Wenn im Inselnetz ein Nullleiter benötigt wird, dann muss ein Sternpunktbildner oder Trenntransformator mit belastbarem Sternpunkt auf der Inselnetzseite eingesetzt werden.
- Es muss ein Trenntransformator auch zu dem Zweck eingesetzt werden, um unzulässige Erdströme zu vermeiden, die durch taktende Wechselrichter an der Erzeugereinheit entstehen können.

Funktionsmodule für Inselnetz

Zum Betrieb in einem Inselnetz werden zusätzliche Software-Funktionen benötigt. Sie sind in Funktionsmodulen definiert und müssen explizit aktiviert werden.

Folgende Funktionsmodule des Active Line Module sind für den Betrieb an einem Inselnetz erforderlich:

- Funktionsmodul Netztransformator (Seite 34)
- Funktionsmodul Netzstatikregelung (Seite 35)

3.3 Microgrid

Ein Microgrid stellt ein lokal begrenztes elektrisches System mit mehreren Energieerzeugern, Verbrauchern und gegebenenfalls Speichern dar, das sowohl mit einem großen Verbundnetz verbunden sein als auch autark betrieben werden kann (d. h. Inselnetz mit einem oder mehreren Erzeugern).

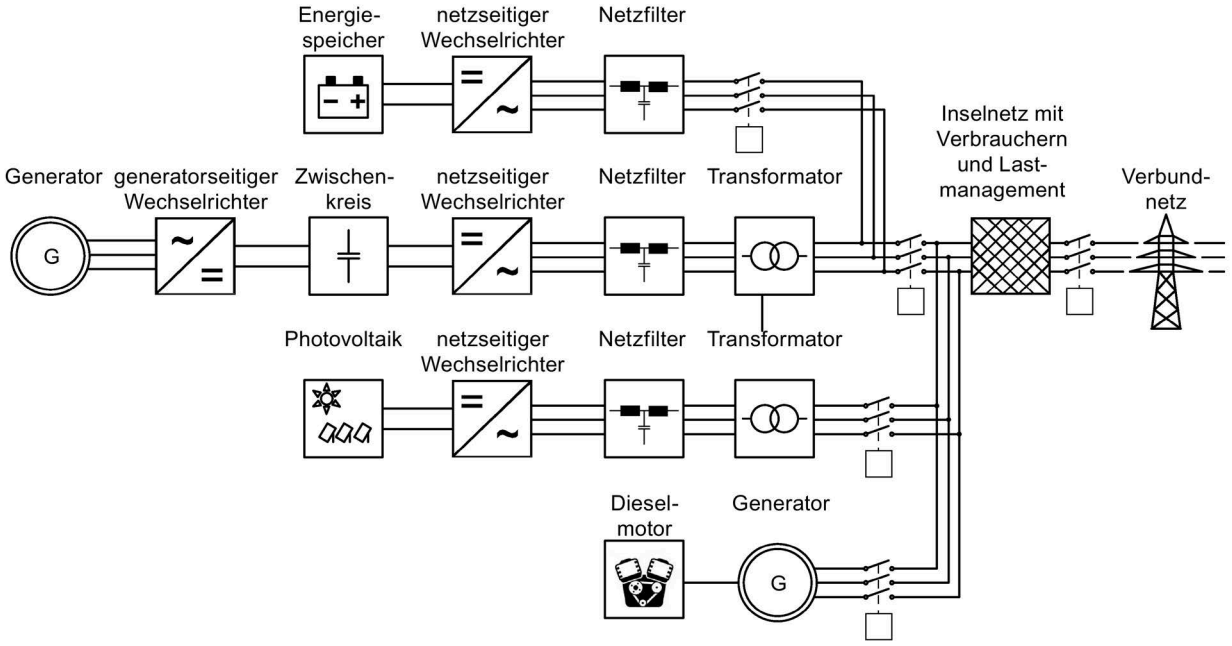


Bild 3-3 Microgrid

Anforderungen

Ist das Microgrid vom Verbundnetz getrennt, gelten die gleichen Anforderungen wie für ein Inselnetz, wobei sich Energieerzeugungseinheiten beim Hochlauf ebenfalls auf die aktuelle Netzfrequenz und -spannung aufsynchronisieren müssen. Zusätzlich muss der Energiemix, d. h. der Beitrag der einzelnen Energieerzeuger zur sicheren Versorgung der Verbraucher, gesteuert werden ("Load Sharing").

Ist es allerdings mit dem Verbundnetz gekoppelt, gelten üblicherweise die gleichen Anforderungen wie für Kundenanlagen am öffentlichen Netz. Für den Fall, dass Energie aus dem Microgrid in das öffentliche Netz eingespeist werden soll, sind zusätzlich die Anforderungen für Erzeugungsanlagen einzuhalten.
Außerdem muss der Übergang zwischen den beiden Betriebsmodi beherrscht werden. Hier sind ggf. zusätzliche Anforderungen des Netzbetreibers zu berücksichtigen.

Funktionsmodule für Microgrid

Da ein Microgrid sowohl ein Inselnetz bilden als auch an ein Verbundnetz angeschlossen sein kann, müssen alle in den beiden vorangegangenen Kapiteln genannten Anforderungen erfüllt werden. Dementsprechend ist auch die Aktivierung aller genannten Funktionsmodule im Active Line Module erforderlich.

Normen und Richtlinien

4

Bei der Einspeisung elektrischer Energie in ein Stromnetz gelten in Abhängigkeit vom Einsatzort unterschiedliche Anforderungen. Die Anforderungen sind häufig länderspezifisch und teilweise von den spezifischen Richtlinien einzelner Netzbetreiber abhängig. Hinzu kommen die individuellen Bedingungen durch die Applikation zur Energieerzeugung selbst. Die Einhaltung der Anforderungen erfordert den Einsatz spezieller Hardwarekomponenten und Einstellungen in der überlagerten Steuerung.

Die nachfolgende Auflistung von Hinweisen zu Normungsvorgaben erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Die nachfolgenden Eigenschaften erfüllen die Active Line Module der Bauformen Booksize und Chassis aus dem Umfeld der industriellen Anwendungen.

4.1 Schutz und Sicherheit

Im Bereich Schutz/Sicherheit wird der Standard EN 61800-5-1 erfüllt.
EN 61800-5-1: Elektrische Leistungsantriebe mit einstellbarer Drehzahl
Teil 5: Anforderungen an die Sicherheit
Hauptabschnitt 1: Elektrische und thermische Anforderungen

Für den nordamerikanischen Markt erfüllen die Active Line Modules die UL508C
UL508C: Power Conversion Equipment

4.2 EMV

Active Line Modules erfüllen die EMV-Norm EN 61800-3
EN 61800-3: Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe
Teil 3: EMV-Anforderungen einschließlich spezieller Prüfverfahren

4.3 Netzrückwirkungen

Beim Einsatz selbstgeführter IGBT-Einspeisungen (u. a. S120 Active Line Modules) werden die Grenzwerte der Norm IEEE 519 (Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems) typischerweise eingehalten.

4.4 Netzrichtlinien / Normen

Die Einhaltung der Netzrichtlinie eines Netzbetreibers ist eine Grundvoraussetzung für die Einspeisung von Energie in ein elektrisches Netz. Diese Netzrichtlinien sind weltweit im Detail unterschiedlich und abhängig von Spannungsklasse, Land und Netzbetreiber. Sie zeigen jedoch auch große Ähnlichkeiten im Hinblick auf Anforderungen zum Verhalten bei Netzstörungen, zum Netz- und Anlagenschutz und zu Netzrückwirkungen bzw. EMV.

Die Einhaltung solcher Netzrichtlinien erfordert eine Gesamtanlage mit Energiequelle, Wechselrichtern, Filtern und Schutzeinrichtungen. In einigen Ländern, wie z. B. Deutschland, ist die Konformität der Erzeugungsanlage mit der Netzrichtlinie in Form eines Anlagenzertifikats nachzuweisen. Der Netzwechselrichter SINAMICS Active Line Module bietet mit seinen Möglichkeiten zum Durchfahren und Erkennen von Netzfehlern, zur Blindleistungssteuerung und Messwerterfassung sowie zum Netz- und Anlagenschutz wichtige Funktionen, die eine Zertifizierung einer Gesamtanlage unterstützen. Die Einhaltung von Grenzwerten für Spannungs- und Stromoberschwingungen erfordert Netz- und EMV-Filter, die an die jeweiligen Anforderungen angepasst sind. Eine Einsetzbarkeit der SINAMICS-Netzfilter Active Interface Modules bzw. deren Ergänzung mit Zusatzdrosseln oder Filtern ist im Einzelfall zu prüfen.

4.5 Normen für Deutschland, Italien, USA, China

Anforderungen / Normen für den Netzanschluss in Deutschland

Je nach Spannungslage bilden in Deutschland die folgenden VDE-Anwendungsregeln die Grundlage für die Anschlussbedingungen der Netzbetreiber:

- VDE-AR-N 4100
  Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Niederspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Niederspannung)
- VDE-AR-N 4105
  Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz - Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz
- VDE-AR-N 4110
  Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung)
- VDE-AR-N 4120
  Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Hochspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Hochspannung)

Die Konformität für Erzeugungsanlagen und Speicher ist durch ein Zertifikat nachzuweisen, das von einer nach DIN EN ISO/IEC 17065 hierfür akkreditierten und zugelassenen Zertifizierungsstelle ausgestellt werden muss.

Das Produkt SINAMICS PCS dient als Netzwechselrichter, um stationäre Batteriespeicher sowohl an ein öffentliches als auch nicht öffentliches Mittelspannungsnetz anzuschließen. Das Produkt verfügt über ein Einheitenzertifikat gemäß VDE-AR-N 4110.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an die Fachberatung.

Anforderungen / Normen für den Netzanschluss in Italien

Die Einspeisung in das italienische Netz ist durch die Normen CEI 0-21 für das Niederspannungsnetz und CEI 0-16 für das Mittelspannungsnetz geregelt. Hierzu sind spezielle Zertifikate für den Umrichter zwingend notwendig, die nur von einem akkreditierten Prüflabor ausgestellt werden können.

Siemens bietet derzeit kein zertifiziertes Standardgerät nach der letzten Ausgabe dieser Normen, aber auf Anfrage kann Ihr Siemens Ansprechpartner den aktuellen Stand unserer Lösungen klären.

Anforderungen / Normen für den Netzanschluss in USA

In USA gilt für die Netzeinspeisung mit Umrichter im Allgemeinen (d. h. mit Ausnahme einiger Staaten) die Norm UL1741 (UL Standard for Safety for Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use with Distributed Energy Resources).
Hierzu ist ein Zertifikat für den Umrichter zwingend, das nur von einem akkreditierten Prüflabor ausgestellt werden kann.

Siemens bietet bereits einen nach UL1741 und IEEE 1547 zertifizierten 120 kVA-Netzumrichter ("UL1741 listed") als anschlussfertigen Schaltschrank auf Basis SINAMICS S120 Active Line Module Booksize. Diese erfüllen die neuen Anforderungen von Supplement A und die Regeln im "Source Requirement Document" (SDR) noch nicht. Höhere Leistungen sind durch Parallelschaltung möglich.

Die luftgekühlten SINAMICS S120 Chassis-Komponenten (Active Line Module und Motor Module) besitzen das Siegel "UL1741 recognized". Diese erfüllen die neuen Anforderungen von Supplement A und die Regeln im "Source Requirement Document" (SDR) noch nicht.

Seit September 2017 müssen die Umrichter Funktionalitäten zur Netzunterstützung nach UL1741 Supplement A (auch bekannt als UL1741 SA) erfüllen, wenn sie zur Netzeinspeisung für Neuanlagen eingesetzt werden. Zusätzlich werden im "Source Requirement Document" (SRD) spezifische Parametereinstellungen festgelegt, die für die Testmethoden des UL1741 SA verwendet werden sollen. Der Inhalt und die Implementierung im "Source Requirement Document" (SRD) unterscheiden sich je nach US-Bundesstaat (z. B. Electric Rules 21 in Kalifornien, Electric Rules 14H in Hawaii).

Für die SINAMICS Firmware liegt eine UL-Zertifizierung vor (SINAMICS Firmware 4.8: UL1998).

Weitere zertifizierte Lösungen sind in Entwicklung, bitte fragen Sie ihren Siemens Ansprechpartner nach dem aktuellen Stand.

Anforderungen / Normen für den Netzanschluss in China

Zertifizierte Lösungen sind in Entwicklung, bitte fragen Sie Ihren Siemens Ansprechpartner nach dem aktuellen Stand.

Ansprechpartner in China:

- Team name: MC PCI Center Asia/Pacific
- E-mail: pci.apc.asiapacific@siemens.com

Zertifizierung nach

- GB/T 34120-2017 (Technical specification for power conversion system of electrochemical energy storage system)
- GB/T 34133-2017 (Testing code for power converter of electrochemical energy storage system)

Funktionsmodule 5

In diesem Kapitel werden die Funktionsmodule beschrieben, die zur Energieeinspeisung in ein Inselnetz oder Microgrid bzw. zur Erfüllung von Anforderungen resultierend aus Netzanschlussnormen eines Verbundnetzes erforderlich sind.

5.1 Übersicht

Verbund- und Inselnetze stellen unterschiedliche Anforderungen an die Steuerung und Regelung von Netzeinspeisungen. In der Firmware werden Funktionsmodule zur Verfügung gestellt, die den Regelungsaufgaben entsprechend angewählt werden können. Die in den Funktionsmodulen enthaltenen Parameter werden erst nach Aktivierung des Funktionsmoduls sichtbar, Informationen zu den Parametern sind im Listenhandbuch enthalten.

- **Funktionsmodul Netztransformator**

  Das Funktionsmodul "Netztransformator" dient dem Magnetisieren, Synchronisieren und Aufschalten des Netztransformators auf das Verbund- oder Inselnetz. Zusätzlich kann mit dem Funktionsmodul in Verbindung mit diesem Funktionsmodul "Netzstatikregelung" der Schwarzstart eines Inselnetzes und dessen Synchronisierung auf ein Verbundnetz erfolgen.

  Das Funktionsmodul "Netztransformator" erfordert keine Lizenz.

  Im Funktionsmodul sind folgende Unterfunktionen enthalten:

  – Netzfreundliche Transformator-Magnetisierung
  – Identifikation der Transformatordaten
  – Transformatormodell zur Berücksichtigung des Transformators bei Netzregelung und dynamischer Netzstützung
  – Gegensystem-Stromregelung zur Kompensation von Netzunsymmetrien
  – Gleichanteilsregelung zur Vermeidung von Gleichanteilen im AC-Strom und damit zur Vermeidung einer Transformator-Sättigung
  – Unterstützung zusätzlicher VSM10-Baugruppen zur Spannungsmessung bei Transformator-Magnetisierung und Inselnetz-Synchronisierung
  – Netzfilter- und Transformator-Überwachung
  – Zusätzliche Netz-PLL und Synchronisierfunktionen
  – Erweiterte Stromgrenzen

  Die Aktivierung dieses Funktionsmoduls erfolgt in der Bediensoftware STARTER.

  Die detaillierte Beschreibung der Aktivierung ist im Kapitel "Inbetriebnahme Netztransformator (Seite 105)" enthalten.

- **Funktionsmodul Netzstatikregelung**

  Das Funktionsmodul "Netzstatikregelung" ermöglicht die Bildung eines Inselnetzes. Der Wechselrichter zur Netzeinspeisung hat die Aufgabe, Frequenz und Spannung im Netz zu regeln und übernimmt damit eine "Netzbildner-Funktion". Die abgegebene Leistung wird durch die Verbraucher und gegebenenfalls andere Erzeuger im Inselnetz bestimmt. Ferner erlauben Zusatzsollwerte eine Anpassung der abgegeben Energiemenge durch überlagerte Steuerungssysteme. Die im Zwischenkreis anliegende DC-Spannung muss durch andere Teilnehmer, wie z. B. generatorseitiger Wechselrichter, geregelt oder durch andere Quellen (z. B. durch eine Batterie) bereitgestellt werden.

  Das Funktionsmodul "Netzstatikregelung" erfordert eine Lizenz, die (zusätzlich) bestellt werden muss.
  Das dazugehörige lizensierungspflichtige Funktionsmodul ist hier beschrieben: "Lizenzierungspflichtige Funktionsmodule (Seite 32)".

  Der Wechsel zwischen den Betriebsmodi "Netzregelung" und "Stromregelung" bzw. "Vdc-Regelung" ist jederzeit im Betrieb möglich. Zu beachten ist jedoch, dass bei Verlassen der Netzregelung die Leistung zu Null geregelt wird; ein eventuell noch vorhandener Verbraucher in einem Inselnetz also temporär aus einer anderen Quelle versorgt werden muss.
  Bei einem Verlassen der Netzregelung muss mindestens eine andere Erzeugereinheit im Inselnetz weiterhin Frequenz und Spannung regeln.

  Im Funktionsmodul sind folgende Unterfunktionen enthalten:

  – Netzstatikregelung für Netzspannung und Frequenz
  – Netzspannungsregelung für den Anschlusspunkt
  – Inselnetz Schwarzstart zum Aufbau eines autarken Inselnetzes
  – Inselnetz Synchronisierung auf ein weiteres Netz
  – Bereitstellung von Kurzschluss-Strömen im Fall einer Netzstörung (Durchfahren von Netzstörungen, Fault Ride Through)
  – Zusatzstatik und Dämpfungsaufschaltung zur Vermeidung von Lastspitzen bzw. Leistungspendelungen zur Netzstabilisierung (Nachbildung einer Generatordynamik)
  – Zusatzsollwerte für Leerlaufpunkte der Statikkennlinien

- **Funktionsmodul Dynamische Netzstützung**

  Das Funktionsmodul "Dynamische Netzstützung" ermöglicht das Durchfahren von Netzstörungen und gestattet dabei das Einprägen von netzstützenden Blindströmen, wie sie zur Kurzschlussklärung in vielen Netzanschluss-Normen gefordert werden. Im Unterschied zum Netzstatik-Betrieb für Inselnetze wird das Active Line Module in diesem Fall als Netzstützer mit Zwischenkreisspannungs- und Netzstromregelung betrieben. In dieser Betriebsart wird die gesamte in den Zwischenkreis eingespeiste Leistung ins Netz abgegeben.

  Das Funktionsmodul "Dynamische Netzstützung" erfordert eine Lizenz, die (zusätzlich) bestellt werden muss.
  Das dazugehörige lizensierungspflichtige Funktionsmodul ist hier beschrieben: "Lizenzierungspflichtige Funktionsmodule (Seite 32)".

  Das Active Line Module wird in Strom- und Zwischenkreisspannungsregelung betrieben. Die Netzstatikregelung muss deaktiviert sein (p5401 = 0).

Typisch ist die Anwendung der "dynamischen Netzstützung" somit für die Energieeinspeisung in Verbundnetze. Aber auch in Inselnetzen kann diese Betriebsart sinnvoll sein, z. B. für Einspeisung aus DC-Quellen, die ertragsoptimal mit Zwischenkreisspannungs-Regelung betrieben werden. Andere Erzeuger in diesem Inselnetz müssen dann für eine ausreichende Frequenz- und Netzspannungsregelung sorgen.

Neben der dynamischen Stützung bietet das Funktionsmodul auch umfangreiche Funktionen zur Netzüberwachung hinsichtlich Frequenz und Spannungsamplituden. Die Überwachungsgrenzen können mit einem Festwert oder mit einer Kennlinie zeitabhängig parametriert werden.

Daneben kann mit der Anti-Islanding-Funktion auch die unbeabsichtigte und unerwünschte Bildung eines Inselnetzes erkannt werden. Diese Funktion kommt üblicherweise bei Energieerzeugung im Verbundnetz zum Einsatz. Die Abspaltung eines Teilnetzes ohne ausreichende Frequenz- und Netzspannungsregelung führt dann zu einer Abschaltung des Active Line Modules (das an diesem Teilnetz angeschlossen ist).

Im Funktionsmodul sind folgende Unterfunktionen enthalten:

– Dynamische Netzstützung mit Blindstrom (symmetrische und unsymmetrische Netzstützung einstellbar)
– Bereitstellung von Kurzschluss-Strömen im Fall einer Netzstörung (Durchfahren von Netzstörungen, Fault Ride Through) zur Einhaltung von Netzanschlussnormen
– Aktive Inselnetzerkennung mit Frequency-Shift-Algorithmus
– Erweiterte Spannungs- und Frequenz-Prüfung für automatischen Wiederanlauf nach Netzstörung
– Frei definierbare Stützpunktkurven (Spannungs-Zeit-Überwachung und Frequenz-Zeit-Überwachung) zur Überwachung von Spannung und Frequenz während einer Netzstörung entsprechend den lokalen Einspeiserichtlinien (Grid Code).

- **Funktionsmodul Cosinus Phi-Anzeige**

  Das Funktionsmodul "Cosinus Phi-Anzeige" bietet die Möglichkeit einer genauen cosPhi-Messung am Anschlusspunkt (Fehler: typisch <1 %).

  Für die Stromerfassung kann ein passender Stromwandler mit Spannungsausgang am VSM10 angeschlossen werden.

  Im Funktionsmodul sind folgende Unterfunktionen enthalten:

  – Auswertung des Verschiebungsfaktors am Anschlusspunkt
  – Berechnung des cosφ-Werts

- **Funktionsmodul Zusatzregelungen**

  Die meisten Funktionen dieses Funktionsmoduls (Gegensystem-Stromregelung, erweiterte Stromgrenzen, synchrone Reglerparametrierung) sind auch in den Funktionsmodulen "Netztransformator" und "Dynamische Netzstützung" enthalten.

  Das Funktionsmodul "Zusatzregelungen" wird gewählt, wenn die Hauptfunktionen der Module "Netztransformator" und "Dynamische Netzstützung" nicht benötigt werden.

5.1.1 Lizenzierungspflichtige Funktionsmodule

Die Lizenzen für die SINAMICS Funktionsmodule "Dynamische Netzstützung" (auch bezeichnet als Funktion S01) und "Netzstatikregelung" (auch bezeichnet als Funktion S02) werden abhängig von den eingesetzten Geräten als elektronisches "Certificate of License" (CoL) durch unterschiedliche Artikelnummern angeboten und bestellt:

- Dynamische Netzstützung zur Energierückspeisung/Einspeisung in das Verbundnetz:

  Artikelnummern entsprechend der Bauform (entweder Booksize oder Chassis)

- Netzstatikregelung zur Energierückspeisung/Einspeisung ins Inselnetz:

  Artikelnummern entsprechend der Leistung des Active Line Module (neun mögliche Leistungsbereiche)

Genauso wie bei der Bestellung anderer elektronischer "Certificate of License" (CoL) ist es im Bestellsystem zwingend notwendig, eine E-Mail-Adresse anzugeben.

Weitere Informationen zum leistungsabhängigen Bestellungskonzept dieser Funktionen und zum elektronischen "Certificate of License" (CoL) für SINAMICS Funktionsmodule finden Sie unter dieser Adresse (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109781647).

5.2 Typische Anwendungen der Netzeinspeisung zur Energieerzeugung

Die Funktionsmodule für Netzeinspeisung werden typischerweise bei Folgenden Anwendungen benötigt:

- **Einspeisung aus diversen DC-Quellen für Verbundnetzbetrieb**
  Funktionsmodule "Netztransformator" und "Dynamische Netzstützung".
- **Batteriespeichersysteme mit der Möglichkeit zum Insel- und Verbundnetzbetrieb**
  Funktionsmodule "Netztransformator" und "Netzstatikregelung"
  Bei Betrieb der Umrichter am Verbundnetz muss das Funktionsmodul "Dynamische Netzstützung" nur dann eingesetzt werden, wenn das Batteriesystem als Erzeugungsanlage betrachtet wird (statt als Verbraucher).
- **Wasserkraftturbine und Kleinwindkraftanlage**
  Funktionsmodule "Netztransformator" und "Dynamische Netzstützung".
  Funktionsmodul "Netzstatikregelung" nur bei Inselnetzbetrieb.
- **Application Shaft Generator Drive beim Einsatz auf Schiffen**
  Funktionsmodule "Netztransformator" und "Netzstatikregelung".
- **Netzkupplungen, Anwendungen zur Verbesserung der Netzqualität**
  Funktionsmodule "Netztransformator", "Netzstatikregelung" und "Dynamische Netzstützung".
- **Nachbildung von Netzen (z. B. Gerätetests für Länder mit anderen Netzparameter, z. B. USA <-> Europa)**
  Funktionsmodule "Netztransformator", "Netzstatikregelung".

Hinweis

Es gelten folgende Regeln für den Einsatz der Funktionsmodule für Netzeinspeisung:

- **Funktionsmodul "Netztransformator" (nicht lizenzpflichtig)**
  erforderlich, wenn in einer Applikation zur Energieerzeugung ein Netztransformator verwendet wird oder
  - wenn ein Inselnetz betrieben werden soll oder
  - wenn die Messdaten von zusätzlichen VSMs benötigt werden.
- **Funktionsmodul "Netzstatikregelung" (lizenzpflichtig)**
  Betrieb am Inselnetz mit Beitrag zur Netz-U/f-Regelung (Netzbildner-Betrieb) (typische Anwendungen: Erzeuger im Inselnetz, Netzpufferung mit Batterie).
- **Funktionsmodul "Dynamische Netzstützung" (lizenzpflichtig)**
  Betrieb am Verbundnetz mit Anforderungen aus Einspeiserichtlinien oder Anforderungen zur Netzüberwachung (Anti Islanding, Fault Ride Through).
- **Funktionsmodul "Cosinus Phi-Anzeige" (nicht lizenzpflichtig)**
  Genaue cosPhi-Messung am Anschlusspunkt.

5.3 Beschreibung der Funktionsmodule

5.3.1 Funktionsmodul Netztransformator

Aufgabe

Hauptaufgabe dieses Funktionsmoduls ist die Magnetisierung eines Netztransformators vor dem Verbinden des Energieerzeugungssystems mit dem Netz. Diese Magnetisierung ist immer dann erforderlich oder sinnvoll, wenn der Netztransformator einen Teil des Energieerzeugungssystems bildet und mit dem Ausschalten des Systems ebenfalls vom Netz getrennt wird. Ohne Magnetisierung durch den Wechselrichter würden sonst beim Schließen des Leistungsschalters sehr hohe Transformator-Einschaltströme fließen, die unter anderem zu unzulässigen Netzrückwirkungen führen können.

Vor dem Verbinden eines Energieerzeugungssystems mit dem Netz mittels eines Leistungsschalters wird die Spannungsamplitude, Frequenz und Winkellage an das Netz angeglichen (Synchronisieren).

Zusätzlich bietet das Funktionsmodul die Möglichkeit zur Identifikation von Transformator-Daten. Damit kann im Betrieb der Spannungsabfall am Transformator kompensiert und das Betriebsverhalten der Energieerzeugungsanlage am Netzanschlusspunkt optimiert werden.

Mit Hilfe einer dedizierten Stromregelung für Gegensysteme können unsymmetrische Ströme gezielt ausgeregelt werden.

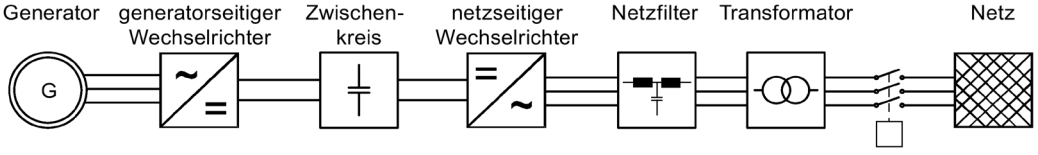


Bild 5-1 Prinzip eines Energieerzeugungssystems mit Transformator und Leistungsschalter

5.3.1.1 Netzfreundliche Transformator-Magnetisierung

Diese Funktion steuert die Magnetisierung des Netztransformators vor dem Aufschalten auf das bestehende Netz. Die Energie für die Magnetisierung muss vom Zwischenkreis bereitgestellt werden.

Für diese Funktion sind zwei VSM10 notwendig. Das erste VSM10 (im Active Interface Module Bauform Chassis enthalten bzw. zusätzlich vorzusehen bei Active Line Modules Bauform Booksize) misst die Ausgangsspannung eines Active Line Module auf der Transformator-Sekundärseite. Wenn ein Trennschalter zwischen Einspeisung und Inselnetz vorhanden ist, dann wird das VSM10(2) benutzt, um die Spannung des Inselnetz zu erfassen. In der Control Unit werden damit Amplitude, Frequenz und Phasenlage der Spannungen berechnet. Der Leistungsschalter kann geschlossen werden, wenn Synchronität erreicht ist und somit die primärseitigen Trafospannungen und die Netzspannungen übereinstimmen.

Die Einstellparameter des VSM10(2) werden durch die Aktivierung des Funktionsmoduls "Netztransformator" in der Expertenliste sichtbar.

5.3.1.2 Identifikation der Transformatordaten

Es erfolgt die Identifikation von Haupt- und Streuinduktivität des Transformators sowie Phasenschwenkung und Spannungskorrektur.

5.3.1.3 Netzfilter- und Transformator-Überwachung

Wie bereits beschrieben, erfordern viele Netzanschlussrichtlinien die Bereitstellung von Kurzschlussstrom während kurzzeitiger Netzkurzschlüsse. Kurzschlüsse innerhalb des Energieerzeugungssystems (zwischen Wechselrichter und Netzanschlusspunkt) müssen jedoch zu einer sofortigen Abschaltung führen, um zusätzliche Anlagenschäden zu vermeiden.

Mit Hilfe der Netzfilter-Überwachungsfunktion erfolgt eine Unterscheidung bzw. Erkennung von externen Netzkurzschlüssen (die eine Netzstützung erfordern) und internen Filterkurzschlüssen, die zu einer Sicherheitsabschaltung führen.

Die grundlegende Überwachung erfolgt mit Hilfe des VSM_1, das zur Messung der AIM-Spannung dient (und bei Geräten der Bauform Chassis im Active Interface Module verbaut ist).

Mit zusätzlichen Strommessungen kann die Überwachung verbessert und gegebenenfalls die Quelle eines Anlagen-internen Kurzschlusses innerhalb des Active Interface Module lokalisiert werden.

5.3.2 Funktionsmodul Netzstatikregelung

Aufgabe

Im Normalbetrieb wirkt das Active Line Module durch die Einprägung von sinusförmigen Netzströmen als Netzstützer. Mit dem Funktionsmodul "Netzstatikregelung" wird auch der Betrieb als Netzbildner ermöglicht, d. h., an Stelle der Zwischenkreisspannung und des Blindstroms werden die Netzspannung und die Netzfrequenz geregelt. Mittels Statik-Kennlinien ist ein stabiler Netzbetrieb mit weiteren Erzeugern (z. B. Dieselgeneratoren) in einem Inselnetz ohne weitere Kommunikationsverbindung möglich.
Mit Hilfe dieses Funktionsmoduls ist ein Active Line Module somit in Lage, Inselnetze aufzubauen, stabil zu betreiben (als alleiniger Netzbildner oder zusammen mit anderen Erzeugern) und bei Bedarf mit externen Netzen zu synchronisieren.

Voraussetzung für den Betriebsmodus "Netzregelung" ist, dass die Zwischenkreisspannung durch einen der angeschlossenen Erzeuger (Generator-Wechselrichter, Batterie, ...) vorgegeben bzw. geregelt wird.

Hinweis

Automatische Abschaltung

Das Active Line Module schaltet in dieser Betriebsart bei Frequenzfehlern (120 % der eingestellten Überfrequenzschwelle p0284 bzw. 80 % der Unterfrequenzschwelle p0285) und zum Selbstschutz (Überstrom, Überspannung, Übertemperatur, etc.) ab. Geringere Frequenz- und Spannungsabweichungen sowie Spannungseinbrüche oder Phasensprünge im Netz führen hingegen aufgrund der FRT-Funktion (Fault Ride Through) **nicht** zu einer Abschaltung. Die Filterüberwachung p3667 muss aktiviert werden, um bei anlagen-internen Kurzschlüssen (z. B. im Active Interface Module) eine sofortige Fehlerabschaltung zu gewährleisten. Abhängig von den Anforderungen der jeweiligen Applikation kann beispielsweise zusätzlich die parametrierbare Netzüberwachung (p5540 ff.) genutzt werden.

Die Abschaltgrenzen bei Überstrom (F30001, F6200 nach A6205 = 128), Überspannung (Vdc_max, F30002, F30003, F6200 nach A6205 = 16), Übertemperatur, I2t sind im Listenhandbuch beschrieben.

Funktionen

- Regelung von Netzspannung und Netzfrequenz (Netzbildner)
- Stationäre und dynamische Lastaufteilung zu anderen Energieerzeugern im Netz über Statikkennlinien
- Bereitstellung von Blind- und Kurzschlussstrom zur Klärung von Netzstörungen
- Mit der Funktion "Inselnetz Schwarzstart" kann ein autarkes Inselnetz aufgebaut und aufrechterhalten werden.
- Mit der Funktion "Inselnetz Synchronisierung auf ein externes Netz" kann ein Inselnetz mit einem externen Netz verbunden werden. Dazu werden Spannungsamplitude und Frequenz des Inselnetzes im Betrieb geändert und vor dem Schließen des Trennschalters an das externe Netz angepasst.
- Statikfunktion zur Frequenz- und Spannungsregelung des Netzes einschließlich Lastaufteilung
- Adaptierbarer Leerlaufpunkt und Zusatzsollwerte für Frequenz und Spannung
- Ablaufsteuerung und Strombegrenzungsregelung für Netzspannungseinbrüche und Kurzschlüsse
- Aussteuergradregelung zur Realisierung des optimalen Aussteuergrads für minimale Netzrückwirkungen
- Gleichanteilsregelung garantiert einen gleichanteilsfreien Netzstrom und vermeidet somit Sättigungseffekte im Transformator
- Spannungsregelung zur Kompensation des Spannungsabfalls am Transformator.
  Dazu müssen die Messwerte des 2. VSM10 als Signalquelle mit dem Parameter p5425 (CI: Netzstatikregelung Spannungsregelung Signalquelle) verdrahtet werden (r5488[0-4] → p5425[0-1]).
  Mit dem im Standard eingesetzten VSM10-Messwert würde nur der Spannungsabfall an der Drossel kompensiert. Mit einer weiteren Messstelle nach dem Transformator kann die Spannungskompensation verbessert und der Spannungsabfall am Transformator eliminiert werden.
- Dämpfungsglieder und Filter zur Stabilisierung eines Inselnetzes
- Zwischenkreisspannungs-Regelung zur automatischen Anpassung der Ausgangsleistung, falls die Zwischenspannung parametrierte Grenzen überschreitet

Betriebsart Netzregelung

Wie zu Beginn dieses Kapitels beschrieben, beinhaltet das Funktionsmodul "Netzstatikregelung" die Betriebsart "Netzregelung" zur Regelung von Netzfrequenz und Netzspannung in einem Inselnetz. Die nachfolgende Tabelle zeigt wesentliche Unterschiede der regulären Strom- und Zwischenkreisregelung gegenüber dem Netzregelungs-Betrieb.

	Regelung Betriebsart	
	Netzstrom Zwischenkreisspannung	**Netzfrequenz Netzspannung**
Inselnetz	Anlage wirkt als Verbraucher oder als untergeordneter Teilerzeuger kleiner Leistung (Netzstützer)	Anlage wirkt als alleiniger oder leistungsstarker Erzeuger im Inselnetz
Einspeisung Wirkleistung	Einspeisung der gesamten im Zwischenkreis verfügbaren Leistung in das Netz, unabhängig vom Betriebszustand des Netzes (bei Normbedingungen)	Beitrag zur Frequenz- und Spannungsregelung im Netz; zeitveränderliche Einspeisung von Wirkleistung in das Netz abhängig vom Betriebspunkt
Lastaufteilung	Nur durch externe Sollwertvorgabe von übergeordnetem Power-Management	Automatisch mit Hilfe von Statik-Kennlinien Zusatzsollwerte über externe Sollwerte (z. B. Power Management System) möglich.
Stationäre Blindleistungskompensation	möglich (Festsollwert) [1]	Automatische Bereitstellung der benötigten Netzblindleistung
dynamische Blindleistungskompensation (incl. Netzstörung)	Nur möglich mit Funktionsmodul "dynamische Netzstützung" oder durch externe Sollwertvorgabe	Automatische Bereitstellung der benötigten Netzblindleistung
Kurzschlussstrom bei Netzstörungsausprägung "Netzkurzschluss"	Nur möglich mit Funktionsmodul "dynamische Netzstützung"	Geräte Bauform Chassis: Automatisch bis zu 123 % des Referenzstroms (r5479[5]) Geräte Bauform Booksize: bis zu 90 % des Referenzstroms (r5479[5])
Zwischenkreisspannung	Regelung der Zwischenkreisspannung durch Netzwechselrichter	Aufrechterhaltung der Zwischenkreisspannung durch andere Komponente erforderlich
[1] Hierzu gibt es die folgende Applikationsbeschreibung: Applikationsbeschreibung Blindleistungskompensation (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/105643094)		

Das Synchronisieren auf ein vorhandenes Stromnetz kann in beiden Betriebsarten erfolgen. Nach dem Synchronisieren kann im Betrieb jederzeit zwischen normaler Strom-/Spannungs-Zwischenkreisregelung und Netzregelung umgeschaltet werden. In beiden Betriebsarten kann der Netzwechselrichter als Leistungsquelle oder Leistungssenke arbeiten, abhängig von den jeweils gültigen Sollwerten für Zwischenkreisspannung und Blindstrom bzw. Netzfrequenz und Netzspannung.

In der Betriebsart Netzregelung können Leistungspendelungen im Netz - z. B. nach einem Lastwechsel - zu einem Energiefluss in den Zwischenkreis und damit zu einem schnellen Ansteigen der Zwischenkreisspannung führen. Dies ist insbesondere zu beachten, falls die energieerzeugende Komponente keine Leistung aufnehmen kann (z. B. ein Dieselgenerator oder eine volle Batterie). Abhängig von den Anforderungen der Applikation kann dann ein temporärer Verbraucher notwendig werden, beispielsweise ein Bremswiderstand.

Statikfunktion zur Frequenz- und Spannungsregelung des Netzes einschließlich Lastaufteilung

Mit Hilfe der Statikfunktionen wird der Aufbau und die Versorgung eines Inselnetzes gemeinsam mit anderen Erzeugern möglich. Dazu müssen alle Erzeugeranlagen dieses Inselnetzes über eine vergleichbare Statikfunktion verfügen. Eine zusätzliche Kommunikationsverbindung zwischen den Erzeugern ist dann für eine gemeinsame Regelung von Netzfrequenz und Netzspannung nicht erforderlich. Die Parametrierung der Statikfunktionen bestimmt die Lastaufteilung zwischen den Erzeugungsanlagen.

Die sogenannte Frequenzstatik berechnet einen Sollwert für die Ausgangsfrequenz des Active Line Module (also einen Netzfrequenz-Sollwert) abhängig von der aufgenommenen oder abgegebenen Wirkleistung.

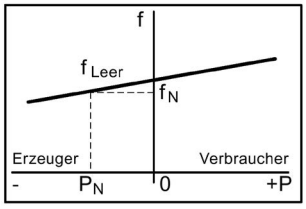


Bild 5-2 Frequenzstatik

Die Spannungsstatik bestimmt einen Sollwert für die Ausgangsspannung abhängig von dem aufgenommenen oder abgegebenen Blindstrom.

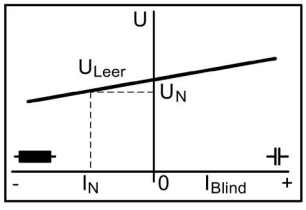


Bild 5-3 Spannungsstatik

Besitzen alle Erzeuger im Netz eine vergleichbare Statikfunktion, so stellt sich ein stabiler Betriebspunkt für Frequenz und Spannung im Inselnetz ein. Das Rückführen auf Nennfrequenz und Nennspannung kann durch eine langsame übergeordnete Sekundärregelung der Leerlauffrequenz realisiert werden.

Hinweis

Es ist Aufgabe einer übergeordneten Steuerung, die Netzfrequenz bei hoher Belastung innerhalb der zulässigen Frequenzgrenzen zu halten (durch Anpassung der Netzstatik-Sollwerte).

Schwingungsdämpfung der Netzspannung

Zur Dämpfung von Leistungspendelungen bzw. Schwingungen der Netzspannungsamplitude nach Laständerungen kann die Zusatz-Frequenzstatik verwendet werden, siehe Kapitel "Dämpfung von Leistungspendelungen (Seite 66)".

5.3.2.1 Schwarzstart im Inselnetz

Beschreibung

Die Funktion "Inselnetz Schwarzstart" bietet die Möglichkeit, ein autarkes Inselnetz aufzubauen und anschließend mit der Netzstatikregelung aufrecht zu erhalten.

Beim Schwarzstart (p5580 = 2) wird zunächst geprüft, ob das Inselnetz spannungsfrei ist. Anschließend wird der Leistungsschalter zwischen der Einspeisung und dem Inselnetz geschlossen und die Spannung der Einspeisung solange erhöht, bis Nennspannung im Inselnetz erreicht ist.

Über die Moduseinstellung kann der automatische Schwarzstart (p5580 = 3) eingestellt werden. Liegt im Inselnetz bereits Spannung an, so wird direkt in den Netzstatikbetrieb gewechselt ("reguläres" Einschalten auf vorhandenes Netz). Andernfalls erfolgt ein Schwarzstart.

Voraussetzungen

Es wird das Funktionsmodul "Netztransformator" benötigt.

Zum Hochfahren des Netzes benötigt das Active Line Module eine Spannungsversorgung (z. B. über eine Unterbrechungsfreie Stromversorgung), damit die Gerätelüfter mit ihrer Versorgungsspannung und die weiteren Komponenten mit einer Steuerspannung DC 24 V versorgt werden.

Darüber hinaus wird die eigentliche Energiequelle für die Versorgung des Zwischenkreises benötigt. Der Zwischenkreis muss gegebenenfalls über eine geeignete Vorladung aufgebaut werden.

Ist ein Trennschalter zwischen Einspeisung und Inselnetz vorhanden, wird ein 2. VSM10 benötigt, um die Spannung des Inselnetzes zu messen, mit dem die Einspeisung verbunden werden soll.

5.3.2.2 Inselnetz Synchronisierung auf ein externes Netz

Vor dem Verbinden eines Inselnetzes mit einem externen spannungsbehafteten Netz mittels eines Leistungsschalters muss das Inselnetz in Bezug auf die Spannungsamplitude, Frequenz und Winkellage an das externe Netz angeglichen werden. Dazu dient die Funktion "Inselnetz Synchronisierung".

Typischer Anwendungsfall ist das bedarfsweise Verbinden eines Microgrids mit einem Verbundnetz oder der Aufbau eines Verbundnetzes aus mehreren Microgrids.

Zur Synchronisierung zwischen Inselnetz und dem externen Netz wird ein 3. VSM10 benötigt, um die Spannung des externen Netzes zu messen, mit dem das Inselnetz verbunden werden soll.

5.3.3 Funktionsmodul Dynamische Netzstützung

Das Funktionsmodul beinhaltet die Funktion "Dynamische Netzstützung" zur Stützung des Netzes bei Spannungseinbrüchen und die Funktion "Netzüberwachung Inselnetzerkennung" zur Erkennung einer ungewollten Inselnetzbildung.

Die Funktion "Dynamische Netzstützung" dient dem Durchfahren von Netzstörungen im stromgeregelten bzw. netzstromeinprägenden Betrieb mit Zwischenkreis-Spannungsregelung im Active Line Module. Typische Anwendungsbeispiele hierfür sind Einspeisung aus diversen DC-Quellen oder Netzwechselrichter von Windenergieanlagen mit Anschluss an ein Verteilnetz. Im Unterschied dazu wurde im vorangegangenen Kapitel der netzspannungseinprägende Betrieb ohne Zwischenkreis-Spannungsregelung für Inselnetzanwendungen betrachtet.

5.3.3.1 Dynamische Netzstützung

Die Funktion "Dynamische Netzstützung" stützt das Netz bei Spannungseinbrüchen für eine definierte Zeit, die regional durch Netzbetreiber vorgegeben wird.

Mit Hilfe einer dedizierten Stromregelung für Gegensysteme können unsymmetrische Ströme gezielt ausgeregelt werden.

Die Einspeiseanlagen in ein Mittelspannungsnetz müssen sich an der dynamischen Netzstützung beteiligen, typische Anforderungen sind z. B.:

- Sie dürfen sich bei Netzstörungen nicht vom Netz trennen.
- Sie müssen während eines Netzspannungsfehlers das Netz durch Blindleistungseinspeisung (z. B. während eines Netzkurzschlusses durch Bereitstellung von Kurzschlussstrom) stützen.
- Sie dürfen nach einer Fehlerklärung nicht mehr induktive Blindleistung entnehmen als vor dem Fehler.

Hinweis

Beim Durchfahren von Netzstörungen muss darauf geachtet werden, dass Hilfsspannungen zum Halten von Netz-Schützen und/oder Lüfter und 24-V-Versorgungen gepuffert oder durch eine USV betrieben werden.

Funktion

Die Dynamische Netzstützung beinhaltet die notwendigen Zusatzfunktionen zur Überwachung und Stützung des Netzes. Damit können die meisten bedeutenden Netzeinspeise-Richtlinien erfüllt werden.
Ob davon abweichende Richtlinien ebenfalls erfüllt werden, ist im Einzelfall zu prüfen und gegebenenfalls durch angepasste Parametereinstellungen sicherzustellen.

Bei aktivierter Dynamischer Netzstützung wird der geregelte Hochsetzbetrieb des Active Line Modules auch bei Netzstörungen (Amplituden und Phasenfehlern der Netzspannung) aufrechterhalten. Das Netz wird gestützt durch Einprägung eines zusätzlichen Blindstroms, der nach einer parametrierbaren Kennlinie abhängig vom Netzspannungsfehler berechnet wird.

Der zusätzliche Sollwert für den Blindstromregler bewirkt eine Erhöhung der Ausgangsspannung bei zu kleiner Netzspannung und eine Absenkung der Ausgangsspannung bei zu hoher Netzspannung.

Die Überwachungsschwelle für die Mindestspannung (p0283) muss an die Anforderungen der Applikation angepasst werden. Zu beachten ist, dass im stationären Dauerbetrieb das Verhältnis von Zwischenkreisspannung (r0070) und Netzspannung (r0072[2]) den maximalen Hochsetzfaktor p3508 für den verwendeten Netzfilter nicht übersteigen darf.

Hinweis

Bei aktivierter Netzstützung (BI: p5501 = 1-Signal) wird der Blindstrom-Sollwert folgendermaßen begrenzt:

- mit der Standard-IPD auf 100 % des Geräte-Nennstroms (r0207).
- mit der speziellen Ersatzteil-IPD und Firmware ≥ V5.2 erst bei 150 % des Geräte-Nennstroms (r0207), Details sind im letzten Abschnitt in diesem Kapitel beschrieben.

Beispiel für Kennlinie zur dynamischen Netzstützung

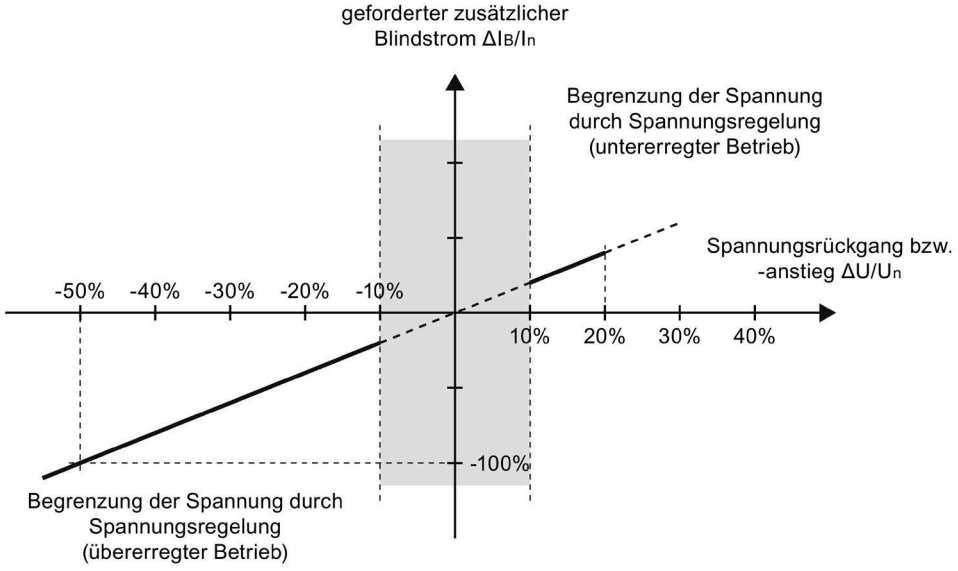


Bild 5-4 Dynamische Netzstützung Spannungsstützung

Erläuterungen zur Spannungsstützung:

- Spannungstotband (parametrierbar):
  Im Bereich zwischen 0,9 x U_n ≤ 1,1 x U_n erfolgt keine dynamische Netzstützung.
- Die Anregelzeit beträgt < 20 ms (typisch ~10 ms).
- Die Aufrechterhaltung der Spannungsstützung nach Rückkehr ins Spannungstotband beträgt weitere 500 ms (p5507[0], parametrierbar).
- Blindstrom: $I_B = k \times ((U - U_0)/U_n) \times I_n$
- Die Voreinstellung der Kennlinienparameter entspricht der Kennlinie gemäß dem vorigen Bild.
- Die Größe und Symmetrie des Wirk- und Blindstroms während eines Fault Ride Through kann festgelegt werden. Damit sind Anpassungen an Netzrichtlinien oder spezielle Applikationen möglich.

$\Delta I_B = I_B - I_{B0}$

$\Delta U = U - U_0$

k: Steigung der Kennlinie

U_n: Nennspannung

U_0: Spannung vor der Störung

U: Momentane Spannung (während der Störung)

I_n: Nennstrom

I_{B0}: Blindstrom vor der Störung

I_B: Blindstrom

Beispiel für Netzanschluss-Richtlinie: VDE-AR-N 4110

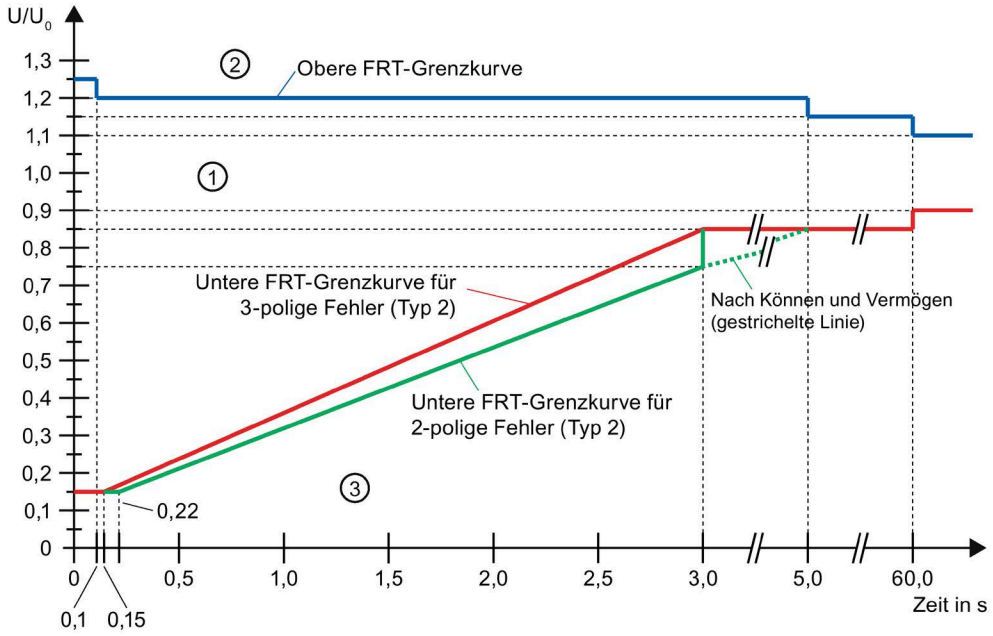


Bild 5-5 Grenzlinien für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt

Erläuterungen zum Spannungsverlauf:

① Innerhalb der oberen und unteren FRT-Grenzkurve darf es in Folge von Über- und Unterspannungsereignissen weder zu einer Trennung der Erzeugungsanlage vom Netz noch zu einer Instabilität der Erzeugungsanlage kommen.

② Im Bereich oberhalb der oberen FRT-Grenzkurve darf sich die Erzeugungsanlage vom Netz trennen.

③ Im Bereich unterhalb der unteren FRT-Grenzkurve darf sich die Erzeugungsanlage vom Netz trennen. Je nachdem, ob ein zwei- oder dreipoliger Netzfehler vorliegt, gilt die eine oder die andere Grenzkurve.

Die Funktion "Dynamische Netzstützung" stellt sicher, dass der Netz-Wechselrichter den netzstützenden Betrieb mindestens für die in dieser Beispiel-Richtlinie geforderte Zeit aufrechterhalten kann. Abhängig von den Parametereinstellungen und der thermischen Vorbelastung kann ein Netzkurzschluss für bis zu 2 s gestützt werden. Zeitliche Abschaltbedingungen (wie z. B. gemäß dem vorigen Bild nach 150 ms Kurzschluss), die je nach landesspezifischer Anschlussrichtlinie individuell verschieden sind, müssen mit Hilfe der Netzüberwachung (p5540ff), mit DCC oder in einer überlagerten Steuerung implementiert werden. Die Netzüberwachung kann auch mit externen Netz- und Anlagenschutzgeräten (NA-Relais) realisiert werden.

Hinweis

Automatische Abschaltung

Das Active Line Module schaltet in dieser Betriebsart bei Frequenzfehlern (120 % der eingestellten Überfrequenzschwelle bzw. 80 % der Unterfrequenzschwelle) und zum Selbstschutz (Überstrom, Überspannung, Übertemperatur, etc.) ab. In allen anderen Fällen stützt das Active Line Module das Netz durch Einprägen eines Blindstroms gemäß Kennlinie.

Die Abschaltgrenzen bei Überstrom (F30001, F6200 nach A6205 = 128), Überspannung (Vdc_max, F30002, F30003, F6200 nach A6205 = 16), Übertemperatur, I2t sind in den jeweiligen Gerätehandbüchern beschrieben.

ACHTUNG

Geräteschaden anderer Netzkomponenten durch Überspannung

Ohne zusätzliche Überwachungen kann die dynamische Netzstützung bewirken, dass auch bei einer vollständigen Trennung eines Teilnetzes vom Verbundnetz (unbeabsichtigte Inselnetzbildung) der taktende Betrieb des Active Line Module in dem abgetrennten Teilnetz aufrechterhalten wird.

Insbesondere verhindern die im Hinweis zuvor genannten Abschaltbedingungen für den Umrichter-Eigenschutz **nicht**, dass bei hochohmigem Netzfehler AC-Überspannungen und Frequenzänderungen im gebildeten Restnetz entstehen, die möglicherweise zu Störung oder Beschädigung anderer Netzkomponenten innerhalb des Teilnetzes führen.

Bei Aktivierung der dynamischen Netzstützung ist daher mit geeigneten Zusatzmaßnahmen zu gewährleisten, dass die Grenzwerte für Spannung und Frequenz im individuellen Anwendungsfall eingehalten werden.

- Mit der Funktion "Netzüberwachung" stellt das Funktionsmodul bereits intern geeignete Überwachungsmöglichkeiten zur Verfügung. Aktivieren Sie dazu die Netzüberwachung mit p5540ff und parametrieren Sie die Funktion geeignet (siehe Kapitel "Inbetriebnahme Dynamische Netzstützung (Seite 127)").
- Alternativ können Sie den Netz- und Anlagenschutz beispielsweise mit DCC innerhalb der Control Unit, in einer externen Steuerung oder mit einem autarken Schutzsystem realisieren.
- Falls bei einem hochohmigen Netzausfall Resonanzeffekte auftreten (z. B. im Bereich von 1 kHz aufgrund von schwingenden Netzfiltern), so kann diese Schwingung gedämpft werden durch Aktivieren einer Bandsperre für die Reglerausgangs-Spannung (p5200ff).

Unterschied zum Normalbetrieb

Bei Normalbetrieb (ohne dynamische Netzstützung) werden im Falle einer starken Netzstörung (die Schwellen zur Auslösung von A06205 werden überschritten) die Pulse und damit der Hochsetzbetrieb bis zur Netzwiederkehr gesperrt. Eine Einprägung von Wirk- oder Blindstrom ins Netz ist damit während der Störung nicht möglich.

Durch Auswerten des Warnbits r3405.2 oder Umparametrieren der Warnung A06205 in eine Störung ist damit bei Netzstörungen auch eine schnelle Sicherheitsabschaltung möglich.

Unterstützung von erhöhtem Blindstrom mit Active Line Modules der Bauform Chassis

Mit einer optional bestellbaren Ersatzteil-IPD und der SINAMICS Firmware-Version V5.2 HF2 oder höher ist es möglich, die Blindstromgrenze bei der Verwendung des Funktionsmoduls "Dynamische Netzstützung" (Funktion S01) auf bis zu 150 % des Leistungsteilnennstroms zu erweitern. Insbesondere bei Applikationen mit dynamischer Netzstützung kann bei Netzfehlern (Überspannung oder Unterspannung) ein größerer Blindstrom bereitgestellt werden. Ohne die spezielle Ersatzteil-IPD ist der Blindstrom in dynamischer Netzstützung auf den Nennstrom limitiert.

Für nähere Informationen hierzu wenden Sie sich bitte an die Fachberatung.

5.3.3.2 Netzüberwachung Inselnetzerkennung

Die Funktion "Netzüberwachung Inselnetzerkennung" ermöglicht eine aktive Inselnetzerkennung.

Speist das Energieerzeugungssystem in ein Verbundnetz ein, so kann es geschehen, dass die Verbindung zum Netz unterbrochen wird. Diese Trennung kann sowohl bewusst (z. B. Abwurf eines Teilnetzes wegen Überlastung oder Arbeiten an der Anlage) oder unbewusst geschehen (z. B. plötzliche Leitungsunterbrechung bei Sturm oder Erdarbeiten). Wenn sich zwischen dem Energieerzeugungssystem und der Trennstelle noch Verbraucher befinden, entsteht ein Inselnetz.
Dieses Inselnetz ist ungewollt und instabil aufgrund der fehlenden Netzregelung. Aus Gründen des Personenschutzes und um einen regulären Wiederaufbau des Netzes zu ermöglichen muss das Energieerzeugungssystem die Inselnetzbildung erkennen und die Netzeinspeisung abschalten.

Funktion

Weil die Netzregelung fehlt, führt eine Inselnetzbildung in den meisten Fällen schnell zu einem Verletzen (Über- oder Unterschreiten) der Grenzwerte für Frequenz und Spannung, und wird deshalb bereits durch die Frequenz- und Spannungsüberwachung erkannt. Wenn aber die vom Energieerzeugungssystem erzeugte und die im verbleibenden Inselnetz verbrauchte Leistung zufällig gleich groß sind, bleiben Frequenz- und Spannung innerhalb ihrer Grenzwerte und die Inselnetzbildung wird nicht oder nicht schnell genug erkannt.

Für diese Fälle wird eine aktive Inselnetzerkennung wie die "Netzüberwachung Inselnetzerkennung" des Active Line Modules benötigt. Sie arbeitet mit dem "Frequency Shift"-Verfahren, d. h. ist die Funktion aktiviert, so versucht das Active Line Module ständig, die Netzfrequenz aktiv zu verändern. Dies gelingt aber nur in einem Inselnetz, d. h. eine Inselnetzbildung wird immer sicher und schnell erkannt.

Hinweis

Während eines Netzkurzschlusses (r5502.4 = 1) ist die aktive Inselnetzerkennung gesperrt, um das Durchfahren dieser Netzstörung mit Bereitstellung von stützendem Blindstrom zu ermöglichen.

Um dennoch gegebenenfalls bestehende Anforderungen an eine Abschaltung bei Inselnetzbildung zu erfüllen, kann beispielsweise die nachfolgend beschriebene Spannungs-Zeit-Überwachung eingesetzt werden.

5.3.3.3 Spannungs-Zeit-Überwachung

Die Spannungs-Zeit-Überwachung stellt zwei Kennlinien mit jeweils 10 einstellbaren Stützpunkten zum Einstellen der Zeit und des dazugehörenden Spannungswertes zur Verfügung.

Eine Kennlinie dient zur Überwachung der Spannungsüberhöhung (HVRT, High Voltage Ride Through), die andere Kennlinie zur Überwachung des Spannungseinbruches (LVRT: Low Voltage Ride Through).

Ein Überschreiten des so definierten Toleranzbereichs für den Verlauf der Netzspannung wird mit Statusbits und Meldungen signalisiert.

Damit kann die Netzspannung überwacht werden und nach einer Netzstörung entsprechend der Vorgabe des Netzbetreibers reagiert werden.

5.3.3.4 Frequenz-Zeit-Überwachung

Die Frequenz-Zeit-Überwachung stellt zwei Kennlinien mit jeweils 10 einstellbaren Stützpunkten zum Einstellen der Zeit und des dazugehörenden Frequenzwertes zur Verfügung.

Eine Kennlinie dient zur Überwachung der Frequenzüberhöhung (HFRT, High Frequency Ride Through), die andere Kennlinie für die Überwachung der Frequenzunterschreitung (LFRT, Low Frequency Ride Through).

Ein Überschreiten des so definierten Toleranzbereichs für den Verlauf der Frequenz wird mit Statusbits und Meldungen signalisiert.

Damit kann die Netzfrequenz überwacht werden und nach einer Netzstörung entsprechend der Vorgabe des Netzbetreibers reagiert werden.

5.3.3.5 Weitere zuschaltbare Überwachungen

Überwachung zusätzlicher Spannungs-/Frequenzschwellen beim Einschalten bzw. Wiedereinschalten

In einzelnen Netzrichtlinien ist gefordert, dass beim Einschalten bzw. Wiedereinschalten vor der Betriebsfreigabe eine zusätzliche Prüfung der Spannung und / oder der Frequenz erfolgt.

Während der Prüfdauer wird die Einhaltung der Spannungsschwellen und der Frequenzschwellen überwacht.

Für einen regulären Einschaltvorgang wird die Prüfdauer über p5545[6] eingestellt, für den automatischen Wiederanlauf erfolgt die Vorgabe einer eigenen Prüfdauer (p5545[7]).

5.3.4 Funktionsmodul Cosinus Phi-Anzeige

Hintergrund

In der Grundkonfiguration steht beim Active Line Module der geglättete Leistungsfaktor als Anzeigegröße zur Verfügung (r0038).

Der Leistungsfaktor λ ist hierbei definiert als der Quotient

$$\lambda = \frac{|P|}{S}$$

Insbesondere in den Netzanschlussnormen und technischen Richtlinien für Energie-Erzeugungseinheiten wird jedoch eine Auswertung des Verschiebungsfaktors (auch: cosφ) gefordert.

Der Verschiebungsfaktor ist im Unterschied zum Leistungsfaktor definiert als

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S_1}$$

Für die Berechnung der Scheinleistung S_1 (ebenso wie definitionsgemäß für die Wirkleistung) werden die Grundschwingungen von Spannungen und Strömen herangezogen. Sind die Oberschwingungsblindleistung oder die Verzerrungsblindleistung ungleich null, so gilt: $\lambda < \cos\varphi_1$ und der in r0038 angezeigte Leistungsfaktor ist schlechter als der tatsächlich vorhandene cosφ.

Zudem wird in der Regel die Angabe des Verschiebungsfaktors für den Anschlusspunkt der Gesamtanlage gefordert. Dieser Punkt kann sich – beispielsweise bei vorgeschaltetem Transformator – elektrisch von den Anschlussklemmen des Netzfilters unterscheiden, die dem r0038 zugrunde liegen.

Das optional aktivierbare Funktionsmodul "Cosinus Phi-Anzeige" stellt eine flexibel konfigurierbare Berechnung des cosφ-Werts bereit.

Hinweis

Definition Verschiebungsfaktor cosφ

Der Verschiebungsfaktor cosφ ist äquivalent definiert als der Cosinus des Phasenwinkels φ zwischen den Sinus-Schwingungen der Spannung und des Stromes derselben Frequenz. Zur genaueren Bezeichnung wird daher ein Index entsprechend der jeweiligen Frequenz bzw. Ordnungszahl hinzugefügt.
Da mit dem VSM10 die Spannungen und Ströme gemessen werden können, werden diese Größen (und nicht Leistungen) als Eingangssignale für die cosφ-Anzeige genutzt.

Vorzeichen-Festlegung

Hinweis

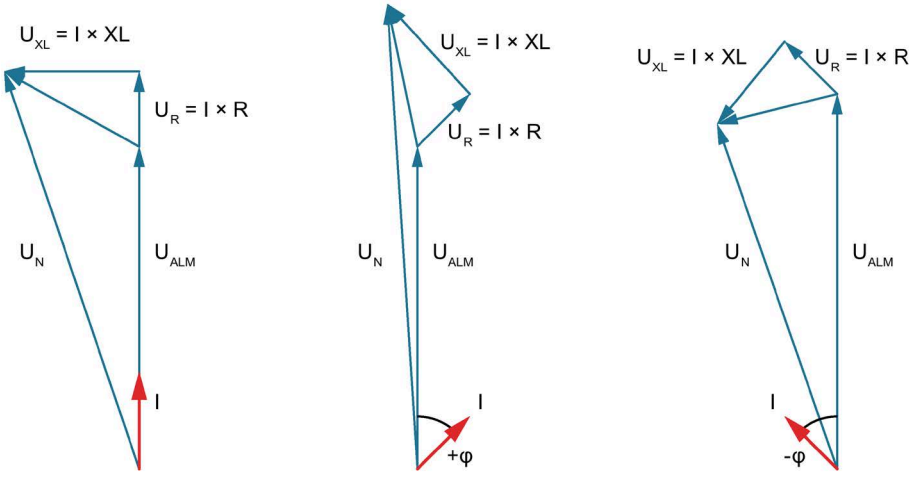
Vorzeichen-Festlegung

Die Vorzeichen-Festlegung als Erzeuger stimmt mit der Verwendung in Netznormen überein (z. B. VDE-AR-4105).

- Bei untererregtem Betrieb (negativer Blindstrom: r0076 < 0) gilt: Kleinere Ausgangsspannung bzw. nacheilender Strom wird mit positivem Vorzeichen gekennzeichnet.
- Bei übererregtem Betrieb (positiver Blindstrom: r0076 > 0) gilt: Größere Ausgangsspannung bzw. voreilender Strom wird mit negativem Vorzeichen gekennzeichnet.

Die Drehrichtung ist gegen den Uhrzeigersinn festgelegt.

- positives cosφ bedeutet induktive Blindleistung
- negatives cosφ bedeutet kapazitive Blindleistung



φ = 1: rein ohmsche Last +φ = ohmsch induktive Last -φ = ohmsch kapazitive Last

U_N = Netzspannung am AIM-Eingang

U_{ALM} = Spannung am ALM-Eingang

U_R = Ohmscher Spannungsabfall am AIM

U_{XL} = Induktiver Spannungsabfall am AIM

I = Umrichterstrom

Bild 5-6 Vorzeichen-Festlegung

5.3.5 Funktionsmodul Zusatzregelungen

5.3.5.1 Stromgrenzen

Hintergrund

Mit Hilfe von Stromgrenzen kann das Betriebsverhalten des Active Line Module an die Anforderungen einer Applikation angepasst werden. Es sind Stromgrenzen für verschiedene Stromarten, Betriebszustände und Parametertypen verfügbar.

Dabei gelten folgende Unterscheidungen:

- **Wirkstrom**
  Anteiliger Netzstrom, der sich in Phase mit der Netzspannung befindet und zu einem Wirkleistungsaustausch zwischen einer am Zwischenkreis angeschlossenen Last und dem Netz führt.
- **Blindstrom**
  Anteiliger Netzstrom mit einer Phasenverschiebung von 90° zur Netzspannung. Blindstrom bewirkt einen Spannungsabfall an Netzinduktivitäten und Kapazitäten sowie Verluste in den ohmschen Anteilen der Netzimpedanz. Der Blindstrom trägt jedoch nicht zum Leistungsaustausch zwischen einer am Zwischenkreis angeschlossenen Last und dem Netz bei.
- **Scheinstrom**
  Die vektorielle Summe aus Wirkstrom und Blindstrom führt zum als Scheinstrom bezeichneten Gesamtstrom. Die Limitierung der Stromamplitude in jeder Netzphase entspricht einer Scheinstrom-Begrenzung.
- **Gegensystemstrom**
  Im Fall von unsymmetrischen 3 AC-Strömen (unterschiedliche Amplituden in den Netzphasenzweigen) ist eine mathematische Zerlegung der Ströme in ein mit der Netzspannung synchrones Mitsystem (Grundschwingung von Wirk- und Blindstrom) und einen gegensinnig umlaufenden Stromzeiger (sog. Gegensystem) möglich. Gegensysteme treten beispielsweise bei 2-phasigen Netzeinbrüchen auf und tragen ebenfalls nicht zu Wirkleistungs-Periodenmittelwerten bei, sondern erzeugen Leistungsoberschwingungen mit doppelter Netzfrequenz.

Hinweis

Definition Wirkleistung

Die zwischen Last und Netz ausgetauschte Wirkleistung ist definiert als das Integral des Produkts von Spannung und Strom über eine Netzperiode. Die von der Regelung berechneten Momentanwerte für die Ströme (z. B. r0076, r0078) sind keine Perioden-Mittelwerte, sondern enthalten Oberschwingungsanteile.

Hinweis

Die Grenzen sind in der Netzstatikregelung nicht wirksam.

Hinweis

Die zulässige Blindstromgrenze ist je nach aktiver Betriebsart unterschiedlich.

- In der "Netzstatikregelung" kann der Maximalstrom des Leistungsteils abgerufen werden, genauso wie in normaler Stromregelung.
- In der "Dynamischen Netzstützung" ist der Blindstrom im Standard auf Nennstrom begrenzt.

Siehe auch Kapitel "Dynamische Netzstützung (Seite 40)" und Kapitel "Blind- und Scheinstrombegrenzung (Seite 137)".

Detailbeschreibungen zu den Funktionsmodulen 6

6.1 Zusatzregelungen für stromgeregelten Betrieb

6.1.1 Hintergrundinformationen

Das folgende Bild zeigt die Regelungsstruktur eines Netz-Wechselrichters für die Energieeinspeisung in Verbundnetze zusammen mit einer typischen Anlagenkonfiguration. Grau markiert sind die Funktionsblöcke, die zum Einhalten der weltweit unterschiedlichen Richtlinien für Nieder- und Mittelspannungsnetze ergänzt wurden. Jedoch sei angemerkt, dass die vollständigen Normen nur durch das gesamte Erzeugersystem - z. B. mit einem Antriebsteil - erfüllt werden können, etwa, um bei Netzüberfrequenz die Wirkleistung zu reduzieren.

Die Regelung arbeitet grundsätzlich in netzfrequent rotierenden Wirk-Blind-Koordinaten, Vdc-Regler und Wirkstromregler bilden eine Kaskadenstruktur. Mit Hilfe eines Drehoperators (Park-Transformation) werden die Ausgangsspannungen von Wirk- und Blindstromregler in Raumzeiger mit stationären αβ-Koordinaten bzw. in Phasenspannungen umgerechnet. Ein PWM-Modulator ermittelt die Schalthandlungen des Netz-Wechselrichters für den nächsten Pulstakt. Der für den Drehoperator benötigte Netzwinkel wird mit Hilfe einer PLL aus den Netzspannungen berechnet.

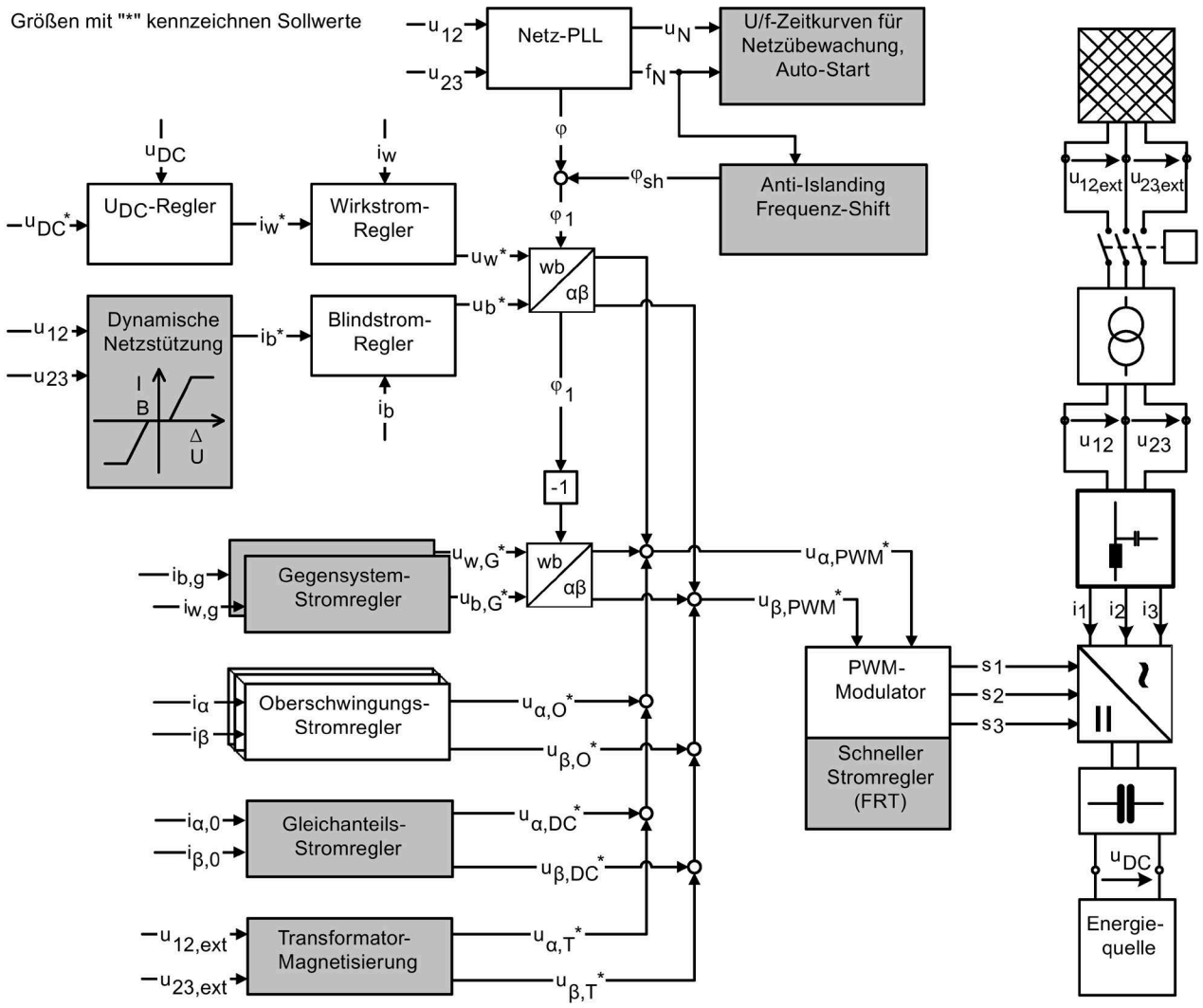


Bild 6-1 Zusatzmodule für stromgeregelten Betrieb

6.1.2 Dynamische Netzstützung

Hintergrund

Eine parametrierbare Kennlinie gestattet – wie in vielen Richtlinien gefordert – die Sollvorgabe eines Blindstroms entsprechend der Abweichung der Netzspannung von ihrem Nennwert. Hintergrund dieser Anforderung ist das induktive Verhalten eines Netz-Wechselrichters, dessen einfachstes Ersatzschaltbild aus der Reihenschaltung einer gesteuerten Spannungsquelle und einer Induktivität L besteht. Unterschiedliche Spannungsbeträge von Netz-Wechselrichter und Netz bewirken einen Stromfluss in der Blind-Achse aufgrund der folgenden Formel:

$I_b = (U_{Netz} - U_{WR})/j\omega L$

Umgekehrt führt ein Blindstrom dementsprechend zu einer Spannungsänderung am Wechselrichter-Ausgang u12, u23.

Die Kennlinie ist so gewählt, dass einer Netzspannungsänderung entgegengewirkt wird und somit ein Beitrag zur Stabilisierung der Netzspannung geleistet wird (Wechselrichter fungiert als Netzstützer).

Anwendung

Voraussetzung für die Nutzung der Funktionalität (p5500 bis p5529) ist die Aktivierung des Funktionsmoduls "Dynamische Netzstützung".

Die Gesamtfunktion umfasst zwei miteinander verkoppelte Teilfunktionen: Zum einen eine Blindstromabgabe entsprechend der mit p5505 und p5506 definierten Kennlinie, die gemäß den Anforderungen des lokalen Netzbetreibers konfiguriert werden kann. Zum anderen die Einstellungen zur schnellen Strombegrenzung beim Durchfahren von tiefen und ggf. unsymmetrischen Netzeinbrüchen (FRT).

Durch Angabe der Signalquellen für Netzstrom (p5503) und Netzspannung (p5504) kann die Netzstütz-Funktion für verschiedene Anschlusspunkte der Energieerzeugungsanlage konfiguriert werden. Insbesondere kann auch ein Verknüpfungspunkt auf der Netzseite eines Anschlusstransformators gewählt werden.

Es wird empfohlen, das Konfigurationsbit für die Berechnung des Gegensystems in der Voreinstellung zu belassen (p5500.3 = 1). Anderenfalls kann insbesondere während einer unsymmetrischen Netzstörung im Allgemeinen keine Stromsymmetrie erreicht werden. Falls während einer Netzstörung keine Wirk- und Blindleistungsabgabe gefordert ist (Z-Mode), kann auch im Modus p5500.3 = 0 ohne Gegensystemregler gearbeitet werden. Dies kann bei schwierigen Netzbedingungen (z. B. weiches Netz) vorteilhaft sein.

Bei Netzspannungseinbruch kann in der Regel nicht mehr die volle verfügbare Wirkleistung in das Netz übertragen werden. Die Zwischenkreisspannung steigt daraufhin an. Abhängig von der Randbedingungen der Applikation kann ein Anstieg bis zur Störabschaltung wegen Überspannung im Zwischenkreis erfolgen, falls auf Seiten der Energiequelle keine Gegenmaßnahmen erfolgen. Um dies zu verhindern und V_{dc} wieder abzusenken, wird bei Erreichen der V_{dc}-Schwelle p5508[0] dem Wirkstrom Vorrang vor dem Blindstromanteil gegeben. Entsprechend kann bei Unterschreiten einer V_{dc}-Schwelle (siehe p5508[1]) gegebenenfalls auch ein motorischer Wirkstrom eingeprägt werden, um eine drohende Abschaltung wegen Unterspannung zu verhindern.

Hinweis

Durch dynamische Begrenzung der Netzströme (siehe z. B. p3524, p3528, p3529, p5520) können abhängig vom Betriebszustand der Netzstützung (r5502, r5522) Anpassungen an spezielle Anforderungen einer einzelnen Netzrichtlinie realisiert werden.

Hinweis

Bei p5500.5 = 1 wird auch ein stationärer Blindstromsollwert begrenzt. Dies ist insbesondere bei kleinen k-Faktoren (bzw. kleinen Steigungen der Stützkennlinie p5506) zu beachten (siehe FP 7996/7997)

6.1.3 Stromgleichanteils-Regler

Hintergrund

Insbesondere für den Einsatz in Energieerzeugungsanlagen wird vom Netzwechselrichter normalerweise die Einhaltung sehr kleiner Grenzwerte für den Gleichanteil der Phasenströme gefordert.

Bereits kleine Stromgleichanteile können beispielsweise den Betrieb von Netztransformatoren negativ beeinflussen ["Verfahren und Vorrichtung zur Ausregelung von Verzerrungen im Magnetisierungsstrom eines Transformators, der mit einem selbstgeführten Stromrichter mit abschaltbaren Leistungshalbleiterschaltern verknüpft ist", EP0896420, B. Weiss, Siemens AG]:

> Eine Gleichstromkomponente in den Phasenströmen verschiebt den magnetischen Arbeitspunkt eines Transformators. Daraus resultiert im Betrieb ein unsymmetrischer Stromverlauf, wobei die Unsymmetrie sehr stark von der Amplitude der Verschiebung abhängt. Wird ein Transformator bei Nennspannung betrieben, wird er im Normalfall magnetisch sehr hoch ausgenutzt, das heißt, der Magnetisierungsstrom weist bereits sichtbare, symmetrische Verzerrungen auf. Diese Verzerrungen sind symmetrisch und verursachen nur ungeradzahlige Oberschwingungen. Steht am Transformator eine Gleichstromkomponente an, so können bereits sehr kleine Gleichstromamplituden zu sehr großen Verzerrungen im Magnetisierungsstrom führen. Die Grenzwerte für Gleichanteile dürfen bei modernen Transformatoren nur Promille des Nennwechselstromes erreichen. Diese Verzerrungen gehen dann nicht mehr im meist sehr viel größeren Primärstrom unter, sondern erzeugen sehr große Magnetisierungsstromspitzen, die sich dann auch im Primärstromverlauf sichtbar auswirken. Die Auswirkungen reichen von Geräuschentwicklung aufgrund der elektromagnetischen Stromkräfte, über geradzahlige Oberschwingungen der Ausgangsspannung bis hin zu Isolationsfehlern aufgrund der resultierenden hohen Spannungsspitzen an Widerständen bzw. Induktivitäten.

Bereits der reguläre Wirk- und Blindstromregler reduziert über seinen Proportional-Zweig die Gleichanteile in den AC-Strömen erheblich und gewährleistet den sicheren und problemlosen Betrieb an Stromrichter-Transformatoren.

Um darüber hinaus die Anforderungen von Einspeise-Netzrichtlinien auch ohne Anschluss-Transformator zu erfüllen, steht ein dedizierter Zusatzregler für die Ausregelung einer verbleibenden Gleichkomponente zur Verfügung.

Eine Gleichkomponente in den Phasenströmen darf im Übrigen nicht verwechselt werden mit einer sogenannten Nullkomponente aus der Zerlegung des Drehstroms in symmetrische Komponenten. Bei letzterer handelt es sich nicht um einen Gleichanteil bei Mittelwertbildung über eine Netzperiode (in einem einzelnen Leiter), sondern um einen Stromanteil, der phasengleich in allen 3 Leitern fließt und seinen Rückweg z. B. über einen Erdleiter findet.

Anwendung

Voraussetzung für die Nutzung des Gleichanteilsreglers (p3648 bis p3654) ist die Aktivierung des Funktionsmoduls "Netztransformator".

Der Regler wird über eine Wahl der Proportionalverstärkung p3650 > 0 eingeschaltet. Der Wert p3650 = 100 % entspricht der empfohlenen Voreinstellung bei korrekter gesetzter Hauptinduktivität des Transformators (p5492).

Falls die Hauptinduktivität des Transformators nicht bekannt ist (Typenschild, Datenblatt), kann auch eine Messung dieser Hauptinduktivität durchgeführt werden (p5480 = 11). Dabei ist zu beachten, dass das Identifikationsergebnis r5491 insbesondere bei Transformatoren mit kleinem Magnetisierungsstrom (großer Hauptinduktivität L_H) sehr empfindlich gegenüber Störgrößen ist. Die Zuverlässigkeit der L_H-Bestimmung kann durch eine separate Erfassung der Filterströme mit einem VSM10 (r3671, r3672) verbessert werden. Dazu muss die Filterüberwachung mit p3678 > 0 aktiviert sein.

Bestehen Zweifel hinsichtlich der Gültigkeit der eingestellten Hauptinduktivität p5492, so wird empfohlen, die Verstärkung des Gleichanteilsreglers tendenziell klein zu wählen (z. B. p3650 = 30 %), um Instabilitäten zu vermeiden.

Hinweis

Die Gleichanteils-Regelung erhöht die Rechenlast und reduziert die Robustheit der Regelung, da zusätzliche Eigenschwingungen entstehen. Die Regelung sollte daher nur bei Bedarf aktiviert werden.

Hinweis

Die Gleichanteils-Regelung (p3650) arbeitet im stromgeregelten Betrieb und während einer Transformatormagnetisierung. Bei Netzstatik-Betrieb (p5401[0] = 1) ist die Gleichanteils-Regelung (p5436) der Netzstatik aktiv.

6.1.4 Gegensystem-Stromregler

Hintergrund

In einigen Netzrichtlinien (Grid-Codes) wird auch im Fall unsymmetrischer Netzstörungen bzw. Spannungseinbrüche das Einprägen von symmetrischen Netzströmen gefordert, also gleicher Stromamplitude in allen drei Netzphasen. In Verbindung mit einer schwankenden Netzspannung führt dies zwangsläufig zu einer Leistungsoszillation, für die der Zwischenkreiskondensator als Energiepuffer genutzt wird.

Ausgangspunkt ist eine Strom-Zerlegung in symmetrische Komponenten, wonach jedes 3-Phasen-System auch mit komplexen Amplituden für eine Nullkomponente, ein Mitsystem und ein Gegensystem beschrieben werden kann. Dem Gegensystem entspricht im Zeitbereich ein gegenläufig umlaufender Raumzeiger, also eine Koordinatentransformation mit dem negierten Netzwinkel -φ.

Bei einem Gegensystem-Sollwert "0" moduliert der Regler die Umrichter-Ausgangsspannung mit einem Signalanteil bei doppelter Netzfrequenz derart, dass ein symmetrischer 3-Phasenstrom resultiert. Durch geeignete Vorgabe von Gegensystem-Stromsollwerten könnten bei Bedarf auch einzelne Netzphasen gestützt werden. Im Extremfall gleicher Mit- und Gegensystemsollwerte erreicht man sogar eine stromlose Netzphase.

Anwendung

Im Frequenzspektrum der Phasenströme macht sich ein vorhandenes Gegensystem durch eine Frequenzlinie bei 2-facher Netzfrequenz und ggf. deren Vielfacher bemerkbar. Durch Aktivieren der Gegensystem-Regelung (p3640 = 1) mit Sollwert null (p3641) wird diese Stromunsymmetrie ausgeregelt. Die Verstärkung des Gegensystem-Reglers entspricht dem Verstärkungsfaktor der regulären Mitsystem-Stromregelung und ist daher nicht separat einstellbar. Die Nachstellzeit kann hingegen bei Bedarf angepasst werden (p3639).

Ein von Null verschiedener Sollwert ist in üblichen Anwendungen nicht sinnvoll. Während eines FRT wird ein ggf. nötiger unsymmetrischer Stützstrom intern direkt aufgeschaltet (p5509[8]). In der Voreinstellung der dynamischen Netzstützung mit p5500.3 = 1 wird die Gegensystemregelung automatisch aktiviert, um auch bei 2-phasigen Netzstörungen die Stromsymmetrie zu gewährleisten.

Ein Gegensystem in Netzspannung oder Netzstrom ist mit einer Leistungspulsation verbunden, die zu entsprechenden Schwingungen der Zwischenkreisspannung führt. Um dennoch den eigentlich entscheidenden Mittelwert der Zwischenkreisspannung weiterhin dynamisch zu regeln, wird V_{dc} mit Hilfe einer einstellbaren Bandsperre geeignet gefiltert (p3645).

Hinweis

Die Gegensystem-Regelung erhöht die Rechenlast und reduziert die Robustheit der Regelung, da zusätzliche Eigenschwingungen entstehen. Die Regelung sollte daher nur bei Bedarf aktiviert werden.

6.1.5 Netzfreundliche Transformator-Magnetisierung

Hintergrund

Liegt der Anlagen-Anschlusspunkt auf der Primärseite eines Transformators, so ist beim Zuschalten eine Form der Transformator-Vorladung notwendig, um unerlaubte Inrush-Ströme und Netzflicker zu vermeiden. Der Funktionsblock nutzt die im Zwischenkreis verfügbare Leistung zum phasenrichtigen Spannungsaufbau an den Transformator-Klemmen. Der Hauptschalter kann danach nahezu stromlos geschlossen werden.

Anwendung

Die Angabe angepasster Transformatordaten (p5436, p5492) ist nötig, falls das Transformatormodell (r5497, r5498) beispielsweise für eine Spannungsregelung genutzt wird oder ein Strom-Gleichanteilsregler aktiv ist (p3650 oder p5436). Für eine bloße Transformator-Magnetisierung ist keine Transformatordaten-Identifikation erforderlich.
Die Transformatorparameter (p5436, p5492) sind für die jeweilige Active Line Module-Leistung passend vorbelegt. Falls keine sinnvollen Daten verfügbar sind oder gemessen werden können (siehe auch Abschnitt "Stromgleichanteils-Regler"), so wird empfohlen, die voreingestellten Werte zu belassen.

Falls die Vorladeschaltung einer Applikation nur eine geringe Zwischenkreisspannung erzeugt, die nicht für eine volle Magnetisierung des Transformators ausreicht (Aussteuergrad r0074 in Begrenzung), so kann der Zielwert für die Magnetisierung reduziert werden (p5494[0]). Die notwendige Restmagnetisierung erzeugt beim Schließen des Netzschützes dann lediglich einen relativ kleinen und üblicherweise zulässigen Nachlade-Stromstoß. Typische Anzeichen einer zu geringen V_{dc} sind hohe Phasenströme aufgrund eines Betriebs mit Übersteuerung (r0074 > 100 %).

Die maximale Stromaufnahme während der Magnetisierung kann überwacht werden, um eine Überlastung der Vorladeschaltung zu vermeiden (p5494[1]). Damit kann beispielsweise der Magnetisierungsversuch eines versehentlich geerdeten Transformators rechtzeitig abgebrochen werden.

Der Status wird in r5482 und r5499 angezeigt.
Falls kein Transformator vorhanden ist, kann ein 1:1-Transformator parametriert werden (um dennoch andere Funktionen wie der Gleichanteilsregler u.a. zu nutzen).

Insbesondere bei Transformatoren mit kleinem Magnetisierungsstrom oder bei langen Zeitdauern für die Magnetisierung wird eine Strom-Gleichanteilsregelung während der Magnetisierung benötigt (p3650).
Siehe auch Kapitel "Stromgleichanteils-Regler (Seite 54)" und "Stromgleichanteils-Regler (Seite 66)".

6.2 Regelungen für den Netzstatik-Betrieb

6.2.1 Hintergrundinformationen

Das nachfolgende Bild zeigt den prinzipiellen modularen Aufbau eines Erzeugungssystems auf Basis kinetischer Energie mit Generator, Umrichtersystem, Netzfilter zur normgerechten Reduzierung der pulsfrequenten Netzrückwirkungen und Netztransformator. Durch das Stellen von Betrag und Winkel der Ausgangsspannung besitzen Wechselrichter mit 3-Leiter-Anschluss ohne interne Energiespeicher (z. B. B6-Brücken) grundsätzlich die Fähigkeit zur Regelung zweier unabhängiger Größen. Diese werden auf Generatorseite z. B. mit Hilfe unterlagerter Stromregelungen in dq-Koordinaten für die Fluss- und die Drehmoment/Drehzahl-Regelung genutzt. Für die Netzseite werden die Ströme hier entsprechend in Wirk- und Blindachse unterschieden; die Wirkstromregelung dient dem überlagerten Vdc-Regler. Mit Hilfe des Blindstromreglers kann ein bestimmter cosφ zum Netz eingestellt werden.

In erster Näherung werden die Netzströme in dieser Konfiguration unabhängig vom Netzzustand und den Netzparametern eingeprägt. Das Erzeugungssystem verhält sich demnach gegenüber dem Netz näherungsweise als eine Stromquelle, deren Leistung nur von der Leistung der Primärenergiequelle abhängt. Dabei folgt der Netz-Wechselrichter fortlaufend der veränderlichen Amplitude und Frequenz der Netzspannung. Dieses Funktionsprinzip setzt ein Netz voraus, das jederzeit die momentane Erzeugerleistung aufnehmen kann sowie für eine Regelung von Amplitude und Frequenz sorgt. Es ist damit für einen Einspeisebetrieb in Verbundnetzen geeignet.

Diese Voraussetzungen sind in einem Inselnetz verletzt, wenn die Erzeugungsanlage einen zu großen Anteil an der Netzgesamtleistung erreicht. Gefordert ist dann das Verhalten einer Spannungsquelle, die die momentan benötigte Verbraucherleistung mit definierter Spannungs-Amplitude und Frequenz bereitstellt. Die beiden Freiheitsgrade des Netz-Wechselrichters werden nun für diese Regelgrößen benötigt. Dementsprechend muss die Zwischenkreisspannung aus einer anderen Quelle (z. B. Wechselrichter mit Generator, Batterie) geregelt und damit ein Gleichgewicht zwischen erzeugter und benötigter Leistung gesichert werden. Ist die Quelle ein Generator mit Wechselrichter, nutzt dieser typischerweise den Vdc-Regler mit Drehmomentregler in Kaskadenstruktur.

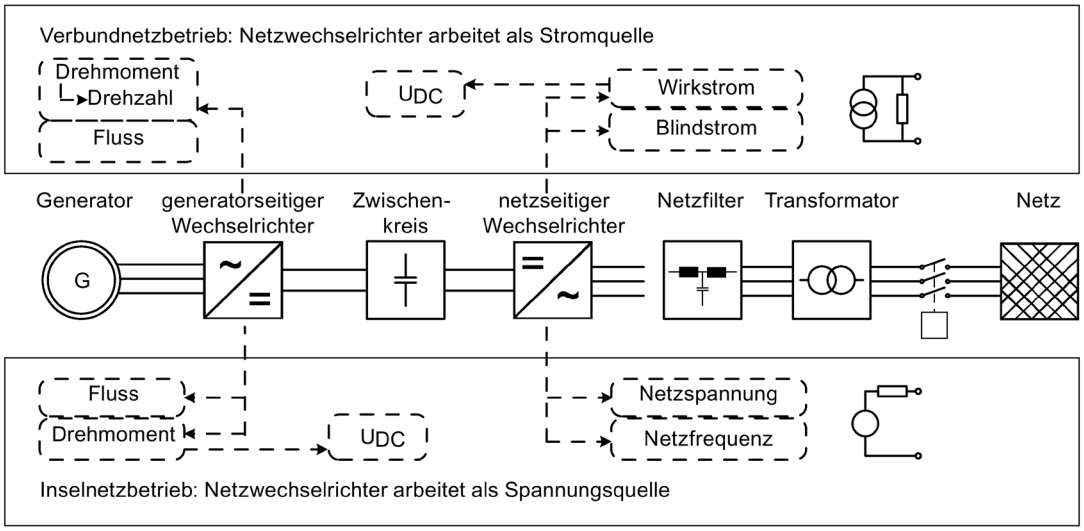


Bild 6-2 Regelungs-Grundkonzept

Überblick

Im Inselnetzbetrieb muss eine Erzeugungsanlage wie beschrieben zur Spannungs- und Frequenzhaltung beitragen (Netzbildner). Eine starre Einprägung von Spannung und Frequenz wäre mit Wechselrichtern zwar denkbar, würde allerdings keinen stabilen gemeinsamen Betrieb mit anderen Erzeugersystemen bei gezielter Lastaufteilung ohne zusätzliche aufwändige Kommunikation zulassen.

Bei hauptsächlich induktiven Netzen (X>>R) folgt aus einer allgemeinen Scheinleistungsbetrachtung für Zweitore zwischen zwei Netzanschlusspunkten, dass eine Änderung des Spannungswinkels bzw. der Frequenz vor allem die ausgetauschte Wirkleistung P beeinflusst, die Amplitude der Spannung hingegen die Blindleistung. Aufgrund der Kommutierungsinduktivitäten der Wechselrichter und dem induktiven Verhalten von Generatoren und vielen Lasten kann die Voraussetzung X>>R in typischen Microgrids als gegeben angenommen werden.

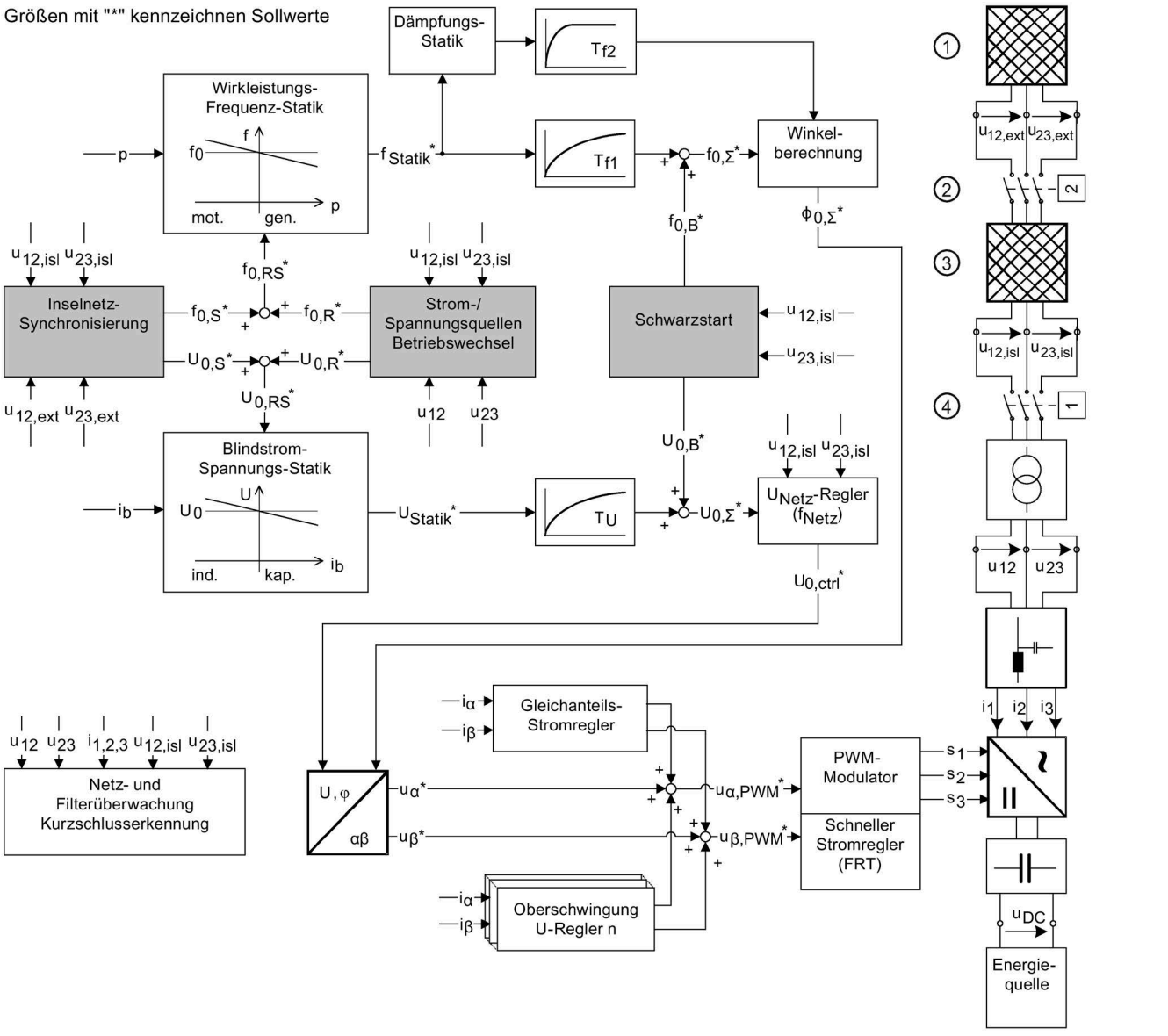
Für die Sollwerte von Frequenz f_{Statik} und Amplitude U_{Statik} der Wechselrichter-Ausgangsspannung werden daher folgende Statik-Kennlinien angesetzt (siehe folgendes Bild):

- $f_{Statik}(t) = f_0 - k_f p(t)$ mit Leerlauffrequenz f_0
- $U_{Statik}(t) = U_0 - k_U i_b(t)$ mit Leerlaufspannung U_0

Statt der Blindleistung wird für die Spannungsstatik-Kennlinie hier der Blindstrom i_b verwendet. Somit wird auch im Falle von Netzspannungseinbrüchen (hoher Blindstrom, geringe Blindleistung) eine sinnvolle Sollwertvorgabe erreicht. Typische Werte für die Kennlinien-Steigungen k_f und k_U liegen bei 3 %, sind jedoch stark applikationsspezifisch.

Mit Hilfe einer Glättung der Statik-Ausgänge wird das Verhalten rotierender Maschinen soweit nachgebildet, dass bei einer gemischten Erzeugung aus Generatoren und Wechselrichter eine stabile stationäre Netzbildung sowie ein gewünschtes Übergangsverhalten bei Lastsprüngen im Netz erreicht wird. Die Zeitkonstante T_{f1} in der Frequenzachse entspricht der mechanischen Trägheit eines Generators. Je größer T_{f1}, desto kleiner die Frequenzänderung zu Beginn eines Belastungssprungs und desto mehr Leistung muss zunächst das Wechselrichter-System erbringen. Mit einer schnellen Zusatzstatik T_{f2} kann

eine temporäre Frequenzänderung realisiert werden, um derartige Leistungsspitzen zu vermeiden. Daraus resultiert ein Dämpfungseffekt, der einem Pendeln der Leistung im Netz entgegen wirkt. Mit Hilfe der Zeit T_U für die Spannungsachse kann das Wechselrichter-System den Generator-Induktivitäten im Inselnetz angepasst werden. Ein nachgeordneter Spannungsregler sorgt für stationäre Genauigkeit der Spannungsamplitude an den Anschlussklemmen und kompensiert somit die Impedanz des Wechselrichter-Erzeugungssystems.



① Externes Netz
② Trennschalter zum externen Netz
③ Inselnetz
④ Trennschalter zum Inselnetz

Bild 6-3 Netzstatikregelung

Die Statikkennlinien $f_{Statik}(t)$ und $U_{Statik}(t)$ stellen Proportionalregler für die Regelung eines Leistungsgleichgewichts zwischen den Erzeugern eines Microgrids dar und führen offensichtlich zu leistungsabhängigen und bleibenden Abweichungen der f- und U-Sollwerte. Die notwendige Nachregelung von f_0 und U_0, um nach Laständerungen zu den f-U-Nennwerten zurückzukehren, ist nicht Teil der hier gezeigten Regelung, sondern Aufgabe eines übergeordneten Power-Management-Systems.

Im Netzbildnerbetrieb sind die Ströme durch die Last bestimmt. Oberschwingungsbehaftete Ströme – z. B. aufgrund nichtlinearer Verbraucher – erzeugen entsprechende Spannungsabfälle zwischen Wechselrichter und Netzanschlusspunkt, die mit Hilfe einer Oberschwingungsregelung der Ausgangsspannung reduziert werden können. Parallel dazu unterdrückt ein Gleichanteilsregler mögliche Fehler-Gleichanteile in den Phasenspannungen, die sonst zu Transformator-Sättigungseffekten und Leistungsoszillationen im Netz führen würden.

Die Bereitstellung hoher Kurzschlussströme zur Klärung von Netzstörungen (Auslösen von Sicherungen) ist eine weitere wichtige Anforderung an Erzeugersysteme. Ein schneller Stromregler ermöglicht hierbei das stabile Durchfahren (FRT) von (un-)symmetrischen Netzstörungen im Alleinbetrieb oder zusammen mit anderen Quellen. Nach einer Kurzschlussklärung wird ohne zusätzliche Kommunikationsmittel die Resynchronisierung der Erzeuger durchgeführt. Bei dauerhaften Netzstörungen schaltet eine Netzüberwachung nach definierter Zeit ab und verhindert zudem die Aufrechterhaltung von Kurzschlussströmen bei internen Anlagenfehlern.

Für einen Einsatz in Microgrids müssen neben Verbundnetz- und Inselnetzmodus auch alle denkbaren Betriebswechsel unterstützt werden (Bild oben, grau markiert).

- **Schwarzstart**
  Diese Funktion bezeichnet den Aufbau der Inselnetzspannung u_{12isl}, u_{23isl} ausgehend von Spannung Null bei geöffnetem Trennschalter 2 zum externen Netz.
- **Inselnetz-Synchronisierung**
  Dieser Funktionsblock passt im laufenden Betrieb Amplitude, Frequenz und Phasenlage der Inselnetzspannung an ein externes Netz u_{12ext}, u_{23ext} an. Anschließend kann der Trennschalter 2 nahezu stromlos geschlossen werden und – koordiniert durch ein übergeordnetes Managementsystem – ein Leistungsaustausch zwischen Microgrid und Stromnetz stattfinden.
- **Betriebsmodus-Wechsel**
  Auch bei geöffnetem Trennschalter 2 kann es sinnvoll sein, eine Erzeugungsanlage vom Spannungsquellen-Betrieb in den stromeinprägenden Modus zu setzen. Dies gilt beispielsweise, wenn eine ausreichende Zahl von Netzbildnern aktiv ist, so dass einzelne regenerative Erzeuger mit maximaler Leistung als Stromquelle arbeiten können.

6.2.2 U-f-Statikregelung

Hintergrund

Der Lastausgleich zwischen den Erzeugereinheiten im Netz, der für einen stabilen Betrieb an einem Arbeitspunkt mit gemeinsamer Frequenz und Amplitude nötig ist, erfolgt bevorzugt mit Hilfe sogenannter Statikkennlinien (siehe folgende Bilder). Die Statik kann auch Glättungsglieder (PT1) umfassen, um eine Anpassung an die vorliegenden Zeitkonstanten des jeweiligen Netzes zu ermöglichen. Beispielsweise sinkt die Frequenz eines Erzeugers mit zunehmender Abgabeleistung.

Jeder Energieerzeuger im Netz, der zu Frequenz- und Spannungshaltung aktiv beiträgt, ermittelt mit Hilfe dieser Kennlinien seine aktuellen Sollwerte für Ausgabespannung und Frequenz. Im Falle von konventionellen Kraftwerken wäre dies mit der sogenannten Primärregelung vergleichbar. Besitzen beispielsweise alle Erzeugereinheiten die gleiche Nennleistung und die gleichen Kennlinien, so ergibt sich ein f-U-Arbeitspunkt im Netz, an dem alle Erzeuger die gleiche Leistung zur erforderlichen Gesamtlast beitragen. Es resultiert also eine symmetrische Lastaufteilung ohne weitere Kommunikation der Erzeuger untereinander.

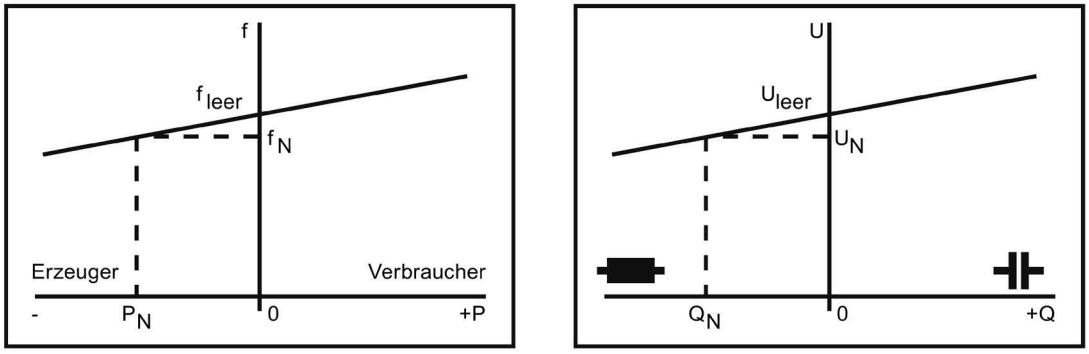


Bild 6-4 Wirkleistungsstatik-Kennlinie und Blindleistungsstatik-Kennlinie für Frequenz und Spannung

Die Wirkungsweise sei an einem einfachen Beispiel für die Wirkleistungskennlinie mit 2 Erzeugern und einer Verbraucherlast P_V erklärt (folgende Abbildung): Für die Ausgangsfrequenz des ersten und zweiten Erzeugers gilt mit k_1 und k_2 als Kennliniensteigungen und der identisch gewählten Leerlauffrequenz f_0:

$f_{E1} = f_0 + k_1 \times P_1$,.....$f_{E2} = f_0 + k_2 \times P_2$.

Mit der Bedingung für die Leistungssumme $P_1 + P_2 + P_V = 0$ gilt für die Frequenz des zweiten Erzeugers folgende Abhängigkeit von der Leistung des ersten Erzeugers:

$f_{E2} = f_0 + k_2 \times (-P_1 - P_V)$.

Daher kann die Kennlinie des zweiten Erzeugers gespiegelt und um P_V verschoben im P-f-Diagramm des ersten Erzeugers eingetragen werden, um den resultierenden Arbeitspunkt mit der gemeinsamen Frequenz f_A zu veranschaulichen. Der erste Erzeuger übernimmt dabei den Anteil P_{E1} der notwendigen Gesamtleistung.

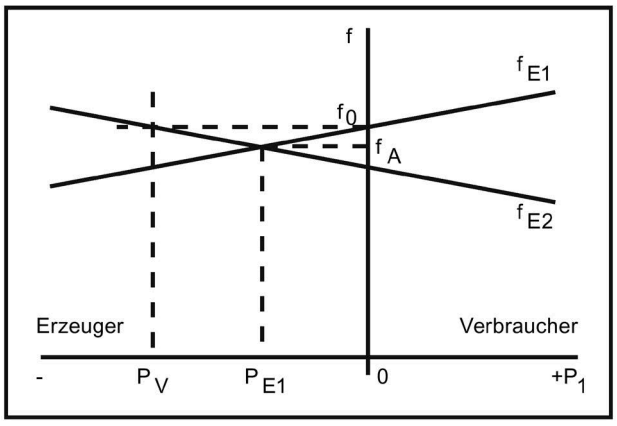


Bild 6-5 Gemeinsamer Arbeitspunkt mehrerer Erzeuger im Netz

Die Primärregelung in Netzen ist typisch eine schnelle P-Regelung, die Regelabweichungen nicht zu null ausregeln kann. Stationäre Genauigkeit wird durch überlagerte langsame Sekundärregelungen erreicht, die z. B. die Leerlaufpunkte der Statikkennlinien so verschieben, dass im Mittel die Netznennfrequenz erreicht wird. Dazu ist unter Umständen auch das manuelle Zuschalten weiterer Erzeuger notwendig.

Anwendung

Voraussetzung für die Nutzung der Funktionalität "U/f Statikregelung" (p5400 bis p5479) ist die Aktivierung des Funktionsmodul "Netzstatikregelung".

- Die für die Anwendung geeigneten Statik-Einstellungen für Leerlauffrequenz p5405, Leerlaufspannung p5415 sowie die Steigungen der Kennlinien (p5407, p5417) müssen vorgegeben werden. In einem Netz mit mehreren Erzeugern kann diese Aufgabe beispielsweise ein Energiemanagement für das Inselnetz übernehmen. Dazu stehen auch BiCo-Signalsenken für synchrone Sollwertvorgaben zur Verfügung.
  Wird ein Inselnetz mit nur einer Erzeugereinheit betrieben, so kann die Steigung der Statik-Kennlinien auch zu 0 gesetzt werden.
  Typische Steigungswerte bei Betrieb mit mehreren Erzeugern liegen im Bereich um 3 %. Zu große Steigungen bewirken große Schwankungen von Frequenz und Spannung. Dies kann insbesondere dann zu Stabilitätsproblemen im Netz führen, wenn weitere selbstgeführte Wechselrichter im stromgeregelten Modus an diesem Netz betrieben werden, da diese den Netzschwankungen nicht ausreichend schnell folgen können.
- Mit den Signalsenken p5403 und p5404 werden die Istwerte für Netzstrom und Spannung festgelegt, die für die Berechnung der Statik-Eingangsgrößen – also Wirkleistung und Blindstrom – verwendet werden. Die Ausgangsgröße der Spannungs-Statik ist die Spannung an den Klemmen des Wechselrichters. Die Lastströme verursachen Spannungsabfälle an den Impedanzen zwischen Wechselrichter und Anschlusspunkt der Erzeugungsanlage (beispielsweise am Netzfilter und einem vorgeschalteten Transformator). Um diese Spannungsabfälle zu kompensieren und den Spannungssollwert gemäß Statik am gewünschten Verknüpfungspunkt zu stellen, wird der zusätzliche Spannungsregler p5425 verwendet. Die Integrationszeit p5427 des Spannungsreglers wird typisch größer gewählt als die Glättungszeit p5419 der Statikfunktion.

- Der Oberschwingungsgehalt der Ausgangsspannung ist stark abhängig vom Aussteuergrad r0074, also dem Verhältnis der Spannung an den AC-Klemmen des Wechselrichters zur Zwischenkreisspannung. Optimale Netzrückwirkungen ergeben sich bei ca. r0074 = 94 %. Verändert sich die Ausgangsspannung bei konstanter Zwischenkreisspannung, so erhöht sich der Oberschwingungsgehalt. Mit dem Zusatzsollwert r5433 für den Regler der Zwischenkreisspannung (z. B. {VECTOR}p3511 = {ALM}r5433) kann der Oberschwingungsgehalt somit betriebspunktabhängig optimiert werden.
  In der Voreinstellung erfolgt keine Begrenzung des Aussteuergrads. Insbesondere im Übersteuerungsbereich (r0074 > 100 %) können dadurch erhebliche Stromanteile auch bei niedrigen Netzharmonischen entstehen. Eine Begrenzung des Aussteuergrads mit p5432[1] kann dies verhindern. Die Begrenzung der Ausgangsspannung führt im Übersteuerungsfall entsprechend der U-Statik-Kennlinie zu einem erhöhten grundfrequenten Blindstrom.
- Mit Hilfe des Oberschwingungstreglers können speziell bei nichtlinearen Lasten im Netz die – von den Verzerrungsströmen an den Innenimpedanzen der Erzeugungsanlage verursachten – niederen netzfrequenten Harmonischen (insbesondere 5.te und 7.te) der Ausgangsspannung reduziert werden. Die Aktivierung erfolgt über p5440.
- Mit p5401[0] ist ein Wechsel zwischen regulären stromgeregelten Betrieb (dem Active Line Module ist dann meist die Regelung der Zwischenkreisspannung zugeordnet) und dem Statik-Betrieb als Spannungsquelle möglich. Dieser Wechsel kann jederzeit im laufenden Betrieb erfolgen.
  Beim Wechsel von Stromregelung in Netzregelung ist zu beachten, dass die eingestellten Statikparameter zu der momentanen Netzfrequenz und Amplitude passen. Anderenfalls stellen sich entsprechend der Statik hohe Wirk- und Blindleistungen ein.
  Beim Wechsel von Netzregelung nach Stromregelung ist zu beachten, dass während einer Übergangsrampe die Leerlaufpunkte der Statik intern verstellt werden, um den Betriebswechsel nahezu leistungslos durchzuführen. Für diese kurze Übergangszeit müssen also andere Erzeuger des Inselnetzes eventuelle Verbraucherlasten bereitstellen. Generell ist ein solcher Wechsel möglich, falls ein Inselnetz mit einem externen Netz verbunden wurde oder falls andere – genügend leistungsstarke – Erzeugereinheiten die Frequenz- und Spannungshaltung sicherstellen können.
- Mit p5401[1] können bei Bedarf die Statik-Kennlinien freigegeben bzw. gesperrt werden. Bei aktiver Netzregelung (p5401[0] = 1), aber gesperrten Kennlinien, werden die Leerlaufpunkte intern fortlaufend so an das Netz angepasst, dass sich die Erzeugereinheit im Mittel im Leerlauf befindet. Voraussetzung dafür ist wiederum, dass andere Erzeugereinheiten Netzfrequenz und Amplitude regeln. Diese Funktion kann beispielsweise für eine sehr einfache Realisierung eines Hot-Standby der Erzeugungsanlage verwendet werden. Bei einer Netzstörung kann die Anlage dann unterbrechungsfrei die Netzversorgung übernehmen.
  Die Kennliniensperre kann außerdem genutzt werden, um auch ohne korrekt angepasste Statikparameter (Leerlaufpunkte, Steigungen) bereits in den Statik-Betrieb zu wechseln und erst danach die geeigneten Statikeinstellungen vorzunehmen.
- Mit der Aktivierung der Netzregelung muss die V_{dc}-Regelung zwingend durch eine andere Zwischenkreiskomponente erfolgen. Dies kann beispielsweise durch eine Batteriepufferung oder durch Einspeisung aus diversen DC-Quellen geschehen. Typisch für Antriebsanwendungen ist eine V_{dc}-Regelung durch Motor-Wechselrichter. Das Statussignal r5402.0 kann dazu z. B. auf die Sperre des V_{dc}-Reglers p3513 im Vector-DriveObject geführt werden.

Hinweis

Strombegrenzungen (z. B. für Schwerlastanläufe von Antrieben oder Transformator-Zuschaltungen sowie für Netzkurzschlüsse) mittels p5478 sind in Kapitel "Inbetriebnahme Wirk-, Blind und Scheinstrombegrenzung (Seite 136)" beschrieben.

Hinweis

Für den Anwendungsfall "Betrieb am Verbundnetz" gelten grundsätzlich die folgenden Einstellempfehlungen:

- Die Glättungszeiten p5409/p5419 müssen klein genug gewählt werden, z. B. 30 ms.
- Die Steigungen p5407/5417 der Netzstatiken müssen groß genug gewählt werden, z. B. gemäß der Voreinstellung.
- Die dämpfende schnelle Zusatz-Netzstatik p5413 muss aktiv sein, z. B. p5413 = 50 %
- Der automatische Leerlauf mit p5401[1] = 0 setzt zudem voraus, dass die Leerlaufpunkte der Statiken (r5410/r5420) nicht fortlaufend verändert werden (z. B. durch eine Steuerung).

6.2.3 Dämpfung von Leistungspendelungen

Leistungspendelungen und unerwünschte Leistungsspitzen können insbesondere dann auftreten, wenn mehrere Erzeuger im Netz arbeiten.

Beispielsweise übernimmt im Falle eines sprunghaften Wirklastanstiegs im Netz derjenige Erzeuger kurzzeitig den Last-Hauptanteil, dessen Frequenz am höchsten bleibt bzw. den geringsten Einbruch durchführt. Während rotierende Erzeuger (Generatoren) zumindest temporär eine Drehzahlabsenkung erfahren, könnten Wechselrichter die Ausgangsfrequenz auch bei maximalen Laständerungen konstant halten. Dies würde aber unerwünschte Überlastungen der Netzwechselrichter bewirken.
Um während derartiger Laständerungen eine gleichmäßige Leistungsaufteilung zwischen den Erzeugern zu gewährleisten, wird mit den PT1-Gliedern p5409 und p5419 das grundsätzliche zeitliche Übergangsverhalten von rotierenden Maschinen nachgebildet. Je größer diese Zeitkonstanten gewählt werden, desto "steifer" verhält sich das Active Line Module als Energieerzeuger und desto größer werden die Lastspitzen am Active Line Module (während "weichere" Erzeuger im gleichen Netz temporär entlastet werden). Große Werte für p5409 entsprechen also Generatoren mit einem großen Trägheitsmoment bzw. einer großen Schwungmasse. Die Zeitparameter sollten also an das Zeitverhalten der anderen Netzerzeuger angepasst werden.

Leistungspendelungen zwischen Erzeugern können auch ohne Laständerungen durch Netzverbraucher auftreten, wenn die Netzparameter und die Statikeinstellungen zu einem instabilen Arbeitspunkt führen.
Zur Sicherung der Netzstabilität im Falle mehrerer Erzeuger im Inselnetz wird daher dringend die Einstellung mindestens einer Dämpfungsoption für die Statikregelung empfohlen:

- Durch die schnelle Zusatzstatik p5413 wird der Frequenzeinbruch eines Generators über den Sollwert der Netzstatik hinaus nachgebildet, der im Falle eines Lastsprungs auftritt. Dies lässt sich in einen differenzierenden Anteil der Regelung umrechnen und erhöht die Dämpfung im Regelkreis maßgeblich (p5413 = 50 % ... 100 %).
- Alternativ oder bei Bedarf auch zusätzlich kann die Statik-Regelung durch einen expliziten DT1-Zweig ergänzt werden (p5476 = 50 % ... 100 %).

Darüber hinaus wird eine Aktivierung der Zusatzstatik auch bei Verwendung der Netzstatik mit sehr hoher Kurzschlussleistung dringend empfohlen, z. B. bei Verbindung mit dem öffentlichen Netz (p5413 > 30 %).

6.2.4 Stromgleichanteils-Regler

Anwendung

Bezüglich der Hintergrundinformationen sei auf den Abschnitt zu Gleichanteils-Regelung im stromgeregelten Betrieb verwiesen, siehe Kapitel "Stromgleichanteils-Regler (Seite 54)".

Im Gegensatz dazu ist die Gleichanteils-Ausregelung im Netzregelungs-Betrieb jedoch in der Regel zwingend erforderlich, insbesondere wenn Transformatoren im Inselnetz vorhanden sind. (Im stromgeregelten Betrieb sorgt bereits die Grundfrequenz-Stromreglung meist für eine ausreichende Kompensation eines Gleichanteils)

Der Regler wird automatisch voreingestellt. Dabei wird ein Transformator mit typischen Daten und einer Leistung im Größenbereich des Active Line Module angenommen. Falls diese

Annahme nicht erfüllt ist, müssen passende Einstellungen von Trafo-Hauptinduktivität p5492, Gesamtwiderstand p5436 und Regler-Integrationszeit p5437 erfolgen (siehe hierzu auch die Parameterbeschreibungen). Falls Datenblattangaben nicht verfügbar sind, kann die Hauptinduktivität mit Hilfe eines Identifikationsschritts gemessen werden. Dazu wird ebenfalls auf den Abschnitt zu Gleichanteils-Regelung im stromgeregelten Betrieb verwiesen.

Hinweis

Ungeeignete Einstellungen dieses Gleichanteils-Reglers (insbesondere eine zu hohe Reglerverstärkung p5436) können zu einer Instabilität der gesamten Netzregelung führen.

Hinweis

Der Parameter p5436 ist nicht wirksam während der Transformator- Magnetisierung. Um Sättigungseffekte im Transformator während der Magnetisierung zu vermeiden (insbesondere bei großem Aussteuergrad r0074), wird die Aktivierung der Gleichanteils-Regelung über p3650 empfohlen.

6.2.5 Min/Max-Regelung für die Zwischenkreisspannung

Anwendung

Wie in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben, muss im Netzstatik-Betrieb die Zwischenkreisspannung grundsätzlich durch eine andere Komponente bestimmt werden. Dies könnte typischerweise ein Motorwechselrichter (Motor Module) mit Zwischenkreisspannungsregelung (Vector_p3510) sein. Falls diese Zwischenkreisspannungsregelung jedoch nicht in allen Betriebspunkten wirksam ist, z. B. aufgrund von Leistungsgrenzen oder weil nur eine Energieflussrichtung möglich ist (Generator mit Gleichrichter), so muss das Active Line Module auch im Netzstatik-Betrieb die Zwischenkreisspannung stabilisieren. Dazu kann die Min/Max-Regelung für die Zwischenkreisspannung genutzt werden (ALM_p1250). Mit den Parametern ALM_p1241 und ALM_p1245 werden Spannungsschwellen für den Zwischenkreis definiert, bei deren Über- oder Unterschreiten die Regelung aktiv wird. Die Ausgangsleistung des Active Line Module wird dann entsprechend angepasst, indem die Ausgangsfrequenz geändert wird. Offensichtlich kann damit eine Leistungsvorgabe gemäß einer vorgegebenen Frequenzstatik nicht mehr eingehalten werden.

Der Vdc_min-Regler bzw. Vdc_max-Regler für den Netzstatikbetrieb kann prinzipbedingt nur dann korrekt wirksam werden, wenn im Inselnetz weitere Komponenten angeschlossen sind, deren Leistung sich signifikant mit der Netzfrequenz ändert. Beispiele hierfür sind andere Energieerzeuger in einem Betriebspunkt mit ausreichender Reserve für höhere und geringere Leistungsabgabe oder Netzmotoren mit ausreichender Reserve für höhere und geringere Leistungsaufnahme. Andernfalls können bei Überschreiten der Einschaltpegel für Vdc_min-Regler bzw. Vdc_max-Regler schwerwiegende Netzfehler auftreten (Unterfrequenz/Überfrequenz und Unterspannung/Überspannung).

6.3 Zusatzfunktionen

6.3.1 Netzspannungserfassung mit zusätzlichen VSM10

Entsprechend dem Bild 6-3 Netzstatikregelung (Seite 60) sind für viele Anwendungen im Bereich Inselnetzbildung zusätzliche Spannungsmesswerte erforderlich. Zu diesem Zweck unterstützt das Funktionsmodul "Netztransformator" die Auswertung von bis zu 2 zusätzlichen VSM10.

Die Spannungen u12/u23 werden durch das bei Active Interface Modules der Bauform Chassis im Standard enthaltene VSM10 erfasst. Zu beachten ist im Fall einer ALM/AIM-Parallelschaltung, dass jede dieser parallelen Komponenten ein VSM10 enthält, die zu einem gemittelten Messwert verrechnet werden und hier als ein einziges wirksames VSM10 betrachtet werden. Die Verwaltungsparameter hierzu finden sich ab p0140ff. (Für Energieerzeugungs-Anwendungen mit Active Line Modules der Bauform Booksize ist ein VSM10 am Active Interface Module vorgeschrieben.)

Wird die Funktion "Transformator-Magnetisierung" genutzt, müssen die Spannungen $u12_{isl}$/$u23_{isl}$ zwingend mit einem zusätzlichen VSM10 erfasst werden. Für die Netzstatik-Regelung ist der Einsatz dieses VSM10 empfohlen, um eine genaue Einhaltung der Statik-Kennlinien zu gewährleisten. Bei Bedarf kann aber stattdessen auch eine Berechnung der Spannungen durch das Transformator-Modell (r5498) genutzt werden.
Allerdings führen Fehler in den Modellparametern dann zwangsläufig auch zu fehlerhaften Spannungswerten und Abweichungen in der Leistungsverteilung im Inselnetz mit mehreren Erzeugern.
Die Verwaltungsparameter hierzu finden sich ab p0150[0]ff, die VSM-Messwerte stehen in Index 0 der Parameter p5460 zur Verfügung.

Die Spannungen $u12_{ext}$/$u23_{ext}$ müssen zwingend mit einem zusätzlichen VSM10 erfasst werden, wenn die Funktion "Inselnetz-Synchronisierung" genutzt werden soll. Die Verwaltungsparameter hierzu finden sich ab p0150[1]ff, die VSM-Messwerte stehen in Index 1 der Parameter p5460 zur Verfügung.

6.3.2 Transformatormodell und Identifikation

Neben einem Übersetzungsverhältnis besitzen Transformatoren als weitere wesentliche Eigenschaften einen Phasen-Schwenkwinkel, eine Streuinduktivität (erzeugt einen Spannungsabfall) sowie eine Hauptinduktivität, die für den Magnetisierungsstrom und die Einstellung einer Gleichanteilsregelung maßgeblich ist.

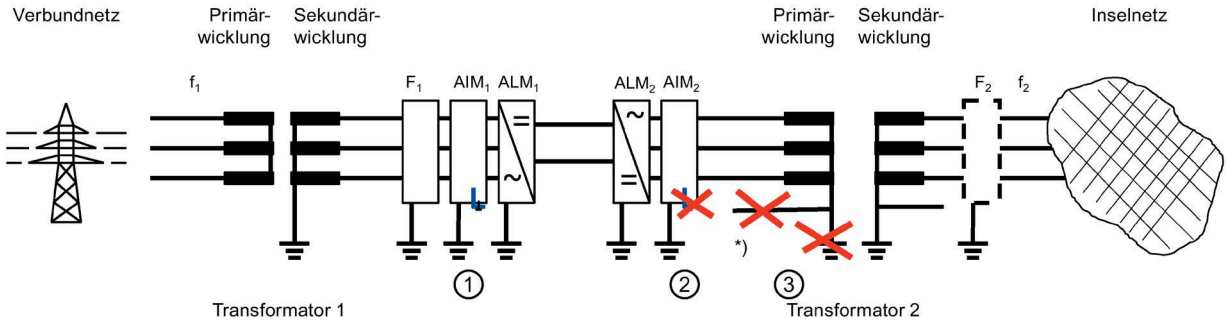
Für die Funktion der Transformator-Magnetisierung sind das genaue Übersetzungsverhältnis und der Schwenkwinkel von Bedeutung. Beide Angaben können dem Datenblatt des Transformators entnommen werden und müssen so genau wie möglich in p6420[0] und p6421[0] eingestellt werden. Mit p5480 = 12 kann dann eine Feinmessung durchgeführt werden (Anzeige in r6440, r6441), um mit optimalen Einstellungen die Ausgleichsströme bei Schließen des Netzschützes zu minimieren (siehe Bild in Kapitel "Inbetriebnahmebeispiel einer Einspeisung mit dynamischer Netzstützung für ein Verbundnetz (Seite 91)").

Mit p5480 = 13 kann zudem in Verbindung mit der Netz-Identifikation p3410 = 1 eine Bestimmung der Transformator-Streuinduktivität (r5489) vorgenommen werden. Zur Wiederholung einer Messung muss p5480 zunächst auf 1 und anschließend wieder auf den Wert 13 gesetzt werden. Die genaue Einstellung von p5490 ist wichtig, wenn für Funktionen wie z. B. der Netzspannungsregelung nicht die transformierten VSM-Messwerte (r5488) der Transformator-Primärseite verwendet werden, sondern mit Hilfe eines Modells berechnete Ergebnisse (r5498).

Für die Funktion der Inselnetz-Synchronisierung müssen die entsprechenden Parameter p6420[1] und p6421[1] für einen Transformator zwischen Inselnetz und externem Netz gesetzt werden. Wenn kein Transformator zwischen Inselnetz und externem Netz vorhanden ist, müssen die Werte aus Index 0 in den Index 1 übertragen werden. Eine automatisierte Messroutine ist hierfür nicht verfügbar. Wichtig ist, dass die Parameter die Spannungsverhältnisse zwischen Active Interface Module und externem Netz beschreiben. Das bedeutet insbesondere, dass im Falle einer Reihenschaltung beider Transformatoren die Schwenkwinkel addiert und die Übersetzungsverhältnisse multipliziert werden müssen.

Mit den Testmodi p5480 = 101, 102 kann der Betrieb der Erzeugungsanlage mit noch geöffneten Leistungsschaltern ohne Verbindung zum Netz geprüft werden.

6.4 Back-to-back-Betrieb von Active Line Modules



f_1 Frequenz des Verbundnetzes

f_2 Frequenz des Inselnetzes

F_1 Netzfilter des Verbundnetzes

F_2 Netzfilter des Inselnetzes

*) Die Erdverbindung darf nicht hergestellt werden.

Bild 6-6 Back-to-Back-Betrieb - Prinzipdarstellung

Back-to-back-Betrieb von Active Line Modules bezeichnet die Verbindung zweier Active Line Modules in einem Zwischenkreis. Dabei wird der Zwischenkreis von einem Active Line Module (ALM_1) gespeist, das ALM_2 erzeugt ein (in Spannung und Frequenz) entkoppeltes Netz. AC-seitig werden die beiden Active Line Modules in zwei getrennten Netzen betrieben. Typische Anwendungen sind die Versorgung von Inselnetzen aus dem öffentlichen Netz sowie der Aufbau von Netz-Kurzkupplungen (z. B. für eine Frequenzumsetzung). Unzulässige Erdverbindungen zwischen den beiden getrennten Netzen (z. B. über kapazitiv geerdete Sternpunkte) führen zu Überströmen, Instabilitäten und Überspannungen, die auch andere Netzkomponenten (z. B. Netzteile) beschädigen können.

Es darf auch keine andere niederohmige Erdverbindung zwischen dem AC-Anschluss des Active Line Module am Inselnetz und der Primärseite eines Inselnetz-Transformators bestehen (z. B. keine Sternpunkterdung). Dies gilt insbesondere auch für kapazitive Anbindungen des PE-Leiters an den Netzsternpunkt. In den meisten Fällen müssen daher die Erdungsbügel der Active Interface Modules (incl. Erdungsbügel des enthaltenen VSM10) im Inselnetz entfernt werden.

Eine typische Konfiguration mit 2 Active Line Modules (erstes Active Line Module am Versorgungsnetz, Zwischenkreis, zweites Active Line Module für Bildung des Inselnetzes) kann daher wie folgt aussehen:

- Netzfilter des ersten Active Line Module (Versorgungsnetz) mit Erdungsbügel im Active Interface Module (①).
- Netzfilter des zweiten Active Line Module (Inselnetz) ohne Erdungsbügel im Active Interface Module (②), incl. Erdungsbügel des enthaltenen VSM10.
- Es darf auch keine andere niederohmige Erdverbindung zwischen dem AC-Anschluss des Active Line Module am Inselnetz und der Primärseite eines Inselnetz-Transformators bestehen (z. B. keine Sternpunkterdung zwischen Active Line Module und Inselnetztransformator, ③).
- Auf der Sekundärseite des Inselnetz-Transformators sind Erdungen des Sternpunkts zulässig (z. B. Sternpunkterdung des Transformators, Anschluss von EMV-Filtern gegen Erde, etc.).

Inbetriebnahme

7

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Funktionen zur dynamischen Netzeinspeisung sowie für Netzeinspeisung beschrieben, und auf die dazu nötigen Parametereinstellungen wurde hingewiesen.

Die sich daraus ergebenden Schritte für die Inbetriebnahme typischer Anlagenkonfigurationen werden im Folgenden anhand von zwei Applikationsbeispielen tabellarisch dargestellt. Anschließend wird auf Einzelaspekte, wie beispielsweise die Einstellung der Transformator-Parameter, separat eingegangen.

7.1 Sicherheitstechnischer Hinweis

⚠WARNUNG

Nichtbeachtung der Grundlegenden Sicherheitshinweise und Restrisiken

Durch Nichtbeachtung der Grundlegenden Sicherheitshinweise und Restrisiken in Kapitel 1 können Unfälle mit schweren Verletzungen oder Tod auftreten.

- Halten Sie die Grundlegenden Sicherheitshinweise ein.
- Berücksichtigen Sie bei der Risikobeurteilung die Restrisiken.

7.2 Voraussetzungen

Hardware

- Control Unit CU320-2 PN oder CU320-2 DP
- Active Line Module:
  - Bauform Booksize mit Artikelnummer ...AA3
  - Bauform Chassis luftgekühlt bzw. flüssigkeitsgekühlt mit Artikelnummer ...AA4 mit zugehörigem Active Interface Module
    (Das Active Interface Module ist in Verbindung mit der Funktion S02 ggf. anzupassen, wenden Sie sich an die Fachberatung)
  - Bauform Chassis wassergekühlt mit Artikelnummer ...AA8 mit zugehörigem Active Interface Module
    (Das Active Interface Module ist in Verbindung mit der Funktion S02 ggf. anzupassen, wenden Sie sich an die Fachberatung)
- Applikationsabhängige Anzahl von Voltage Sensing Modules (VSM10) zur Messung von Spannungen
- Gleichspannungsversorgung des Zwischenkreises, z. B. Motor Module, bei rotierender Energieerzeugung über Generator oder Batterie

Software

- STARTER mit Version 5.2 oder höher
  SSP für SINAMICS V5.2
- SINAMICS S120 Firmware-Version 5.2 oder höher
- Speicherkarte für CU320-2 mit einer der Optionen:
  - Geräte Booksize:
    Lizenzierung entsprechend der Leistung und Applikation
  - Geräte der Bauform Chassis:
    S01: Dynamische Netzstützung zur Energierückspeisung / Einspeisung in ein Verbundnetz
    S02: Netzstatikregelung zur Energierückspeisung / Einspeisung in ein Inselnetz

Anlagenseitig bereitzustellende Hardware

- Transformator
- Netzschütz
- Generator

7.3 Grundinbetriebnahme

Während der Offline-Inbetriebnahme über den STARTER müssen die Einspeisungen anhand ihrer Artikelnummern ausgewählt werden.

7.3.1 Einspeisungen Bauform Chassis

Tabelle 7- 1 Active Line Modules Bauform Chassis, luftgekühlt

Active Line Module	Active Interface Module [1]	Netzanschluss-spannung [2]	Bemessungsstrom	Bemessungsleistung
6SL3330-7TE35-0AA4	6SL3300-7TE35-0AA1	320 ... 480 V	490 A	300 kW
6SL3330-7TE41-0AA4	6SL3300-7TE41-4AA1	320 ... 480 V	985 A	630 kW
6SL3330-7TE41-4AA4	6SL3300-7TE41-4AA1	320 ... 480 V	1405 A	900 kW
6SL3330-7TG41-0AA4	6SL3300-7TG41-3AA1	500 ... 690 V	1025 A	1100 kW
6SL3330-7TG41-3AA4	6SL3300-7TG41-3AA1	500 ... 690 V	1270 A	1400 kW

Tabelle 7- 2 Active Line Modules Bauform Chassis, flüssigkeitsgekühlt

Active Line Module	Active Interface Module [1]	Netzanschluss-spannung [2]	Bemessungsstrom	Bemessungsleistung
6SL3335-7TG35–8AA4	6SL3300-7TG35-8AA1 [3]	500 ... 690 V	575 A	630 kW
6SL3335-7TG41-3AA4	6SL3305-7TG41-3AA5	500 ... 690 V	1270 A	1400 kW
6SL3335-7TG41-6AA4	6SL3305-7TG41-6AA5	500 ... 690 V	1560 A	1700 kW

Tabelle 7- 3 Active Line Modules Bauform Chassis, wassergekühlt für gemeinsame Kühlkreisläufe

Active Line Module	Active Interface Module [1]	Netzanschluss-spannung [2]	Bemessungsstrom	Bemessungsleistung
6SL3335-7TG35-8AA8	6SL3300-7TG35-8AA1 [3]	500 ... 690 V	575 A	630 kW
6SL3335-7TG41-3AA8	6SL3305-7TG41-3AA7	500 ... 690 V	1270 A	1400 kW
6SL3335-7TG41-6AA8	6SL3305-7TG41-6AA7	500 ... 690 V	1560 A	1700 kW

[1] Active Interface Module muss nach Netzanalyse gegebenenfalls angepasst werden.

[2] Bei abweichenden Spannungen wenden Sie sich an die Fachberatung.

[3] Für diese Bemessungsleistung ist nur ein luftgekühltes Active Interface Module verfügbar.

7.3.2 Einspeisungen Bauform Booksize

Tabelle 7- 4 Active Line Modules Bauform Booksize, interne Luftkühlung

Active Line Module	Active Interface Module	Netzanschluss-spannung [1]	Bemessungsstrom	Bemessungsleistung
6SL3130-7TE21-6AA3	6SL3100-0BE21-6AB0	380 ... 480 V	25 A	16 kW
6SL3130-7TE23-6AA3	6SL3100-0BE23-6AB0	380 ... 480 V	55 A	36 kW
6SL3130-7TE25-5AA3	6SL3100-0BE25-5AB0	380 ... 480 V	84 A	55 kW
6SL3130-7TE28-0AA3	6SL3100-0BE28-0AB0	380 ... 480 V	122 A	80 kW
6SL3130-7TE31-2AA3	6SL3100-0BE31-2AB0	380 ... 480 V	182 A	120 kW

Tabelle 7- 5 Active Line Modules Bauform Booksize, Cold-Plate-Kühlung

Active Line Module	Active Interface Module	Netzanschluss-spannung [1]	Bemessungsstrom	Bemessungsleistung
6SL3136-7TE21-6AA3	6SL3100-0BE21-6AB0	380 ... 480 V	25 A	16 kW
6SL3136-7TE23-6AA3	6SL3100-0BE23-6AB0	380 ... 480 V	55 A	36 kW
6SL3136-7TE25-5AA3	6SL3100-0BE25-5AB0	380 ... 480 V	84 A	55 kW
6SL3136-7TE28-0AA3	6SL3100-0BE28-0AB0	380 ... 480 V	122 A	80 kW
6SL3136-7TE31-2AA3	6SL3100-0BE31-2AB0	380 ... 480 V	182 A	120 kW

[1] Bei abweichenden Spannungen wenden Sie sich an die Fachberatung.

7.4 Inbetriebnahmebeispiel einer Einspeisung mit Spannungs- und Frequenzregelung für ein Inselnetz

7.4.1 Aufbau

Generator-Anlage

Als Beispiel wird mit einem drehenden Generator erzeugte elektrische Energie in ein Inselnetz eingespeist. Das Inselnetz kann von mehreren Energieerzeugungsanlagen gespeist werden.

Der Generator wird mit einem Motor oder einer Turbine angetrieben. Als Energiequelle wird z. B. Biogas, Sonnenenergie (Solarthermie), Erdgas, Diesel oder Wasserkraft verwendet.

Übersichtsschaltplan

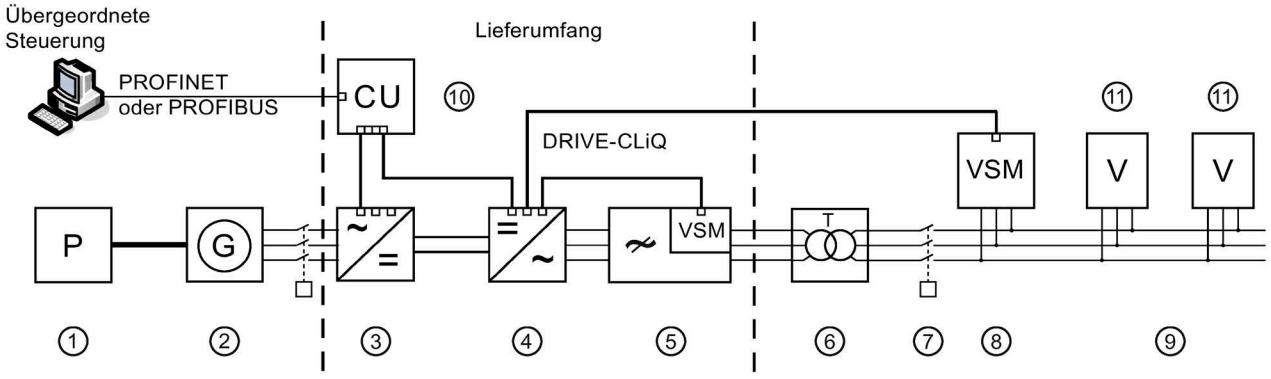


Bild 7-1 Einspeisung in ein Inselnetz über einen Generator

Tabelle 7- 6 Komponenten bei der Einspeisung in ein Inselnetz über einen Generator

Nummer	Beschreibung
1	Antriebsmaschine (Turbine, Schaufelrad, etc.)
2	Generator
3	Motor Module
4	Active Line Module
5	Active Interface Module mit integriertem Voltage Sensing Module VSM10 • bei Geräten der Bauform Chassis ist das VSM10 integriert • bei Geräten der Bauform Booksize muss das VSM10 separat vorzusehen
6	Netztransformator
7	Leistungsschalter
8	Voltage Sensing Module VSM10 zur Messung der Netzspannung auf der Primärseite des Netztransformators
9	Inselnetz (Niederspannung)
10	Control Unit
11	Verbraucher

7.4.2 Allgemeines

Inbetriebnahmeablauf

Mit dem folgenden Ablauf wird die Offline-Inbetriebnahme eines Active Line Modules für ein Inselnetz durchgeführt.
Das Active Line Module soll sich an der Frequenz- und Spannungsregelung des Inselnetzes beteiligen.
Hierbei wird beispielhaft ein Generator zur Energieerzeugung eingesetzt.

1. Projekt anlegen.
2. Antriebsgeräte anlegen.

   Das Antriebsgerät für die Einspeisung ins Netz wird mit INFEED bezeichnet.

   Das Antriebsgerät für die Regelung des Motor Modules (in Vektorregelung) wird mit MOTORINVERTER bezeichnet.
3. Aktivieren der Funktionsmodule auf dem Antriebsgerät MOTORINVERTER:
   - Aktivieren Sie das Funktionsmodul "Technologieregler", bei Bedarf auch das Funktionsmodul "Erweiterte Meldungen/Überwachungen".
   - Stellen Sie die Regelungsart "n-/M-Regelung + U/f-Steuerung, I/f-Steuerung" ein.
4. Aktivieren der Funktionsmodule auf dem Antriebsgerät INFEED (siehe Kapitel "Funktionsmodule für Netzeinspeisung in ein Inselnetz anlegen (Seite 77)").
5. Zusätzliches VSM10 zur Messung der Netzspannung auf der Primärseite des Netztransformators anlegen (Nr. 8).
6. Eventuell zusätzliches VSM10 zur Messung der Verbundnetzspannung für die Funktion "Inselnetz Synchronisierung auf ein externes Netz" anlegen.
   Siehe dazu auch Kapitel "Inselnetz Synchronisierung auf ein externes Netz (Seite 117)".
7. Anpassen der Topologie und der VSM10-Zugehörigkeiten.
8. Zusätzliche Parametereinstellungen in der Expertenliste durchführen.

Dazu muss der Ablauf der einzelnen sequentiellen Schritte zur Identifikation und Einstellung der Transformatordaten beachtet werden (siehe Kapitel "Inbetriebnahme netzfreundliche Transformator-Magnetisierung (Seite 105)").

Für schwache Netze (mit großer Induktivität und geringer Kurzschlussleistung) gelten zusätzliche Einstellempfehlungen (siehe Kapitel "Automatische Anpassung der Regelung an die Netzkurzschlussleistung (Seite 142)").

Hinweis

Inbetriebnahmebeschreibung

Die grundsätzlichen Inbetriebnahmeschritte sind im SINAMICS S120 Inbetriebnahmehandbuch beschrieben.

7.4.3 Funktionsmodule für Netzeinspeisung in ein Inselnetz anlegen

Im Projekt unter "Einspeisungen" auf "INFEED" mit der Rechten Maustaste klicken und dann "Eigenschaften..." wählen.

- In der Lasche "Funktionsmodule" die Module "Netztransformator", "Netzstatikregelung" und nach Bedarf weitere Module auswählen.

Hinweis

Aktivierung der Funktionsmodule durch eine übergeordnete Steuerung

Die Funktionsmodule können auch durch eine übergeordnete Steuerung aktiviert werden. Hierzu muss der Parameter p0009 der Control Unit auf "2" (Festlegung Antriebstyp Funktionsmodul) gesetzt werden. Anschließend können über Parameter p0108[x].y = 1 der Control Unit die einzelnen Funktionsmodule aktiviert werden.
Hierbei muss für den Index "x" die Objektnummer des INFEED eingesetzt werden.
Die Bedeutung der Bits "y" für die Funktionsmodule für Netzeinspeisung ist wie folgt:

- (Bit 03 = Zusatzregelungen)
- Bit 04 = Netztransformator
- (Bit 07 = Dynamische Netzstützung)
- Bit 12 = Netzstatikregelung

Die Aktivierung der Funktionsmodule erfolgt mit p0009 = 0.

7.4.4 Zusätzliches VSM10 anlegen

Wurde das Antriebsgerät mit vollständiger DRIVE-CLiQ-Topologie online mittels automatischer Konfiguration in Betrieb genommen, so sind die VSM10 Module bereits in der Topologie vorhanden. In diesem Fall ist die Anzahl nicht zu ändern, sondern die Zuordnung entsprechend dem folgenden Kapitel zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Vorgehen, falls das Projekt offline zusammengestellt wird

Im Projekt unter "Einspeisungen" unter "INFEED" auf "Konfiguration" doppelklicken, im Konfigurationsfenster auf "Assistent..." klicken.

- In der ersten Maske nichts ändern.
- In der zweiten Maske in der Auswahlbox für "Anzahl VSM:" nach Bedarf auswählen.
  Pro Active Line Module ist ein VSM in der "Anzahl VSM" eingetragen, diese Anzahl muss um 1 erhöht werden, um ein zusätzliches VSM10 anzulegen.
  Trotz ausgegrauter Auswahlbox kann die Anzahl VSM mittels der Pfeiltasten erhöht werden.

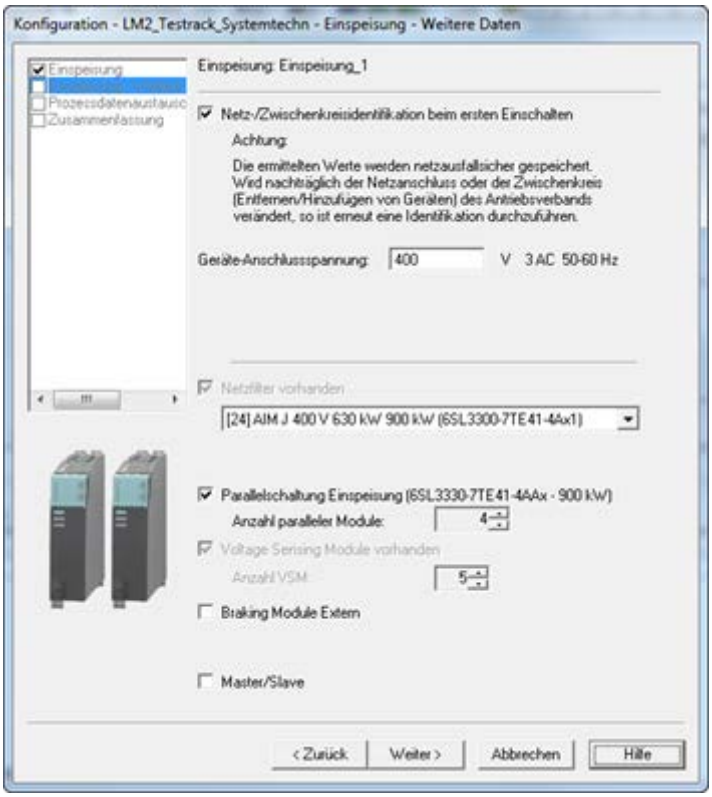


Bild 7-2 Anlegen zusätzlicher VSM10-Baugruppen

- Die weiteren Masken unverändert weiter klicken und den Assistenten beenden.
- Dadurch wird in der Topologie ein zusätzliches VSM10 eingefügt.

7.4.5 Anpassen der Topologie und der VSM10-Zugehörigkeiten

Im Projekt auf "Topologie" doppelklicken, es öffnet sich die Topologieansicht.

Die Topologie sieht nach der bisherigen Inbetriebnahme z. B. folgendermaßen aus:

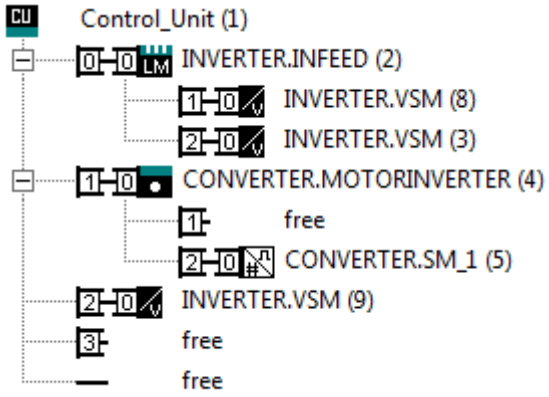


Bild 7-3 Topologie

Die Ziffern rechts neben den Komponenten in Klammern in der Topologieansicht sind die so genannten "Komponentennummer".

- Das VSM10 für die Regelungs-Funktionalität der Einspeisung muss an die DRIVE-CLiQ-Buchse -X402 (Bauform Booksize: -X202) der Einspeisung INFEED angeschlossen sein.
- Das VSM10 für die Synchronisierung auf das Versorgungsnetz (auf der Primärseite des Netztransformators) muss an die DRIVE-CLiQ-Buchse -X401 (Bauform Booksize: -X201) der Einspeisung INFEED angeschlossen sein.
- Das optionale VSM10 für die Synchronisierung auf das externe Netz muss an einer freien DRIVE-CLiQ-Buchse der Control Unit angeschlossen sein.

Die Zuordnungen der im Projekt vorhandenen VSM10-Komponenten müssen über die Expertenliste kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden.
Die folgenden Einstellungen beziehen sich auf die oben gezeigte Topologie.

- Das VSM10 mit der Komponentennummer 3 ist für die Regelungs-Funktionalität der Einspeisung zuständig.
  INFEED.p0140 = 1
  INFEED.p0141[0] = 3
- Das VSM10 mit der Komponentennummer 8 ist für die Synchronisierung der Einspeisung auf das Inselnetz (VSM2-Funktionalität) zuständig.
  INFEED.p0150 = 2
  INFEED.p0151[0] = 8
- Das VSM10 mit der Komponentennummer 9 (nach Bedarf) ist für die Synchronisierung der Einspeisung auf ein externes Netz (VSM3-Funktionalität) zuständig.
  INFEED.p0150 = 2
  INFEED.p0151[1] = 9

Hinweis

Für die VSM2-Funktionalität sind die Parameter p5460[0] ... p5474[0] zuständig.

Für die VSM3-Funktionalität sind die Parameter p5460[1] ... p5474[1] zuständig.

7.4.6 Zusätzliche Parametereinstellungen in der Expertenliste durchführen

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht wichtiger Einstellparameter mit typischen Werten und Hinweisen für den Anwendungsfall Inselnetz.
Diese Übersicht soll als Hilfestellung bei einer Inbetriebnahme dienen. Sie ersetzt nicht die Erläuterungen in den vorangegangenen Kapiteln oder die Parameterbeschreibungen und Funktionspläne im Listenhandbuch.
Abhängig von der Anwendung können somit im Einzelfall auch Änderungen an Parametern nötig sein, die in den Tabellen nicht aufgeführt sind.

Parametereinstellungen für Antriebsgerät "INFEED"

Im Projekt unter "Einspeisungen" auf "INFEED" mit der Rechten Maustaste klicken und dann "Expertenliste" wählen.

Tabelle 7- 7 Parametereinstellungen für Antriebsgerät "INFEED"

Parameter	Wert	Bemerkung
p0210	z. B. 400 V bzw. 690 V	Geräte-Anschlussspannung des Netzstromrichters eintragen Bemessungsspannung an der Erzeugerseite des Transformators / am Anschlusspunkt des Active Interface Module.
p0840[0]	z. B. INFEED.r2090.0	BI: Ein/Aus1 über PROFIdrive PZD1, Bit 0 Einschaltbefehl für Active Line Module, ggf. Beginn der Zwischenkreisvorladung
p0844[0]	z. B. CONTROL_UNIT.r0722.0	BI: 1.AUS2 im CDS 0 über DI0 (-X122.1) der Control Unit Signalsenke für AUS2-Befehl des Active Line Module
p0852[0]	z. B. Festwert 1	BI: Betrieb freigeben Ohne diese Betriebsfreigabe würde das Active Line Module nach p0840 = 1 nach abgeschlossener Vorladung im Zustand Betriebsbereit bleiben. Die Freigabe wird zudem für eine Transformator-Magnetisierung benötigt.
p0860	z. B. CONTROL_UNIT.r0722.1	BI: Netzschütz Rückmeldung Für eine ordnungsgemäße Funktion der Transformator-Magnetisierung muss der Rückmeldekontakt des Leistungsschalters angeschlossen sein. Bei diesem Beispiel erfolgt die Verdrahtung auf Klemme DI1 (-X122.2) der Control Unit.
p0861	z. B. 200 ms [1)]	Netzschütz Überwachungszeit Überwachung Einschaltung/Rückmeldung des Generatorschalters. Der einzustellende Wert ist abhängig von den Schaltzeiten des verwendeten Schalters.
Pulsfrequenzwobbeln		
p1810.2	Ja [1)]	Pulsfrequenz-Wobbeln aktivieren Das Wobbeln der Pulsfrequenz sorgt für eine Verteilung der pulsfrequenten Spannungs- und Stromanteile über einen Frequenzbereich. Dies ist dann sinnvoll, wenn die Störleistung bei einzelnen Frequenzen zwischen 2 kHz und 9 kHz reduziert werden soll. Dies gilt bei Inselnetzen häufig.
p5456.4	Nein [1)]	Wobbelamplitude sperren Mit diesem Bit wird die Wobbelfunktion im Netzstatikbetrieb gesteuert.
p1810.4	Ja [1)]	Wobbelamplitude sperren Je nach verwendetem Filter: bei Standard-Active Interface Module: Ja Mit diesem Bit wird die Wobbelfunktion für den regulären stromgeregelten Betrieb (kein Netzstatikbetrieb) gesteuert. Bei Verwendung von Standard-Active Interface Module wird die Einstellung "Ja" empfohlen.

Parameter	Wert	Bemerkung
p1811	z. B. 5 % [1)]	Pulsfrequenzwobbelung Amplitude Mit einem Einstellwert 5 % werden hinsichtlich der pulsfrequenten Störleistungen die typischen Anforderungen an Inselnetze eingehalten.
Zwischenkreisregelung		
p3410	0	Einspeisung Identifizierungsart – Identifizieren (ID) aus
p3415[0]	10,00 %	Einspeisung Anregungsstrom L-Identifikation – Lauf 1 Amplitude der Messströme für CZK-Identifikation Bei Netzen mit kleiner Kurzschlussleistung wird eine Reduzierung des Messstroms auf 10 % (ggf. bis auf 7 %) empfohlen, um stabilen Netzbetrieb während der Identifikation zu gewährleisten. Siehe auch Kapitel "Automatische Anpassung der Regelung an die Netzkurzschlussleistung (Seite 142)".
p3415[1]	10,00 %	Einspeisung Anregungsstrom L-Identifikation – Lauf 2 Amplitude der Messströme für CZK-Identifikation Bei Netzen mit kleiner Kurzschlussleistung wird eine Reduzierung des Messstroms auf 10 % (ggf. bis auf 7 %) empfohlen, um stabilen Netzbetrieb während der Identifikation zu gewährleisten. Bei Einstellung des gleichen Wertes wie in p3415[0] wird der Lauf 2 verhindert.
p3510	z. B. p0210 * 1,5	Einspeisung Zwischenkreisspannung Sollwert bei 3 AC 690 V Geräten ist das DC 1035 V Im Normalfall sollte der Sollwert nicht kleiner gewählt werden, als das 1,5-fache der Netzspannung, da der Stellbereich für die Stromregelung anderenfalls zu stark begrenzt wird und Stromoberschwingungen entstehen. Nach oben wird der Sollwert durch den maximalen Hochsetzfaktor p3508 begrenzt.
p3560	z. B. 50 %	Einspeisung Vdc-Regler Proportionalverstärkung Hinweis: Einstellung für weiche Netze (geringe Kurzschlussleistung)
p3603	z. B. 0 %	Einspeisung Stromvorsteuerung Faktor D-Anteil kann bei zu schlechter Reglerdynamik bei Laststößen bis auf 50 % erhöht werden. Hinweis: Einstellung für weiche Netze (geringe Kurzschlussleistung)
p3615	z. B. 50 %	Einspeisung Stromregler P-Verstärkung Hinweis: Einstellung für weiche Netze (geringe Kurzschlussleistung)
Generator-Betrieb		
p5401[0]	z. B. INFEED.r2090.1	BI: Netzstatikregelung Aktivierung - Aktivierung Netzregelung über PROFIdrive PZD1, Bit 1 Mit p5401[0] = 1 wechselt das Active Line Module vom stromgeregelten Betrieb in den Betrieb als Spannungsquelle (Netzstatik-Betrieb). Der Strom wird dann nicht mehr eingeprägt, sondern ergibt sich aus der angeschlossenen Last und den Kennlinien für Netzfrequenz und Netzspannung.
p5401[1]	z. B. 1	BI: Netzstatikregelung Aktivierung - Aktivierung Statiksollwerte Mit p5401[1] = 1 sind die Statikkennlinien p5405ff und p5415ff wirksam. Für einen stabilen Erzeugerbetrieb muss die Einstellung der Leerlaufpunkte für Spannung und Frequenz zum aktuellen Arbeitspunkt des Inselnetzes passen (insbesondere die Lastaufteilung zwischen mehreren Erzeugern). Mit p5401[1] = 0 werden die Leerlaufpunkte der Spannungs- und Frequenzstatiken intern so nachgeführt, dass sich im Mittel die Scheinleistung null am Active Line Module ergibt (Parameter p5405/p5406 und p5415/p5416 für die Leerlaufpunkte sind deaktiviert).
p5403[0, 1]	z. B.: p5403[0] = r5497[0] p5403[1] = r5497[1]	CI: Netzstatikregelung Strom Signalquelle Mit diesen Einstellungen wirkt die Netzstatik am Anschlusspunkt des Netztransformators (Hinweise in den Parameterbeschreibungen beachten).
p5404[0, 1]	z. B. p5404[0] = r5488[0] p5404[1] = r5488[1]	CI: Netzstatikregelung Spannung Signalquelle Mit diesen Einstellungen wirkt die Netzstatik am Anschlusspunkt des Netztransformators (Hinweise in den Parameterbeschreibungen beachten).

Parameter	Wert	Bemerkung
p5405	z. B. 100 %	Netzstatikregelung Frequenzstatik Leerlauffrequenz Der geeignete Wert ergibt sich aus den entsprechenden Leerlauffrequenzen der anderen Erzeuger im Inselnetz sowie aus der gewünschten Lastaufteilung.
p5406[0]	z. B. 0 [1)]	Netzstatikregelung Frequenzstatik Zusatzsollwert In Inselnetzen mit mehreren Erzeugern wird die Leerlauffrequenz dynamisch mit Hilfe einer übergeordneten Inselnetzsteuerung an momentane Last- und Erzeugungsbedingungen angepasst.
p5407	z. B. 4 % [1)]	Netzstatikregelung Frequenzstatik Steigung Der geeignete Wert ergibt sich aus den entsprechenden Steigungswerten der anderen Erzeuger im Inselnetz sowie aus der gewünschten Lastaufteilung. Einen sinnvollen Einstellwert liefert im Beispielfall folgendes Vorgehen: Kennliniensteigung des Dieselgenerators messen und p5407 auf denselben Wert einstellen.
p5409	z. B. 150 ms	Netzstatikregelung Frequenzstatik Glättungszeit Andere Erzeuger im Inselnetz müssen ebenfalls eine Frequenzstatik aufweisen, reagieren auf Laständerungen jedoch mit einer spezifischen "Trägheit". Um bei Lastsprüngen im Inselnetz Belastungsspitzen in einzelnen Erzeugern zu vermeiden, sollten zumindest Erzeuger ähnlicher Leistung eine vergleichbare Dynamik aufweisen. Diese Dynamik bei Wirkleistungsänderungen wird mit p5409 eingestellt.
p5413	z. B. 50 %	Netzstatikregelung Zusatz-Frequenzstatik Steigung Die Zusatzstatik bietet eine grundlegende Nachbildung des dynamischen Drehzahleinbruchs bzw. Überschwingens von Generatoren bei Lastsprüngen. Dieses "Nachgeben" der Ausgangsfrequenz durch die Zusatzstatik vermeidet Lastspitzen im Active Line Module und liefert darüber hinaus einen Beitrag zur Dämpfung von Leistungspendelungen im Inselnetz.
p5415	z. B. 100 % [1)]	Netzstatikregelung Spannungsstatik Leerlaufspannung Der geeignete Wert ergibt sich aus den entsprechenden Leerlaufspannungen der anderen Erzeuger im Inselnetz sowie aus der gewünschten Lastaufteilung. Einen sinnvollen Einstellwert liefert im Beispielfall folgendes Vorgehen: Leerlaufspannung des Dieselgenerators messen und im Testbetrieb 2 die Ausgangspannung auf denselben Wert einstellen.
p5416[0]	z. B. 0 [1)]	Netzstatikregelung Spannungsstatik Zusatzsollwert In Inselnetzen mit mehreren Erzeugern wird die Leerlaufspannung dynamisch mit Hilfe einer übergeordneten Inselnetzsteuerung an momentane Last- und Erzeugungsbedingungen angepasst.
p5417	z. B. 4 % [1)]	Netzstatikregelung Spannungsstatik Steigung Der geeignete Wert ergibt sich aus den entsprechenden Steigungswerten der anderen Erzeuger im Inselnetz sowie aus der gewünschten Lastaufteilung. Einen sinnvollen Einstellwert liefert im Beispielfall folgendes Vorgehen: Kennliniensteigung des Dieselgenerators messen und p5417 auf denselben Wert einstellen.
p5419	z. B. 150 ms	Netzstatikregelung Spannungsstatik Glättungszeit Andere Erzeuger im Inselnetz müssen ebenfalls eine Spannungsstatik aufweisen, reagieren auf Laständerungen jedoch mit einer spezifischen "Trägheit". Um bei Lastsprüngen im Inselnetz Belastungsspitzen in einzelnen Erzeugern zu vermeiden, sollten zumindest Erzeuger ähnlicher Leistung eine vergleichbare Dynamik aufweisen. Diese Dynamik bei Blindleistungsänderungen wird mit p5419 eingestellt.
p5425[0, 1]	z. B. r5488[1, 2]	CI: Netzstatikregelung Spannungsregelung Signalquelle Mit der Wahl der Signalquelle für die Spannungsregelung wird festgelegt, für welchen Punkt die Spannungsfehler kompensiert werden (bzw. für welchen Punkt die Spannungsstatik wirken soll). Mit der Beispieleinstellung wird die Klemmenspannung des Active Line Module so nachgeregelt, dass sich am gewählten Messpunkt (hier: VSM2-Spannung am Leistungsschalter) die Sollspannung gemäß Statik einstellt.

Parameter	Wert	Bemerkung
p5426	z. B. 0 %	Netzstatikregelung Spannungsregelung P-Verstärkung Die Spannungsstatik p5415ff liefert den Sollwert für die Ausgangsspannung des Erzeugereinheit. Diese Spannung wird zunächst an den Klemmen des Netzwechselrichters realisiert. Unter Last führen insbesondere die Spannungsabfälle an den Induktivitäten (Kommutierungsdrossel, Transformator) zu entsprechenden Spannungsabweichungen am Anschlusspunkt (z. B. am Leistungsschalter). Die Spannungsregelung dient zur Kompensation dieser Spannungsfehler.
p5427	z. B. 500 ms	Netzstatikregelung Spannungsregelung Integrationszeit Die Spannungsregelung soll stationäre Spannungsfehler vergleichsweise langsam ausregeln. Die Integrationszeitkonstante soll daher größer gewählt werden als die Glättungszeiten der Spannungs- und Frequenzstatik.
5430[1]	z. B. 105 %	Aussteuergradregler Einstellung - Einstellung des maximalen Aussteuergrads. Begrenzung des Aussteuergrades zur Vermeidung von Oberschwingungen in der Ausgangsspannung.
p5432[0, 1]	z. B.: p5432[0] = 50 V p5432[1] = -50 V	Aussteuergradregler Begrenzung Ausgangsspannung Der pulsfrequente Oberschwingungsanteil der Active Line Module-Ausgangsspannung ist abhängig vom Aussteuergrad (Verhältnis von AC-Spannung zu DC-Spannung) und optimal bei r0074 = 94 %. Mit dem Aussteuergradregler kann daher der Sollwert für die Zwischenkreisspannung an die aktuelle AC-Inselnetzspannung angepasst werden. Dabei muss in der jeweiligen Anwendung beachtet werden, ob die Komponente für die Vdc-Regelung (hier: generatorseitiger Wechselrichter) in allen Betriebszuständen für eine entsprechende Änderung der Zwischenkreisspannung geeignet ist (Spannungsreserve der Generatorregelung, Vdc_max-Begrenzung, etc.).
p5436	[1)]	Gleichanteilsregler P-Verstärkung Insbesondere wenn im Inselnetz Transformatoren oder Netzmotoren vorhanden sind, ist die Aktivierung dieser Regelung zur Verhinderung von Gleichanteilen im AC-Strom zwingend erforderlich. Die Reglerparameter sind auf Basis der Active Line Module-Bemessungsdaten voreingestellt (Annahme: Transformatorleistung entspricht in etwa der Active Line Module-Leistung). Abhängig von der Anlage können jedoch Anpassungen erforderlich sein, um einen stabilen Betrieb der Netzstatikregelung zu erreichen. Dazu kann die Identifikation p5480 = 11 der Transformator-Hauptinduktivität p5492 genutzt werden, falls dafür kein Datenblattwert verfügbar ist. Gegebenenfalls muss im Betrieb die Reglerverstärkung p5436 angepasst werden. Dazu den Verlauf der Stromgleichanteile r5448[2, 3] bewerten. Hinweis Der Parameter p5436 ist nicht wirksam während der Transformator-Magnetisierung. Um Sättigungseffekte im Transformator während der Magnetisierung zu vermeiden (insbesondere bei großem Aussteuergrad r0074), wird die Aktivierung der Gleichanteilsregelung über p3650 empfohlen.
p5451	z. B. 1	BI: Stromhystereseregler Betriebsart Mit diesem Parameter wird definiert, ob im Inselnetz das Active Line Module momentan der leistungsstärkste Erzeuger (= 0) ist oder nicht (= 1). Ausschlaggebend ist dabei nicht die Bemessungsleistung der Erzeugereinheit, sondern die Kurzschlussleistung (beispielsweise kann ein nominal kleinerer Dieselgenerator größere Kurschlussströme liefern). Die Betriebsart-Information wird im Active Line Module genutzt, um nach einem Netzkurzschluss eine schnelle und stabile Resynchronisation mit etwaigen weiteren Erzeugereinheiten zu ermöglichen. Beachten Sie auch folgende Beschreibung zu p5478[0, 1].

Parameter	Wert	Bemerkung
p5478[0, 1]	z. B.: Geräte Bauform Chassis: p5478[0] = 90 % p5478[1] = 123 % Geräte Bauform Booksize: p5478[0] = 90 % p5478[1] = 90 %	Netzstatikregelung Stromgrenzen Die Stromgrenzen für stromgeregelten Betrieb (z. B. p3530ff) sind im Netzstatik-Betrieb nicht wirksam, sondern ausschließlich die Scheinstrombegrenzung gemäß p5478. Dabei wird unterschieden zwischen Normalbetrieb (Inselnetzspannung > p5459[2]) und Netzkurzschluss. Eine kleinere Stromgrenze bei Normalbetrieb ist beispielsweise sinnvoll, um Schweranläufe von Motoren im Inselnetz zu ermöglichen. Bei Erreichen der Stromgrenze bricht die Ausgangsspannung so tief ein, dass die Stromgrenze dauerhaft eingehalten wird (und der Motor mit reduzierter Spannung weiter hochläuft).Die Stromgrenze (p5478[0]) gilt auch für den Kurzschlussfall (also Netzspannung < p5459[2], wenn eine stärkere Quelle für Kurzschlussstrom im Inselnetz verfügbar ist (p5451 = 1). Die resultierenden Stromgrenzen in Ampere werden in r5479 angezeigt.
Netztransformator		
p5480	z. B. 1 (Normalbetrieb)	Magnetisierung Trafo Modus Aktivierung Trafomagnetisierung Achtung: Bei deaktivierter Magnetisierung wird der Leistungsschalter bei vorgeladenem Zwischenkreis unabhängig vom Betriebszustand eines gegebenenfalls vorhandenen Transformators angesteuert. Dies kann zu einer Überlastung von Netz- oder Anlagenbauteilen oder auch zu Beschädigungen führen, falls ein Transformator vorhanden ist. Der Einsatz einer externen unabhängigen Synchronisierüberwachung wird empfohlen. Siehe auch nachfolgendes Kapitel zur Transformator-Magnetisierung.
p5481[0]	z. B. 2 s	Magnetisierung Trafo Zeiten: Spannungsrampe Hochlaufzeit Rampenzeit für das Magnetisieren des Transformators
p5481[1]	z. B. 0,7 s [1)]	Magnetisierung Trafo Zeiten: Leistungsschalter Prellzeit Ist die eingestellte Zeit kürzer als die tatsächliche Prellzeit, können mit Pulsfreigabe sehr hohe Ströme und auf Dauer Schäden am Leistungsschalter auftreten. Hinweis: ein dauerhaft anstehendes Rückmeldesignal des Schalters ist kein sicheres Anzeichen für einen abgeschlossenen Schaltvorgang! Hinweis: Wenn beim Zuschalten auf das Netz Probleme auftreten (z. B. Überstrom, Überspannung, Netzausfall F6200), sollte die Prellzeit erhöht werden.
p5483	z. B. 1	BI: Netz Leistungsschalter Freigabe (Einstellung der Signalquelle zum Einschalten des Leistungsschalters nach Hochlauf der Spannungsrampe) Freigabe der Funktion zum Schließen des Leistungsschalters bei angewählter Trafomagnetisierung und Synchronisation. Diese Freigabe kann beispielsweis genutzt werden, um die Erzeugungsanlage netzsynchron im hot-Stand-by zu halten und mit einer steigenden Flanke verzögerungsfrei in Netzbetrieb zu gehen.
p5486[0]	z. B. 400 V	Trafo Bemessungsspannung primär, Einspeisungs-Transformator Eingabe der Inselnetz-Nennspannung (im Anwendungsbeispiel: Bemessungsspannung an den Klemmen des Schalters 7). Aus dem Verhältnis von p0210 und p5486[0] wird intern das Übersetzungsverhältnis des Transformators berechnet.
p5487[0]	z. B. INFEED.r5461[0]	Trafo Primärspannung Signalquelle, Leiterspannung u12 Signaleingang für gemessene Leiter-Leiter-Spannung u12 am Leistungsschalter (7) zur Umrechnung auf Transformator-Sekundärseite am Active Line Module. Die Anzeige des umgerechneten und in Raumzeiger transformierten Spannungswerts erfolgt in r5488[0, 1].

Parameter	Wert	Bemerkung
p5487[1]	z. B. INFEED.r5462[0]	Trafo Primärspannung Signalquelle, Leiterspannung u23 Signaleingang für gemessene Leiter-Leiter-Spannung u23 an Leistungsschalter (7) zur Umrechnung auf Transformator-Sekundärseite am Active Line Module. Die Anzeige des umgerechneten und in Raumzeiger transformierten Spannungswerts erfolgt in r5488[0, 1].
p5490	1)	Trafo Streuinduktivität Übernehmen aus Datenblatt des Transformators oder messen mit Hilfe der Trafo-ID p5480 = 13)
p5492	1)	Trafo Hauptinduktivität Übernehmen aus Datenblatt des Transformators oder messen mit Hilfe der Trafo-ID (p5480 = 11). Hinweise zu r5491 im Listenhandbuch beachten!
r5493	-	CO/BO: Netz Leistungsschalter Ansteuersignale Bit 0: Verdrahtung mit digitalem Ausgang zur Ansteuerung einer externen Zwischenkreis-Vorladung. Eine externe Zwischenkreis-Vorladung ist beispielsweise dann nötig, wenn eine Transformator-Magnetisierung vor dem Verbinden mit einem vorhandenen Netz nötig ist, aber zu diesem Zeitpunkt noch keine Zwischenkreisspannung durch die Energiequelle/den Generator aufgebaut werden kann. Für die Auslegung der externen Vorladung ist zu beachten, dass diese die Verluste im Netzfilter und im Transformator während der Magnetisierung decken muss (siehe Funktionsplan FP7990).
p5494[0]	z. B. 93 %	Magnetisierung Skalierungswerte Der Einstellparameter legt fest, auf welchem Prozentsatz der Bemessungsspannung die Transformator-Magnetisierung erfolgen. Der Idealwert von 100 % ist in der Praxis in der Regel nicht erforderlich, da eine kleine sprunghafte Restmagnetisierung beim Schließen des Schalters keine unzulässigen Einschwingströme hervorruft. Eine reduzierte Magnetisierung kann insbesondere im Fall einer externen Zwischenkreis-Vorladung über eine separate Gleichrichtschaltung nötig werden, wenn die erreichbare Höhe der Zwischenkreisspannung nicht für eine 100 %-Transformator-Magnetisierung ausreicht. Dabei ist zu beachten, dass der Active Line Module-Aussteuergrad während der Magnetisierung nicht den Übersteuerungsbereich (r0074 > 100 %) erreicht, um Oberschwingungsströme und Stromgleichanteile zu vermeiden.
p6420[0]	1)	Netztransformator Phasenverschiebung, Einspeisungs-Transformator Schwenkwinkel des Transformators eingeben. Schaltgruppe Dy5 => -150° (wird durch Trafo-ID, p5480 = 12, genauer ermittelt). Damit die Trafo-ID im Modus p5480 = 12 erfolgreich durchgeführt werden kann, muss manuell eine Grobeinstellung erfolgen (siehe auch folgendes Kapitel zu Transformator-Inbetriebnahme). Hinweis: Bei geschlossenem Schalter am Einspeise-Transformator ist eine korrekte Einstellung von p6420[0] und p6421[0] daran erkennbar, dass die Zeitverläufe der Spannungen r3468[0, 1] und r5488[0, 1] bei Schwachlast näherungsweise deckungsgleich sind.
p6421[0]	1)	Netztrafo Verstärkungsanpassung, Einspeisungs-Transformator (wird durch Trafo-ID, p5480 = 12, genauer ermittelt) Damit die Trafo-ID im Modus p5480 = 12 erfolgreich durchgeführt werden kann, muss manuell eine Grobeinstellung erfolgen (siehe auch folgendes Kapitel zu Transformator-Inbetriebnahme).

Parameter	Wert	Bemerkung
Zusätzliche Parametereinstellungen für Schwarzstart		
p5580	z. B. 2	Inselnetz Schwarzstart Modus Schwarzstart bezeichnet den Spannungsaufbau in einem zuvor spannungslosen Netz. Zu beachten ist, dass die Eigenversorgung der Erzeugungsanlage vor dem Schwarzstart anlagenseitig gewährleistet werden muss. Beim Schwarzstart (p5580 = 2) wird zunächst geprüft, ob das Inselnetz spannungsfrei ist, bevor der Leistungsschalter zwischen der Einspeisung und dem Inselnetz geschlossen wird. Anschließend wird die Spannung der Einspeisung solange erhöht, bis Nennspannung im Inselnetz erreicht ist. Über p5580 = 3 kann der automatische Schwarzstart eingestellt werden. Liegt im Inselnetz bereits Spannung an, so wird direkt in den Netzstatikbetrieb gewechselt ("reguläres" Einschalten auf vorhandenes Netz). Andernfalls erfolgt ein Schwarzstart.
p5581[0]	z. B. 2 s	Inselnetz Zeiten, Schwarzstart Spannungsrampe Dauer Einstellung der Rampendauer für die Netzspannung.
p5581[1]	z. B. 1 s	Inselnetz Zeiten, Schwarzstart Leistungsschalter Prellzeit Einstellung der Prellzeit für den Leistungsschalter auf der Netzseite des Netztransformators. Eine unterbrechungsfreie Verbindung zwischen Netz und Transformator ist erst nach Ablauf der Prellzeit sichergestellt.
p5586[0]	z. B. 3 % [1]	Inselnetz Skalierungswerte, Schwarzstart Spannungsgrenze Ist die Spannung im Inselnetz größer als p5586[0] * p0210, so wird kein Schwarzstart durchgeführt. Dies kann beispielsweise der Fall sein, weil sich Kondensatoren im Netz nur langsam entladen.

[1] Werte sind anlagenabhängig und bei der Anpassung an die jeweilige Anlagenkonfiguration besonders zu beachten.

Parametereinstellungen für Antriebsgerät "MOTORINVERTER"

Im Projekt unter "Antriebe" auf "MOTORINVERTER" mit der Rechten Maustaste klicken und dann "Expertenliste" wählen.

Die nachfolgende Liste zur Parametrierung des generatorseitigen Wechselrichters beinhaltet Sondereinstellungen für den Netzstatik-Betrieb der Erzeugungsanlage. Im Hinblick auf die eigentliche Inbetriebnahme der Generatorregelung wird auf die einschlägigen Handbücher verwiesen.

Hinweis

Die Zwischenkreisspannungsregelung ist beim Antriebsgerät "MOTORINVERTER" Teil des Funktionsmoduls "Technologieregler". Das Funktionsmodul kann während der Inbetriebnahme aktiviert werden.

Hinweis

Aktivierung der Funktionsmodule durch eine übergeordnete Steuerung

Die Funktionsmodule können auch durch eine übergeordnete Steuerung aktiviert werden. Hierzu muss der Parameter p0009 der Control Unit auf "2" (Festlegung Antriebstyp Funktionsmodul) gesetzt werden. Anschließend können über Parameter p0108[x].y = 1 der Control Unit die einzelnen Funktionsmodule aktiviert werden.
Hierbei muss für den Index "x" die Objektnummer des MOTORINVERTER eingesetzt werden.
Die Bedeutung der Bits "y" für das Funktionsmodul Technologieregler ist wie folgt:

- Bit 16 = Technologieregler

Die Aktivierung der Funktionsmodule erfolgt mit p0009 = 0.

Tabelle 7- 8 Parametereinstellungen für Antriebsgerät "MOTORINVERTER"

Parameter	Wert	Bemerkung
p1200[0]	z. B. 1	Fangen Betriebsart im DDS 0 Fangen immer aktiv, Start in Sollwertrichtung "Fangen immer aktiv" ist insbesondere erforderlich bei Applikationen ohne Geber.
p1300[0]	z. B. 20	Steuerungs-/Regelungs-Betriebsart im DDS 0 Drehzahlregelung (geberlos)
p1501[0]	z. B. 1	BI: Drehzahl-/Drehmomentregelung umschalten im CDS 0 1-Signal = Drehmomentregelung 0-Signal = Drehzahlregelung
Technologieregler		
p3422	[1)]	Zwischenkreiskapazität gesamt Hinweis: auf gleichen Wert stellen wie INFEED.p3422 (nach der Zwischenkreisidentifikation!)
p3510	z. B. 1035 V bei AC 690-V-Geräten	Zwischenkreisspannung Sollwert Normaleinstellung: gleicher Wert wie INFEED.p3510. Ggf. so anpassen, dass der Aussteuergradregler (INFEED.r5433) innerhalb seiner Begrenzungen arbeiten kann.
p3511	z. B. INFEED.r5433	CI: Zwischenkreisspannung Zusatzsollwert Verschalten mit dem Wert "Aussteuergradregler Ausgang" der Einspeisung. Diese BICO-Verschaltung sorgt dafür, dass im Netzstatik-Betrieb des Active Line Module die Zwischenkreisspannung an die aktuelle Netzspannung angepasst und somit ein minimaler Oberschwingungsgehalt der Netzspannung erreicht wird.
p3513	z. B. INFEED.r5402.0	BI: Sperre spannungsgeregelter Betrieb Verschalten mit Signal "Netzstatikregelung nicht aktiv" der Einspeisung. Diese BICO-Verschaltung sorgt dafür, dass der Motor-Wechselrichter die Zwischenkreisspannung regelt, wenn sich das Active Line Module in Netzstatik-Betrieb befindet.
p3520[0]	z. B. INFEED.r0082	CI: Zwischenkreis Vorsteuerung Leistung (unnormiert) Verschalten mit dem Wert "Wirkleistungsistwert" der Einspeisung. Im Gegensatz zur Leistungsvorsteuerung über p3519 wird an p3520 eine unnormierte Größe erwartet, so dass die verschiedenen Leistungs-Referenzwerte (r2004) der Antriebsobjekte nicht berücksichtigt werden müssen.
p3521[0]	z. B. 80 %	Zwischenkreis Vorsteuerung Leistung Skalierung Insbesondere zur Ausregelung von netzseitigen Lastsprüngen im Netzstatik-Betrieb ist eine Vorsteuerung des Leistungsbedarfs im Zwischenkreis-Spannungsregler sinnvoll. Empfohlen wird eine Skalierung von ca. 80 % bis 100 %.
p3523[0]	z. B. 8 ms	Zwischenkreis Vorsteuerung Leistung Glättung Insbesondere zur Ausregelung von netzseitigen Lastsprüngen im Netzstatik-Betrieb ist eine Vorsteuerung des Leistungsbedarfs im Zwischenkreis-Spannungsregler sinnvoll. Zur Unterdrückung von hochfrequenten Störanteilen wird eine Glättung des Vorsteuersignals zwischen 1 ms bis 10 ms empfohlen.
p3560	z. B. 70 %	Vdc-Regler Proportionalverstärkung Falls keine sehr hohe Dynamik der Vdc-Regelung benötigt wird, so wird zur Erhöhung der Reglerrobustheit ein Einstellwert < 100 % empfohlen.

[1)] Werte sind anlagenabhängig und bei der Anpassung an die jeweilige Anlagenkonfiguration besonders zu beachten.

7.4.7 Signalschnittstellen

Beschreibung

Die nachfolgenden Signale werden vom Antriebsgerät zum Betrieb benötigt bzw. zur Beobachtung zur Verfügung gestellt.

Übergabesignale an das Antriebsgerät

Es handelt sich um eine Liste von typischen Signalen für die Kommunikation mit der überlagerten Steuerung.

Tabelle 7- 9 Übergabesignale an das Antriebsgerät

Parameter	Drive Object	Signal	Typ	Einheit
p0840[0]	INFEED	BI: EIN/AUS1 Einstellung der Signalquelle für Steuerwort 1 Bit 0 (EIN/AUS1).	Bit	-
p5401[0]	INFEED	BI: Aktivierung der Netzstatikregelung der Einspeisung • 1-Signal: Aktivierung der Netzstatikregelung und Deaktivierung der Zwischenkreisspannungsregelung / Stromregelung. • 0-Signal: Aktivierung der Zwischenkreisspannungsregelung / Stromregelung und Deaktivierung der Netzstatikregelung.	Bit	-
p5401[1]	INFEED	BI: Aktivierung der Netzstatiksollwerte (p5405, p5406, p5415, p5416) • 1-Signal: Aktivierung der Sollwerte. • 0-Signal: Deaktivierung der Sollwerte.	Bit	-
p3611	INFEED	CI: Einspeisung Blindstrom Zusatzsollwert Blindlastsollwert für den Betrieb bei p5401 = 0	Unsigned32 / FloatingPoint32	-
p5406[0...1]	INFEED	CI: Netzstatikregelung Frequenzstatik Zusatzsollwert dynamischer Frequenzzusatzsollwert für Betrieb bei p5401 = 1	Unsigned32 / FloatingPoint32	-
p5416[0...1]	INFEED	CI: Netzstatikregelung Spannungsstatik Zusatzsollwert dynamischer Spannungszusatzsollwert für Betrieb bei p5401 = 1	Unsigned32 / FloatingPoint32	-
p5451	INFEED	BI: Stromhystereseregler Betriebsart Parallelbetrieb mit Dieselgenerator 1-Signal: Gemeinsamer Betrieb (INFEED und weitere Einspeisungen versorgen gemeinsam das Inselnetz, INFEED ist nicht Erzeuger mit größter Kurzschlussleistung) 0-Signal: Alleiniger Betrieb (INFEED versorgt alleine das Inselnetz bzw. ist Erzeuger mit größter Kurzschlussleistung)	Bit	-

Parameter	Drive Object	Signal	Typ	Einheit
p5480	INFEED	Trafo Magnetisierung Modus 0 = deaktiviert 1 = Normalbetrieb Achtung: Bei deaktivierter Magnetisierung wird der Leistungsschalter bei vorgeladenem Zwischenkreis unabhängig vom Betriebszustand eines gegebenenfalls vorhandenen Transformators angesteuert. Dies kann zu einer Überlastung von Netz- oder Anlagenbauteilen oder auch zu Beschädigungen führen, falls ein Transformator vorhanden ist. Der Einsatz einer externen unabhängigen Synchronisierüberwachung wird empfohlen.	Integer, 16Bit	-
p5483	INFEED	BI: Netz Leistungsschalter Freigabe (Einstellung der Signalquelle zum Einschalten des Leistungsschalters nach Hochlauf der Spannungsrampe) Freigabe der Funktion zum Schließen des Leistungsschalters bei angewählter Trafomagnetisierung und Synchronisation. Diese Freigabe kann beispielsweis genutzt werden, um die Erzeugungsanlage netzsynchron im hot-Stand-by zu halten und mit einer steigenden Flanke verzögerungsfrei in Netzbetrieb zu gehen.	Unsigned32 / Binary	-
p5580	INFEED	Einstellung des Modus für den Schwarzstart. Die Funktion dient zum Aufbau der Netzspannung in einem Inselnetz. Das Active Line Module wirkt dabei als Netzspannungsquelle bzw. als Netzbildner für das angeschlossene Inselnetz.	Integer, 16Bit	-

Übergabesignale vom Antriebsgerät

Es handelt sich um eine Liste von typischen Signalen für die Kommunikation mit der überlagerten Steuerung.

Tabelle 7- 10 Übergabesignale vom Antriebsgerät

Parameter	Drive Object	Signal	Typ	Einheit
r0899.0	INFEED	Einschaltbereit 1-Signal: Einschaltbereit 0-Signal: nicht Einschaltbereit	Bit	-
r0899.1	INFEED	Betriebsbereit 1-Signal: Betriebsbereit 0-Signal: nicht Betriebsbereit	Bit	-
r0899.2	INFEED	Betrieb freigeben 1-Signal: Betrieb freigeben 0-Signal: Betrieb nicht freigeben	Bit	-
r0046.0	INFEED	AUS1 Freigabe fehlt 1-Signal: AUS1 Freigabe fehlt 0-Signal: AUS1 Freigabe fehlt nicht	Bit	-
r2139.3	INFEED	Störung wirksam 1-Signal: Störung wirksam 0-Signal: Störung nicht wirksam Das 1-Signal wird gesetzt, wenn eine Störung in einem oder mehreren Drive Objects auftritt	Bit	-

Parameter	Drive Object	Signal	Typ	Einheit
r2139.7	INFEED	Warnung wirksam 1-Signal: Warnung wirksam 0-Signal: Warnung nicht wirksam Das 1-Signal wird gesetzt, wenn eine Warnung in einem oder mehreren Drive Objects auftritt	Bit	-
r5402	INFEED	Netzstatikregelung Zustandswort	Unsigned16	-
r5411[1]	INFEED	Netzregelung Frequenzstatik Wirkleistung (geglättet) Anzeige der Eingangs-Wirkleistung der Wirkleistungs-Frequenzstatik.	FloatingPoint32	kW
r5421[1]	INFEED	Netzregelung Frequenzstatik Blindstrom (geglättet) Anzeige des Eingangs-Blindstroms der Blindstrom-Spannungsstatik.	FloatingPoint32	A
r0068	INFEED	Stromistwert Betrag Anzeige des Betrages des Stromistwertes.	FloatingPoint32	Aeff
r5410	INFEED	Netzregelung Frequenzstatik Ausgang Anzeige der geglätteten Ausgangsfrequenz der Wirkleistungs-Frequenzstatik.	FloatingPoint32	Hz
r0025	MOTORINVERTER	Ausgangsspannung geglättet Anzeige der geglätteten Ausgangsspannung des Leistungsteils.	FloatingPoint32	Veff
r0027	MOTORINVERTER	Stromistwert Betrag geglättet Anzeige des geglätteten Betrages des Stromistwertes.	FloatingPoint32	Aeff
r0024	MOTORINVERTER	Ausgangsfrequenz geglättet Anzeige der geglätteten Umrichterfrequenz.	FloatingPoint32	Hz
r0070	MOTORINVERTER	Zwischenkreisspannung Istwert Anzeige des gemessenen Istwertes der Zwischenkreisspannung.	FloatingPoint32	V
r0722.0	CU	CU Digitaleingänge Status DI 0 (X122.1) Rückmeldung Leistungsschalter (Voraussetzung ist die Verdrahtung des Rückmeldesignals mit dem DI0 der Control Unit, Klemme -X122.1)	Bit	-
r5482	INFEED	Anzeige des Zustands der Ablaufsteuerung für Trafomagnetisierung, Schwarzstart und Inselnetz-Synchronisierung	Integer, 16Bit	-

7.5 Inbetriebnahmebeispiel einer Einspeisung mit dynamischer Netzstützung für ein Verbundnetz

7.5.1 Aufbau

Als Beispiel wird mit einer DC-Quelle erzeugte elektrische Energie in ein Verbundnetz eingespeist.

Die DC-Quelle ist direkt mit dem Zwischenkreis des Active Line Modules verbunden.

Optional kann sie über DC-Schütze angeschlossen werden. Hierbei muss eine geeignete Vorladung der Zwischenkreiskapazität des Active Line Modules vorgesehen werden.

Ablauf

Die übergeordnete Anlagensteuerung schließt die optionalen DC-Schütze und gibt den Befehl zum Start der Netzeinspeisung. Die von der DC-Quelle erzeugte Zwischenkreisspannung muss dazu mindestens dem 1,5-fachen der Transformator-Sekundärspannung entsprechen. Zunächst wird der Netztransformator magnetisiert und mit dem Netz synchronisiert. Die dazu erforderliche Leistung muss von der DC-Quelle bereitgestellt werden. Die Erfassung der Netzspannung bis zum Erreichen der Synchronisation übernimmt dabei das VSM10 auf der Primärseite des Netztransformators. Nach der Synchronisation wird der Leistungsschalter geschlossen und die Energieeinspeisung in das Netz gestartet.

Netzstörung

Das Durchfahren einer Netzstörung (Fault Ride Through) gemäß Anschluss-Richtlinie erfolgt automatisch durch den Netzwechselrichter entsprechend den gewünschten Parametereinstellungen.

Übersichtsschaltplan

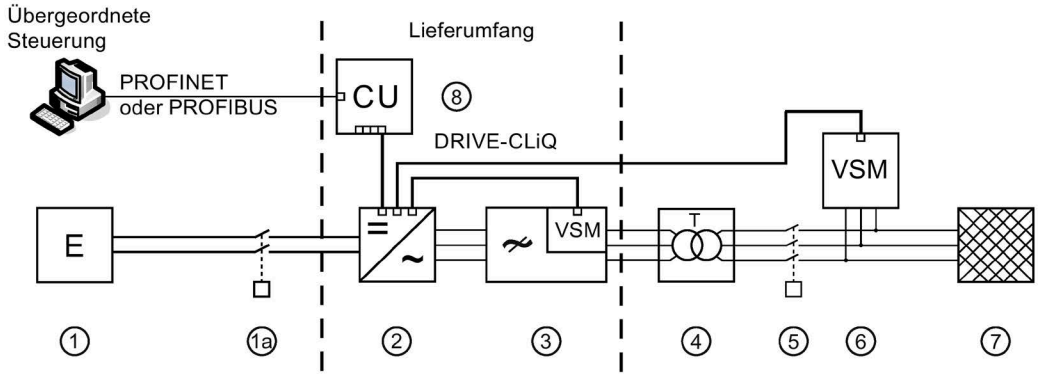


Bild 7-4 Einspeisung in ein Verbundnetz

Tabelle 7- 11 Komponenten bei der Einspeisung in ein Verbundnetz

Nummer	Beschreibung
1	Energieerzeuger (DC-Quelle)
1a	Optionales DC-Schütz [1)]
2	Active Line Module
3	Active Interface Module mit integriertem Voltage Sensing Module VSM10 • bei Geräten der Bauform Chassis ist das VSM10 integriert • bei Geräten der Bauform Booksize muss das VSM10 separat vorzusehen
4	Netztransformator
5	Leistungsschalter
6	Voltage Sensing Module VSM10 zur Messung der Netzspannung auf der Primärseite des Netztransformators
7	Verbundnetz
8	Control Unit

1) Es muss eine geeignete Vorladung der Zwischenkreiskapazität des Active Line Modules vorgesehen werden.

7.5.2 Allgemeines

Inbetriebnahmeablauf

Mit dem folgenden Ablauf wird die Offline-Inbetriebnahme einer Einspeisung mit dynamischer Netzstützung für ein Verbundnetz durchgeführt.
Hierbei wird beispielhaft eine DC-Quelle zur Energieerzeugung eingesetzt.

1. Projekt anlegen.
2. Antriebsgeräte anlegen.
   Das Antriebsgerät für die Einspeisung ins Netz wird mit INFEED bezeichnet.
3. Funktionsmodule für Netzeinspeisung in ein Verbundnetz anlegen.
4. Zusätzliches VSM10 zur Messung der Netzspannung auf der Primärseite des Netztransformators anlegen.
5. Anpassen der Topologie und der VSM10-Zugehörigkeiten.
6. Zusätzliche Parametereinstellungen in der Expertenliste durchführen.

Dazu muss der Ablauf der einzelnen sequentiellen Schritte zur Identifikation und Einstellung der Transformatordaten beachtet werden (siehe Kapitel "Inbetriebnahme netzfreundliche Transformator-Magnetisierung (Seite 105)").

Für schwache Netze (mit großer Induktivität und geringer Kurzschlussleistung) gelten zusätzliche Einstellempfehlungen (siehe Kapitel "Automatische Anpassung der Regelung an die Netzkurzschlussleistung (Seite 142)").

Hinweis

Inbetriebnahmebeschreibung

Die grundsätzlichen Inbetriebnahmeschritte sind im SINAMICS S120 Inbetriebnahmehandbuch beschrieben.

7.5.3 Funktionsmodule für Netzeinspeisung in ein Verbundnetz anlegen

Im Projekt unter "Einspeisungen" auf "INFEED" mit der Rechten Maustaste klicken und dann "Eigenschaften..." wählen.

- In der Lasche "Funktionsmodule" die Module "Netztransformator", "Dynamische Netzstützung" und nach Bedarf weitere Module auswählen.

Hinweis

Aktivierung der Funktionsmodule durch eine übergeordnete Steuerung

Die Funktionsmodule können auch durch eine übergeordnete Steuerung aktiviert werden. Hierzu muss der Parameter p0009 der Control Unit auf "2" (Festlegung Antriebstyp Funktionsmodul) gesetzt werden. Anschließend können über Parameter p0108[x].y = 1 der Control Unit die einzelnen Funktionsmodule aktiviert werden.
Hierbei muss für den Index "x" die Objektnummer des INFEED eingesetzt werden.
Die Bedeutung der Bits "y" für die Funktionsmodule für Netzeinspeisung ist wie folgt:

- (Bit 04 = Zusatzregelungen)
- Bit 04 = Netztransformator
- Bit 07 = Dynamische Netzstützung
- (Bit 12 = Netzstatikregelung)

Die Aktivierung der Funktionsmodule erfolgt mit p0009 = 0.

7.5.4 Zusätzliches VSM10 anlegen

Wurde das Antriebsgerät mit vollständiger DRIVE-CLiQ-Topologie online mittels automatischer Konfiguration in Betrieb genommen, so sind die VSM10 Module bereits in der Topologie vorhanden. In diesem Fall ist die Anzahl nicht zu ändern, sondern die Zuordnung entsprechend dem folgenden Kapitel zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Vorgehen, falls das Projekt offline zusammengestellt wird

Im Projekt unter "Einspeisungen" unter "INFEED" auf "Konfiguration" doppelklicken, im Konfigurationsfenster auf "Assistent..." klicken.

- In der ersten Maske nichts ändern.
- In der zweiten Maske in der Auswahlbox für "Anzahl VSM:" "2" auswählen.
  Pro Active Line Module ist ein VSM in der "Anzahl VSM" eingetragen, diese Anzahl muss um 1 erhöht werden, um ein zusätzliches VSM10 anzulegen.
- Die weiteren Masken unverändert weiter klicken und den Assistenten beenden.
- Dadurch wird in der Topologie ein zusätzliches VSM10 eingefügt.

7.5.5 Anpassen der Topologie und der VSM10-Zugehörigkeiten

Im Projekt auf "Topologie" doppelklicken, es öffnet sich die Topologieansicht.

Die Topologie sieht nach der bisherigen Inbetriebnahme z. B. folgendermaßen aus:

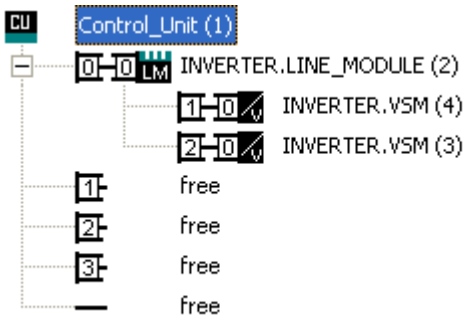


Bild 7-5 Topologie

Die Ziffern rechts neben den Komponenten in Klammern in der Topologieansicht sind die so genannten "Komponentennummer".

- Das VSM10 für die Regelungs-Funktionalität der Einspeisung muss an die DRIVE-CLiQ-Buchse -X402 (Bauform Booksize: -X202) der Einspeisung INVERTER angeschlossen sein.
- Das VSM10 für die Synchronisierung auf das Versorgungsnetz (auf der Primärseite des Netztransformators) muss an die DRIVE-CLiQ-Buchse -X401 (Bauform Booksize: -X201) des Antriebes INFEED angeschlossen sein.

Die Zuordnungen der im Projekt vorhandenen VSM10-Komponenten müssen über die Expertenliste kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden.
Die folgenden Einstellungen beziehen sich auf die oben gezeigte Topologie.

- Das VSM10 mit der Komponentennummer 3 ist für die Regelungs-Funktionalität der Einspeisung zuständig.
  INFEED.p0140 = 1
  INFEED.p0141[0] = 3
- Das VSM10 mit der Komponentennummer 4 ist für die Synchronisierung der Einspeisung auf das Verbundnetz (VSM2-Funktionalität) zuständig.
  INFEED.p0150 = 1
  INFEED.p0151[0] = 4

7.5.6 Zusätzliche Parametereinstellungen in der Expertenliste durchführen

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht wichtiger Einstellparameter mit typischen Werten und Hinweisen für den Anwendungsfall Verbundnetz.
Diese Übersicht soll als Hilfestellung bei einer Inbetriebnahme dienen. Sie ersetzt nicht die Erläuterungen in den vorangegangenen Kapiteln oder die Parameterbeschreibungen und Funktionspläne im Listenhandbuch.
Abhängig von der Anwendung können somit im Einzelfall auch Änderungen an Parametern nötig sein, die in den Tabellen nicht aufgeführt sind.

Parametereinstellungen für Antriebsgerät "INFEED"

Im Projekt unter "Einspeisungen" auf "INFEED" mit der Rechten Maustaste klicken und dann "Expertenliste" wählen.

Tabelle 7- 12 Parametereinstellungen für Antriebsgerät "INFEED"

Parameter	Wert	Bemerkung
p0210	[1]	Geräte-Anschlussspannung des Netzstromrichters eintragen (entspricht dem Nennwert der Spannung auf der Transformator-Sekundärseite bzw. an den AIM-Anschlussklemmen)
p0840[0]	z. B. INFEED.r2090.0	BI: Ein/Aus1 über PROFIdrive PZD1, Bit 0 Einschaltbefehl für Active Line Module
p0844[0]	z. B. CONTROL_UNIT.r0722.0	BI: 1.AUS2 im CDS 0 über DI0 (-X122.1) der Control Unit Signalsenke für AUS2-Befehl des Active Line Module
p0852[0]	z. B. 1	BI: Betrieb freigeben Freigabe für Transformator-Magnetisierung und geregelten Netzeinspeisebetrieb
p0860	z. B. CONTROL_UNIT.r0722.1	BI: Netzschütz Rückmeldung Für eine ordnungsgemäße Funktion der Transformator-Magnetisierung muss der Rückmeldekontakt des Leistungsschalters angeschlossen sein. Beim Beispielwert erfolgt die Verdrahtung auf Klemme DI1 (-X122.2) der Control Unit.
p0861	z. B. 200 ms [1]	Netzschütz Überwachungszeit Überwachung Einschaltung/Rückmeldung des Leistungsschalters. Der einzustellende Wert ist abhängig von den Schaltzeiten des verwendeten Schalters.
Pulsfrequenzwobbeln		
p1810.2	z. B. Nein	Pulsfrequenz-Wobbeln aktivieren Das Wobbeln der Pulsfrequenz sorgt für eine Verteilung der pulsfrequenten Spannungs- und Stromanteile über einen Frequenzbereich. Dies ist dann sinnvoll, wenn die Störleistung bei einzelnen Frequenzen zwischen 2 kHz und 9 kHz reduziert werden soll. Da Pulsfrequenz-Wobbeln im stromgeregelten Betrieb zusätzliche Oberschwingungen in den Strommesswerten verursacht, sollte die Funktion nur dann aktiviert werden, wenn dies mit dem eingesetzten Netzfilter nötig ist zur Einhaltung von pulsfrequenten Störgrenzwerten. Bei Verwendung eines Active Interface Module ist Wobbeln in der Regel nicht erforderlich!
p1810.4	z. B. Nein	Wobbelamplitude sperren Falls Pulsfrequenz-Wobbeln mit p1810.2 grundsätzlich aktiviert ist, kann mit p1810.4 die Wobbel-Amplitude p1811 für den Normal-Betrieb des Active Line Modules freigegeben werden.
p5526[0].4 p5526[1].4	z. B. Nein	Wobbelamplitude sperren Falls Pulsfrequenz-Wobbeln mit p1810.2 grundsätzlich aktiviert ist, kann mit p5526.4 die Wobbel-Amplitude p1811 für den Betrieb mit dynamischer Netzstützung (p5501 = 1) freigegeben werden.
p1811	z. B. 0 % [1]	Pulsfrequenzwobbelung Amplitude Falls Wobbeln aktiviert und freigegeben ist, kann mit dem diesem Einstellparameter die Wobbelamplitude gewählt werden. Je größer der Einstellwert, desto breiter wird das Pulsfrequenzspektrum der Ausgangsspannung, aber desto größer werden die Oberschwingungen in den Strommesswerten. In der Regel sind Einstellwerte um 5 % ausreichend.

Parameter	Wert	Bemerkung
Zwischenkreisregelung		
p3410	0	Einspeisung Identifizierungsart – Identifizieren (Id) aus
p3415[0]	10,00 % [1]	Einspeisung Anregungsstrom L-Identifikation – Lauf 1 Amplitude der Messströme für CZK-Identifikation Bei Netzen mit kleiner Kurzschlussleistung wird eine Reduzierung des Messstroms auf 10 % (ggf. bis auf 7 %) empfohlen, um stabilen Netzbetrieb während der Identifikation zu gewährleisten. Bei extrem geringer Netzkurzschlussleistung (RSC < 3) ist unter Umständen keine Identifikation möglich, siehe auch Kapitel "Automatische Anpassung der Regelung an die Netzkurzschlussleistung (Seite 142)".
p3415[1]	10,00 % [1]	Einspeisung Anregungsstrom L-Identifikation – Lauf 2 Amplitude der Messströme für CZK-Identifikation Bei Netzen mit kleiner Kurzschlussleistung wird eine Reduzierung des Messstroms auf 10 % (ggf. bis auf 7 %) empfohlen, um stabilen Netzbetrieb während der Identifikation zu gewährleisten. Bei extrem geringer Netzkurzschlussleistung (RSC < 3) ist unter Umständen keine Identifikation möglich, siehe auch Kapitel "Automatische Anpassung der Regelung an die Netzkurzschlussleistung (Seite 142)".
p3510	z. B. p0210 * 1,5	Einspeisung Zwischenkreisspannung Sollwert bei 3 AC 400 V Geräten ist das DC 600 V Im Normalfall sollte der Sollwert nicht kleiner gewählt werden, als das 1,5-fache der Netzspannung, da der Stellbereich für die Stromregelung anderenfalls zu stark begrenzt wird und Stromoberschwingungen entstehen. Nach oben wird der Sollwert für die Zwischenkreisspannung (p3510) durch den maximalen Hochsetzfaktor (p3508) begrenzt.
p3511	[1]	CI: Einspeisung Zwischenkreisspannung Zusatzsollwert Mit Hilfe des Konnektors für den Zusatzsollwert kann ein veränderlicher Sollwert der Zwischenkreisspannung realisiert werden, wenn es für die überlagerte Regelung erforderlich ist.
Netztransformator		
p5460	[1]	VSM2 Eingang Netzspannung Spannungsteiler Einstellung eines Spannungsteilers für das Voltage Sensing Module 2 (VSM2). Mit Hilfe eines Mess-Transformators kann der 100 V-Eingang des VSM auch für die Messung von Spannungen im Mittelspannungsnetz genutzt werden. Bei 20 kV Primärspannung und Anschluss an -X521 (100 V-Eingang) und Messwandler mit Teilerfaktor 200:1 ist beispielsweise ein Wert von 20000 % einzustellen.
p5480	z. B. 1 (Normalbetrieb)	Trafo Magnetisierung Modus Siehe auch nachfolgendes Kapitel zur Transformator-Magnetisierung.
p5481[0]	z. B. 2 s	Trafo Magnetisierung Hochlaufzeit/Prellzeit/Timeout: Spannungsrampe Hochlaufzeit Rampenzeit für Magnetisieren des Netztransformators
p5481[1]	z. B. 1 s [1]	Trafo Magnetisierung Hochlaufzeit/Prellzeit/Timeout: Leistungsschalter Prellzeit Ist die eingestellte Zeit kürzer als die tatsächliche Prellzeit, können mit Pulsfreigabe sehr hohe Ströme und auf Dauer Schäden am Schalter auftreten. Hinweis: ein dauerhaft anstehendes Rückmeldesignal des Schalters ist kein sicheres Anzeichen für einen abgeschlossenen Schaltvorgang! Hinweis: Wenn beim Zuschalten auf das Netz Probleme auftreten (z. B. Überstrom, Überspannung, Netzausfall F6200), sollte die Prellzeit erhöht werden.
p5483	z. B. 1	BI: Trafo Magnetisierung Leistungsschalter einschalten Signalquelle (Einstellung der Signalquelle zum Einschalten des Leistungsschalters nach Hochlauf der Spannungsrampe.) Freigabe der Funktion zum Schließen des Leistungsschalters bei angewählter Trafomagnetisierung und Synchronisation

Parameter	Wert	Bemerkung
p5486[0]	z. B. 10000 V	Trafo Bemessungsspannung primär, Einspeisungs-Transformator Eingabe der Bemessungsspannung am Anschlusspunkt auf der Verbundnetzseite des Einspeise-Transformators. Aus dem Verhältnis von p0210 und p5486[0] wird intern das Übersetzungsverhältnis des Transformators berechnet.
p5487[0]	z. B. INFEED.r5461[0]	Trafo Primärspannung Signalquelle, Leiterspannung u12 Signaleingang für gemessene Leiter-Leiter-Spannung u12 am Leistungsschalter (5) zur Umrechnung auf Transformator-Sekundärseite am Active Line Module. Die Anzeige des umgerechneten und in Raumzeiger transformierten Spannungswerts erfolgt in r5488[0, 1].
p5487[1]	z. B. INFEED.r5462[0]	Trafo Primärspannung Signalquelle, Leiterspannung u23 Signaleingang für gemessene Leiter-Leiter-Spannung u23 an Leistungsschalter (5) zur Umrechnung auf Transformator-Sekundärseite am Active Line Module. Die Anzeige des umgerechneten und in Raumzeiger transformierten Spannungswerts erfolgt in r5488[0, 1].
p5490		Trafo Streuinduktivität Übernehmen aus Datenblatt des Transformators oder messen mit Hilfe der Trafo-ID (p5480 = 13) Siehe auch: Inbetriebnahme-Kapitel zu Netztransformator
p5492		Trafo Hauptinduktivität Übernehmen aus Datenblatt des Transformators oder messen mit Hilfe der Trafo-ID (p5480 = 11) Hinweise zu r5491 im Listenhandbuch beachten!
p6420[0]	1)	Netztransformator Phasenverschiebung, Einspeisungs-Transformator Schwenkwinkel des Transformators eingeben. Schaltgruppe Dy5 => -150° (wird durch Trafo-ID, p5480 = 12, genauer ermittelt). Damit die Trafo-ID im Modus p5480 = 12 erfolgreich durchgeführt werden kann, muss manuell eine Grobeinstellung erfolgen (siehe auch folgendes Kapitel zu Transformator-Inbetriebnahme)
p6421[0]	1)	Netztrafo Verstärkungsanpassung, Einspeisungs-Transformator (wird durch Trafo-ID, p5480 = 12, genauer ermittelt) Damit die Trafo-ID im Modus p5480 = 12 erfolgreich durchgeführt werden kann, muss manuell eine Grobeinstellung erfolgen (siehe auch folgendes Kapitel zu Transformator-Inbetriebnahme)
Dynamische Netzstützung		
p5500	z. B. 88(hex)	Dynamische Netzstützung Konfiguration. Die Einstellung legt fest, wie sich das Active Line Module beim Durchfahren von Netzspannungseinbrüchen (bis auf 0 % Restspannung) verhält. In der Regel fordern Anschlussrichtlinien für die Energieeinspeisung in Verbundnetze auch bei unsymmetrischen Netzstörungen einen definierten Stützstrom und sinusförmigen Stromverlauf. Dazu muss p5500.3 = 1 gesetzt werden. Durch Nutzung dynamischer Stromgrenzen wird die Stromregelung bei hochdynamischen Spannungsänderungen verbessert: p5500.7 = 1. Die weiteren Einstell-Bits (Modi zur Art der Blind- und Wirkstromstützung und zur Berechnung des Stütz-Blindstroms) sind dem Listenhandbuch zu entnehmen.

Parameter	Wert	Bemerkung
p5501	z. B. 1	BI: Dynamische Netzstützung Aktivierung Signal für die Aktivierung der Dynamischen Netzstützung. Ein Unterschied zum regulären Normalbetrieb des Active Line Module durch p5501 = 1 wird erst dann wirksam, wenn sich die Netzspannung außerhalb des gewählten Toleranzbands p5505[0, 2] befindet: in diesem Fall (r5502.1 = 1) wird ein zusätzlicher Blindstrom in das Netz eingeprägt, dessen Größe mit p5506 abhängig vom Netzspannungsfehler ist. Stationäre Blindstromsollwerte, die unabhängig von momentanen Netzspannungsschwankungen gelten, müssen weiterhin über p3610/p3611 vorgegeben werden. Bei aktivierter Stützung (also p5501 = 1) wird die interne Stromregelung so erweitert, dass Netzstörungen mit definiertem Netzstrom durchfahren werden (Fault Ride Through) und Fehlerabschaltungen des Active Line Module nur noch zum Eigenschutz des Leistungsteils und Active Interface Module durchgeführt werden (Überlastung, Über/Unterspannung im Zwischenkreis). Für den Netzschutz bei bleibenden Spannungs- und Frequenzabweichungen muss daher die Netzüberwachung gemäß den örtlichen Anforderungen eingestellt werden.
p5504	z. B.: p5504[0] = r5488[0] p5504[1] = r5488[1]	CI: Dynamische Netzstützung Spannung Signalquelle Die Verdrahtung mit r5488 wird insbesondere benötigt, wenn ein Transformator eingesetzt wird und der Anschlusspunkt der Erzeugungsanlage nicht auf der Anschlussseite des Active Line Modules liegt, sondern z. B. auf der Mittelspannungsseite.
p5505[0...3]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1)]	Dynamische Netzstützung Kennlinie Spannungswerte
p5506[0...3]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1)]	Dynamische Netzstützung Kennlinie Blindstromsollwert
p5507[0]	z. B. 20 ms [1)]	Dynamische Netzstützung Zeiten, Mindestzeit dynamische Netzstützung Der Einstellparameter definiert die Zeitdauer, für die die Netzspannung wieder innerhalb der Toleranzgrenzen liegen muss, bevor die Stützung mit dynamischem Blindstrom beendet wird. Abhängig von der jeweiligen Netzrichtlinie müssen hierbei deutliche kleinere Werte als die Voreinstellung gewählt werden (z. B. für China).
p5507[3]	z. B. 8 ms [1)]	Dynamische Netzstützung Zeiten, Glättungszeit Momentanwert Der Einstellparameter definiert die schnelle Glättungszeit für die Spannungszerlegung in Mit- und Gegensystem. Insbesondere bei Netzen mit großer Induktivität sollte die Glättung größer als die Voreinstellung gewählt werden, um Resonanzprobleme zu vermeiden.
p5508[0]	z. B. -30 V [1)]	Dynamische Netzstützung Vdc-Schwelle, Offset Überspannung Der sprunghafte Lastwechsels zu Beginn eines Netzkurzschlusses erhöht das Risiko einer Fehlerabschaltung wegen Vdc-Überspannung. Mit diesem Einstellparameter wird eine Schwelle für die Zwischenkreisspannung (Vdc_max – p5508[0]) festgelegt, bei deren Überschreiten die Active Line Module-Regelung mit erhöhter Wirkleistungsabgabe reagiert. Bei Einspeisung aus einer DC-Quelle beispielsweise muss die Schwelle größer als die Leerlaufspannung des DC-Quelle gewählt werden.
p5509[0]	z. B. 20 %	Dynamische Netzstützung Skalierungswerte, Rampe Blindstrom bei Beginn/Ende der Netzstützung Werden in der Netzrichtlinie für den dynamischen Stützstrom Anregelzeiten > 30 ms gefordert, so sind in der Regel Rampensteigungen von p5509[0] = 10 % .. 20 % ausreichend und vermeiden ein Überschwingen von Regelgrößen.
p5509[1]	z. B. 0,1 %	Dynamische Netzstützung Skalierungswerte, Rampe Blindstrom bei Überschreiten Vdc-Schwelle Mit der Einstellung p5509[1] = 0,1 % wird der Stützstrom nicht reduziert bei Erreichen der Vdc-Schwelle p5508. Diese Beibehaltung wird in vielen Netzrichtlinien gefordert.

Parameter	Wert	Bemerkung
p5509[5]	z. B. 85 %	Dynamische Netzstützung Skalierungswerte, Strombegrenzung Skalierung Wichtiger Hinweis: diese Grenze für den Active Line Module-Scheinstrom wird mit Aktivierung der dynamischen Netzstützung wirksam (p5501 = 1) und ist damit auch wirksam, wenn die Netzspannung innerhalb der zulässigen Toleranz liegt. Falls vom Active Line Module für den Erzeugungsbetrieb nicht die volle Überlastfähigkeit laut Datenblatt (also Maximalstrom r0209) gefordert ist, sollte diese Scheinstromgrenze entsprechend reduziert werden, um die Einschwingvorgänge bei Netzeinbrüchen zu verbessern.
p5509[6]	z. B. 5 %	Dynamische Netzstützung Skalierungswerte, Netzspannungsänderung für schnelle Gegensystemberechnung Der Einstellparameter definiert eine Spannungsschwelle für eine schnelle Anpassung der Spannungszerlegung in Mit- und Gegensystem. Insbesondere bei Netzen mit kleiner Kurzschlussleistung sollte die Schwelle größer als die Voreinstellung gewählt werden (3 % .. 5 %), um Resonanzprobleme zu vermeiden.
p5509[7]	z. B. 100 %	Dynamische Netzstützung Skalierungswerte, Netzunsymmetrie Stromgrenze Mitsystem Wird auch bei unsymmetrischen Netzspannungseinbrüchen ein Stützstrom gefordert (gemäß relevanter Netzrichtlinie), so muss die Stromgrenze p5509[7] für den Mitsystemstrom entsprechend geöffnet werden.
p5509[8]	z. B. 0,1 %	Dynamische Netzstützung Skalierungswerte, Netzunsymmetrie Stromgrenze Gegensystem Die Mehrzahl der Nichtrichtlinien fordert auch bei unsymmetrischen Netzeinbrüchen einen symmetrischen Stützstrom (reine Mitsystem-Stützung: p5509[8] = 0,1 %). Falls auch eine dynamische Stützung für das Gegensystem benötigt wird, so kann die Stromgrenze entsprechend bis auf 100% erhöht werden.
p5509[9]	z. B. 20 %	Dynamische Netzstützung Skalierungswerte, Netzunsymmetrie Mindestwert für Beginn Netzstützung Für unsymmetrische Netzspannungseinbrüche gelten zum Teil andere Anforderungen und damit andere Einstellungen als für den symmetrischen Fall. Damit wird ein Schwellenwert notwendig, um den Beginn einer Unsymmetrie zu erkennen. Bei weichen Netzbedingungen sollte der Wert im Vergleich zur Voreinstellung vergrößert werden (hier 20 %).
p5509[10]	z. B. 10 %	Dynamische Netzstützung Skalierungswerte, Netzunsymmetrie Mindestwert für Ende Netzstützung Für unsymmetrische Netzspannungseinbrüche gelten zum Teil andere Anforderungen und damit andere Einstellungen als für den symmetrischen Fall. Damit wird ein Schwellenwert notwendig, um das Ende einer Unsymmetrie zu erkennen. Bei weichen Netzbedingungen sollte der Wert im Vergleich zur Voreinstellung vergrößert werden (hier 10 %).
p5509[11]	z. B. 25 %	Dynamische Netzstützung Skalierungswerte, Wirkstrombegrenzung Skalierung Diese Begrenzung des Wirkstrom wird wirksam, sobald die Netzspannung außerhalb der Toleranz liegt (r5502.1 = 1) und dynamischer Stützstrom eingeprägt wird. Die Einstellung muss abhängig von den Anforderungen der jeweiligen Netzrichtlinie erfolgen. Im Unterschied dazu wird die Begrenzung des Wirkstroms im Q-Modus und Z-Modus (siehe Parameterbeschreibung p5500) erst wirksam, wenn die Netzspannung kleiner ist als p5529[2] und daraufhin ein Netzkurzschluss erkannt wird (r5502.4 = 1).
p5528[2]	z. B. 0,2 ...0,3 s	Einstellempfehlung p5528[2] = 0,2 s ... 0,3 s. Der Einstellwert sollte der maximalen Zeitdauer entsprechen, die bei einem FRT mit 0 % Restspannung durchfahren werden soll. Alte Voreinstellwerte von p5528[2] = 3,0 s müssen entsprechend korrigiert werden.

[1] Werte sind anlagenabhängig und bei der Anpassung an die jeweilige Anlagenkonfiguration besonders zu beachten.

7.5.7 Zusätzliche Parametereinstellungen für die Netzüberwachung

Die Netzüberwachung besteht aus drei Komponenten, die mit dem Konfigurationsparameter p5540 einstellbar sind:

1. Generelle Überwachung von Netzspannung und Frequenz (Aktivierung über p5540.0). Auslösen der Störmeldung F6851 bei Überschreiten der Grenzen p5543 und p5544.

   Zusätzlich kann die Spannungs- und Frequenzprüfung beim Einschalten über p5540.9 aktiviert werden. Dazu wird vor Betriebsfreigabe gegen die Grenzen p5543[2, 3] und p5544[2, 3] geprüft und gewartet, bis diese Grenzen eingehalten werden.

2. Aktive Beeinflussung der Netzfrequenz im Fall einer tatsächlichen Inselnetzsituation, um die Überwachungsgrenzen (Punkt 1) zu erreichen (Aktivierung über p5540 Bit 1).

3. Spannungs-Zeit-Überwachung und Frequenz-Zeit-Überwachung (Aktivierung über p5540.4 und p5540.7) Die Überwachungsschwellen p5543 und p5544 werden bei aktiver Spannungs-Zeit-Überwachung bzw. Frequenz-Zeit-Überwachung deaktiviert.

Die Überwachung wird über den Signaleingang p5541 aktiviert, der Zustand wird in r5542 angezeigt.

Die zulässigen Grenzen für Spannung und Frequenz müssen entsprechend den länderspezifischen Richtlinien eingestellt werden (p5543, p5544).

Für den gleichzeitigen Betrieb von dynamischer Netzstützung mit Blindstrom und Inselnetzerkennung, muss die Verzugszeit der Inselnetzerkennung p5545[0] mindestens so groß gewählt werden, wie die zulässige Dauer eines vollständigen Spannungseinbruchs.

Parametereinstellungen für die Netzüberwachung

Im Projekt unter "Einspeisungen" auf "INFEED" mit der Rechten Maustaste klicken und dann "Expertenliste" wählen.

Tabelle 7- 13 Parametereinstellungen für Antriebsgerät "INFEED"

Parameter	Wert	Bemerkung
p5540.0	1	Netzüberwachung Konfiguration, Spannungs- und Frequenzüberwachung. Aufgrund der Fault Ride Through-Funktion schaltet das Active Line Module bei aktivierter dynamischer Stützung nur aus Eigenschutzgründen ab. Der Netzschutz (Abschaltung von Frequenz- oder Spannungsfehlern) **muss** separat aktiviert werden. Alternativ zu der Überwachung mit p5540.0 kann dies mit flexiblen Kennlinien (p5540.4, s.u.) oder auch extern mit einer separaten Steuerung erfolgen.
p5540.1	z. B. 0	Netzüberwachung Konfiguration, Aktivieren des AISL (Anti Islanding) Frequenzshift-Verfahrens. Das Frequenzshift-Verfahren verändert aktiv die eingespeiste Frequenz. Bei einer Inselnetzbildung führt dies zur Verletzung des zulässigen Frequenzbandes. Es erfolgt eine Abschaltung über Störung F06851. Das aktive Anti-Islanding sollte nur dann aktiviert werden, falls es tatsächlich benötigt wird!
p5541	1	BI: Netzüberwachung Aktivierung Es muss die Signalquelle für die Aktivierung der Dynamischen Netzstützung eingetragen werden.
p5543	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1)]	Netzüberwachung Spannungsschwelle

Parameter	Wert	Bemerkung
p5544	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1]	Netzüberwachung Frequenzschwelle
p5545[0]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie: zulässige Dauer eines 100 % Spannungseinbruchs	Spannungs- und Frequenzüberwachung Abschaltzeit minimal
p5547[0]	z. B. 0,1 Hz	AISL (Anti Islanding) Frequenzshift Anregungsfrequenz Bei Frequenzänderungen unterhalb der eingestellten Anregungsfrequenz wird von einer normalen Netzfrequenzänderung ausgegangen. Bei Frequenzänderungen oberhalb der eingestellten Anregungsfrequenz wird der Algorithmus der Inselnetzerkennung angeregt.
p5548[0]	z. B. 0,1	Einstellung der Verstärkungen bei der Netzüberwachung Einstellung der Verstärkung für die Frequenzabweichung beim Frequenzshift-Verfahren.
Parametrierung für die Überwachung bei Netzsynchronisierung		
p5540.9	z. B. 1 [1]	Netzsynchronisierung Spannungs-/Frequenzprüfung Aktivierung der zusätzlichen Spannungs- und Frequenzprüfung beim Einschalten. Dazu wird vor Betriebsfreigabe gegen die Grenzen p5543[2, 3] und p5544[2, 3] geprüft und gewartet, bis diese Grenzen eingehalten werden. Eine Überschreitung der Spannungs- und Frequenzgrenzen wird in r5542 angezeigt.
p5545[7]	z. B. 60000 ms [1]	Netzsynchronisierung Wiedereinschalten Prüfdauer Dauer der Frequenz- und Spannungsprüfung (p5543, p5544) des Netzes bei einem automatischen Wiederanlauf (p1207 und folgende).

[1] Werte sind anlagenabhängig und bei der Anpassung an die jeweilige Anlagenkonfiguration besonders zu beachten.

Alternativ zu der oben genannten Netzüberwachung mit Schwellwerten für Spannung und Frequenz (p5543, p5544) kann ein flexibel anpassbarer Netzschutz mit Hilfe von Kennlinien erfolgen, wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Parametereinstellungen für die Spannungs-Zeit-Überwachung und Frequenz-Zeit-Überwachung

Im Projekt unter "Einspeisungen" auf "INFEED" mit der Rechten Maustaste klicken und dann "Expertenliste" wählen.

Tabelle 7- 14 Parametereinstellungen für Antriebsgerät "INFEED"

Parameter	Wert	Bemerkung
p5540.4	[1]	Aktivierung der Spanungszeitkennlinie (HVRT - High Voltage Ride Through, LVRT - Low Voltage Ride Through) nur bei aktivierter Spannungs- und Frequenzüberwachung (p5540.0 = 1) möglich. Die Überwachungsschwellen in p5543 werden deaktiviert. Es gilt die über p5550 bis p5554 einzustellende Spannungs-Zeit-Überwachung (Anzeige in r5542 Bit 10 und 11).
p5540.5	[1]	FRT (Fault Ride Through) Abschaltung verzögert Einstellung des Verhaltens nach einem Spannungseinbruch (LVRT - Low Voltage Ride Through) 0-Signal = Abschaltung erfolgt sofort. 1-Signal = Abschaltung erfolgt erst nach Ablauf der Zeit in p5545[2].

Parameter	Wert	Bemerkung
p5540.7	[1]	Aktivierung der Frequenzzeitkennlinie (HFRT - High Frequency Ride Through, LFRT - Low Frequency Ride Through) nur bei aktivierter Spannungs- und Frequenzüberwachung (p5540.0 = 1) möglich. Die Überwachungsschwellen in p5544 werden deaktiviert. Es gilt die über p5555 bis p5559 einzustellende Frequenz-Zeit-Überwachung (Anzeige in r5542 Bit 12 und 13).
p5545[2]	z. B. 3000 ms [1]	FRT LVRT (Low Voltage Ride Through) Abschaltzeit
p5545[3]	z. B. 0 [1]	FRT (Fault Ride Through) Spannungswiederkehr Wartezeit
p5545[4]	z. B. 0 [1]	FRT (Fault Ride Through) Frequenzwiederkehr Wartezeit
p5550[0]	z. B. 120 % [1]	Einstellung der Eintrittschwellen für HVRT (High Voltage Ride Through) einer Netzstörung für die FRT (Fault Ride Through) Netzüberwachung. Die Einstellung erfolgt in Prozent von p0210.
p5550[1]	z. B. 80 % [1]	Einstellung der Eintrittschwellen für LVRT (Low Voltage Ride Through) einer Netzstörung für die FRT (Fault Ride Through) Netzüberwachung. Die Einstellung erfolgt in Prozent von p0210.
p5551[0] ... p5551[9]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1]	Einstellung der Zeitwerte der HVRT (High Voltage Ride Through) Spannungskennlinie Kehrt die Spannung nicht innerhalb des Überwachungsbereichs (p5551[9]) in den zulässigen Toleranzbereich zurück (p5550[0, 2]), so wird mit Störung F06851 abgeschaltet.
p5552[0] ... p5552[9]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1]	Einstellung der Spannungswerte der HVRT (High Voltage Ride Through) Spannungskennlinie. Die Einstellung erfolgt in Prozent von p0210.
p5553[0] ... p5553[9]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1]	Einstellung der Zeitwerte der LVRT (Low Voltage Ride Through) Spannungskennlinie. Kehrt die Spannung nicht innerhalb des Überwachungsbereichs (p5553[9]) in den zulässigen Toleranzbereich zurück (p5550[1, 2]), so wird mit Störung F06851 abgeschaltet.
p5554[0] ... p5554[9]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1]	Einstellung der Spannungswerte der LVRT (Low Voltage Ride Through) Spannungskennlinie. Die Einstellung erfolgt in Prozent von p0210.
p5555[0]	z. B. 0,5 Hz [1]	Einstellung der Frequenzeintrittschwellen für HFRT (High Frequency Ride Through) einer Netzstörung für die FRT (Fault Ride Through) Netzüberwachung. Die Einstellung erfolgt als Differenz zur Nennfrequenz p0211
p5555[1]	z. B. -0,7 Hz [1]	Einstellung der Frequenzeintrittschwellen für LFRT (Low Frequency Ride Through) einer Netzstörung für die FRT (Fault Ride Through) Netzüberwachung. Die Einstellung erfolgt als Differenz zur Nennfrequenz p0211
p5556[0] ... p5556[9]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1]	Einstellung der Zeitwerte der HFRT (High Frequency Ride Through) Frequenzkennlinie. Kehrt die Frequenz nicht innerhalb des Überwachungsbereichs (p5556[9]) in den zulässigen Toleranzbereich zurück (p5555[0, 2]), so wird mit Störung F06851 abgeschaltet.
p5557[0] ... p5557[9]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1]	Einstellung der Frequenzwerte der HFRT (High Frequency Ride Through) Frequenzkennlinie. Die Einstellung erfolgt als Differenz zur Nennfrequenz p0211.
p5558[0] ... p5558[9]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1]	Einstellung der Zeitwerte der LFRT (Low Frequency Ride Through) Frequenzkennlinie. Kehrt die Frequenz nicht innerhalb des Überwachungsbereichs (p5558[9]) in den zulässigen Toleranzbereich zurück (p5555[1, 2]), so wird mit Störung F06851 abgeschaltet.

Parameter	Wert	Bemerkung
p5559[0] ... p5559[9]	Gemäß Länderspezifischer Richtlinie [1)]	Einstellung der Frequenzwerte der LFRT (Low Frequency Ride Through) Frequenzkennlinie. Die Einstellung erfolgt als Differenz zur Nennfrequenz p0211.

1) Werte sind anlagenabhängig und bei der Anpassung an die jeweilige Anlagenkonfiguration besonders zu beachten.

7.5.8 Signalschnittstellen

Beschreibung

Die nachfolgenden Signale werden vom Antriebsgerät zum Betrieb benötigt bzw. zur Beobachtung zur Verfügung gestellt.

Übergabesignale an das Antriebsgerät

Es handelt sich um eine Liste von typischen Signalen für die Kommunikation mit der überlagerten Steuerung.

Tabelle 7- 15 Übergabesignale an das Antriebsgerät

Parameter	Drive Object	Signal	Typ	Einheit
p0840[0]	INFEED	BI: EIN/AUS1 Einstellung der Signalquelle für Steuerwort 1 Bit 0 (EIN/AUS1).	Bit	-
p5501	INFEED	BI: Dynamische Netzstützung Aktivierung 1-Signal: Aktivierung der dynamischen Netzstützung. 0-Signal: Deaktivierung der dynamischen Netzstützung.	Bit	-
p3511	INFEED	CI: Einspeisung Zwischenkreisspannung Zusatzsollwert Signaleingang für Stellsignal des übergeordneten externen Reglers	Unsigned32 / FloatingPoint32	-
p3611	INFEED	CI: Einspeisung Blindstrom Zusatzsollwert Blindlastsollwert für den Betrieb bei p5501 = 0	Unsigned32 / FloatingPoint32	-
p5480	INFEED	Trafo Magnetisierung Modus 0 = deaktiviert 1 = Normalbetrieb Achtung: Bei deaktivierter Magnetisierung wird der Leistungsschalter bei vorgeladenem Zwischenkreis unabhängig vom Betriebszustand eines gegebenenfalls vorhandenen Transformators angesteuert. Dies kann zu einer Überlastung von Netz- oder Anlagenbauteilen oder auch zu Beschädigungen führen, falls ein Transformator vorhanden ist. Der Einsatz einer externen unabhängigen Synchronisierüberwachung wird empfohlen.	Integer, 16Bit	-
p5541	INFEED	BI: Netzüberwachung Aktivierung Signalquelle zur Aktivierung der Netzüberwachung 1-Signal: Aktivierung der Netzüberwachung 0-Signal: Deaktivierung der Netzüberwachung	Unsigned32 / Binary	-

Übergabesignale vom Antriebsgerät

Es handelt sich um eine Liste von typischen Signalen für die Kommunikation mit der überlagerten Steuerung.

Tabelle 7- 16 Übergabesignale vom Antriebsgerät

Parameter	Drive Object	Signal	Typ	Einheit
r0899.0	INFEED	Einschaltbereit 1-Signal: Einschaltbereit 0-Signal: nicht Einschaltbereit	Bit	-
r0899.1	INFEED	Betriebsbereit 1-Signal: Betriebsbereit 0-Signal: nicht Betriebsbereit	Bit	-
r0899.2	INFEED	Betrieb freigeben 1-Signal: Betrieb freigeben 0-Signal: Betrieb nicht freigeben	Bit	-
r0046.0	INFEED	AUS1 Freigabe fehlt 1-Signal: AUS1 Freigabe fehlt 0-Signal: AUS1 Freigabe fehlt nicht	Bit	-
r2139.3	INFEED	Störung wirksam 1-Signal: Störung wirksam 0-Signal: Störung nicht wirksam Das 1-Signal wird gesetzt, wenn eine Störung in einem oder mehreren Drive Objects auftritt	Bit	-
r2139.7	INFEED	Warnung wirksam 1-Signal: Warnung wirksam 0-Signal: Warnung nicht wirksam Das 1-Signal wird gesetzt, wenn eine Warnung in einem oder mehreren Drive Objects auftritt	Bit	-
r5502	INFEED	Dynamische Netzstützung Zustandswort	Unsigned16	-
r5482	INFEED	Trafo Magnetisierung Zustand Status der Transformator-Magnetisierung	Integer	-
r0068	INFEED	Stromistwert Betrag Anzeige des Betrages des Stromistwertes.	FloatingPoint32	Aeff
r0070	INFEED	Istwert Zwischenkreisspannung	FloatingPoint32	V
r0072[1]	INFEED	Spannung an den Eingangsklemmen des Netzfilters	FloatingPoint32	Veff
r0082	INFEED	Istwert Wirkleistung	FloatingPoint32	kW
r0722.0	CU	CU Digitaleingänge Status DI 0 (X122.1) Rückmeldung Leistungsschalter (Voraussetzung ist die Verdrahtung des Rückmeldesignals mit dem DI0 der Control Unit, Klemme -X122.1)	Bit	-
r5542	INFEED	Netzüberwachung Zustandswort	Unsigned16	-

7.6 Inbetriebnahme Netztransformator

7.6.1 Inbetriebnahme netzfreundliche Transformator-Magnetisierung

DRIVE-CLiQ-Topologie

Damit die Auto-Inbetriebnahme funktioniert, muss die folgende DRIVE-CLiQ-Topologie verwendet werden. Wenn eine andere DRIVE-CLiQ-Topologie gewählt wird, muss der Anwender in der Offline-Projektierung des Tools STARTER alle VSM10 manuell zuordnen.

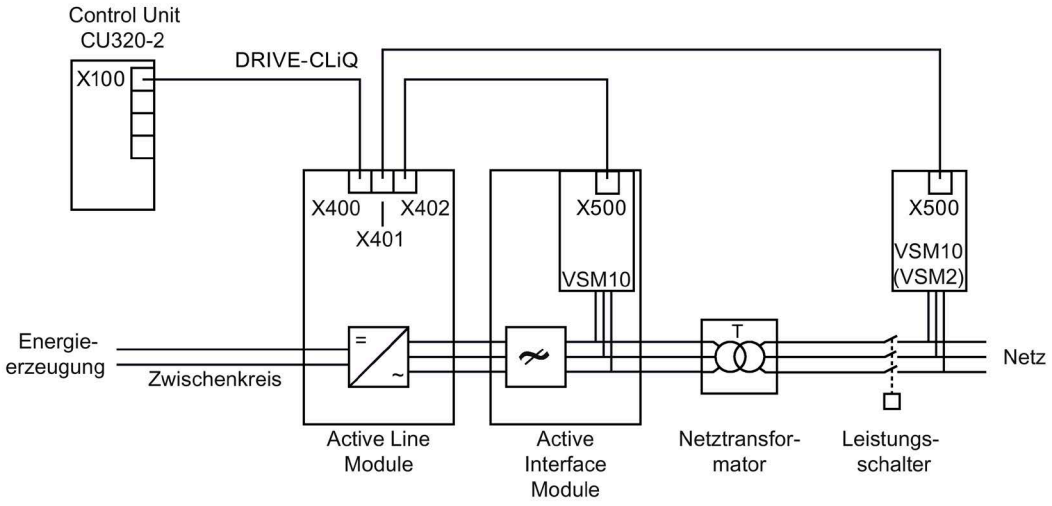


Bild 7-6 DRIVE-CLiQ-Topologie am Beispiel Bauform Chassis

Funktionsablauf

Die Magnetisierung beginnt nach Abschluss der Zwischenkreis-Vorladung.

Bei offenem Leistungsschalter zwischen Transformator und Netz erzeugt das Active Line Module eine Ausgangsspannung zur synchronen Magnetisierung der Primärseite (Netzseite) des Transformators.

Vorhandene Restmagnetisierung des Transformators, bzw. eine Restspannung im Netzfilter, wird beim Magnetisierungsvorgang berücksichtigt.

Ablauf der Magnetisierung:

1. Mit Beginn des Einschaltvorgangs wird r0899.8 auf "1" gesetzt.
2. Mit Abschluss der Zwischenkreis-Vorladung gilt r0899.11 = 1.
3. Während der Transformator-Magnetisierung gilt r0899.8 = 1 und r0899.11 = 1.
4. Nach Abschluss der Transformator-Magnetisierung befindet sich der Umrichter im Zustand "Betriebsbereit": r0899.1 = 1 (r0899.8 = 0 und r0899.11 = 1).
5. Das Rückmeldesignal des Leistungsschalters muss zwingend über p0860 verschaltet sein, um rechtzeitig ein automatisches Beenden der Transformator-Magnetisierung zu

ermöglichen (interne Pulssperre des Active Line Module). Nach Ablauf der Prellzeit wird anschließend automatisch der geregelte ALM-Betrieb aufgenommen.

Hinweis

Falls die Applikation im bereits synchronen Zustand ein langes Warten auf das externe Schließen des Leistungsschalters erfordert, so kann das Rückmeldesignal des Schalters für die Freigabe p5483 verwendet werden.

Zur Ansteuerung des Leistungsschalters wird der Parameter r0863.1 (Ansteuerung externes Hauptschütz) als Ausgang verwendet. Wenn die Funktion "Netztransformator" aktiviert ist (Magnetisierung Modus p5480 > 0), folgt der Schließbefehl über r0863.1 nach dem Ablauf der Vormagnetisierungsrampe und dem Erreichen der Synchronität.

Identifikation der Transformatordaten

Die korrekte Kompensation des Spannungsabfalls am Transformator und die optimale Regelung der Spannung am Netzanschlusspunkt des Inselnetzes durch das Active Line Module erfordert die Berücksichtigung der Hauptinduktivität, Streuinduktivität und Phasenschwenkung des Transformators. Entweder sind diese transformatorspezifischen Daten seitens des Transformatorherstellers bekannt und müssen in die unten angegebenen Einstellparameter der Expertenliste des Active Line Modules des Inselnetzes von Hand eingetragen oder durch die folgenden Messroutinen in der unten beschriebenen Reihenfolge bestimmt werden.
Ebenfalls werden im Folgenden die Zwischenkreiskapazität und im Falle eines Anschlusses an ein Verbundnetz die Netzinduktivität identifiziert.

Beachten Sie, dass für die Messung der Phasenschwenkung, der Streuinduktivität und der Netzinduktivität der Anschluss an ein Verbundnetz mit geschlossenem Leistungsschalter erforderlich ist. Während der im Folgenden beschriebenen manuellen Änderung von Parametern muss mit Hilfe des Parameters p0010 (Einspeisung Inbetriebnahme) in den Status "Schnellinbetriebnahme" geschaltet werden, wobei dieser Parameter danach wieder auf den Wert 0 ("Bereit") gesetzt werden muss.

Schaltungen und Schaltgruppen

Die Schaltungen von Drehstromtransformatoren sind die Verbindungen der Wicklungsstränge von Eingangs- oder Ausgangsseite zu Stern-, Dreieck- oder Zickzackschaltung.
Diese Schaltungsbilder und die entsprechenden Zeigerdiagramme sind im nachfolgenden Bild dargestellt. Die Schaltgruppe gibt die Schaltung der Stränge von zwei Wicklungen eines Transformators sowie die Kennzahl für die Phasenlage der Spannungszeiger an. Die Schaltungen werden mit nachstehenden Kennbuchstaben bezeichnet:

- Sternschaltung: Y, y
- Dreieckschaltung: D, d
- Zickzackschaltung: Z, z

Die Großbuchstaben kennzeichnen die Schaltung der Oberspannungswicklung, die Kleinbuchstaben die der Unterspannungswicklung. In den Schaltgruppen werden die großen Buchstaben vorangestellt. Wenn der Sternpunkt einer Wicklung in Stern- oder Zickzackschaltung herausgeführt ist, lautet die Kennzeichnung YN oder ZN bzw. yn oder zn.

Die Kennzahl (0; 5 etc.) gibt im Zeigerdiagramm an, um welches Vielfache von 30° der Zeiger der Unterspannung gegen den der Oberspannung mit zugeordneter Anschlussbezeichnung nacheilt. Die Drehrichtung der Zeiger ist dabei entgegen dem Uhrzeigersinn gerichtet.
Die üblichen Schaltgruppen sind Yy0 (Yy6), Yz5 (Yz11), Dy5 (Dy11).

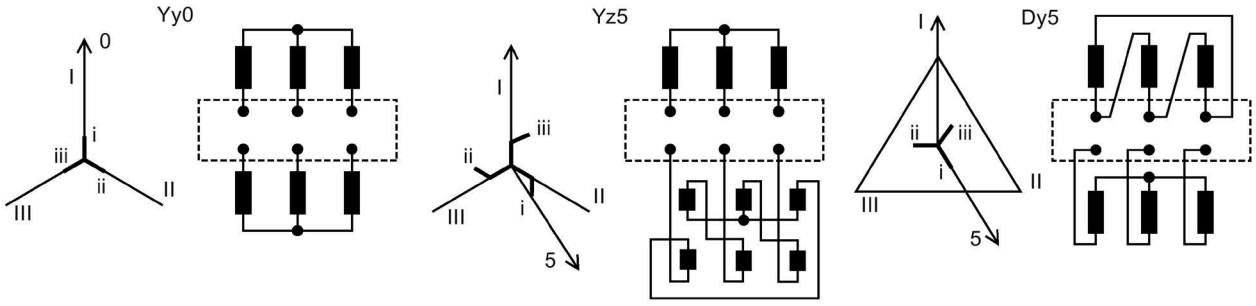


Bild 7-7 Schaltungen und Schaltgruppen von Drehstromtransformatoren

Identifikationsabfolge

1. Vor Durchführung der Messungen muss der Nennwert der Primärspannung (p5486[0]) und der Sekundärspannung (p0210) des Transformators sowie die wirksame Schwenkung des Phasenwinkels (p6420[0]) eingetragen werden. Auch wenn die Phasenverschiebung (wie unten unter 3. beschrieben) vermessen wird, muss zuvor in p6420[0] ein möglichst genauer Wert eingetragen werden; z. B. muss für einen Transformator des Typs Dyn5 der Wert -150° in p6420[0] eingetragen werden.
   Um den während der folgenden Messungen fließenden Strom in das Verbundnetz zu limitieren, muss das Parameterpaar p3415 vor dem ersten Einschalten auf p3415[0] = p3415[1] = 5 % gesetzt werden. Je nach aktuellem Systemzustand kann dieser Parameter eventuell nur offline geändert werden.

2. Hauptinduktivität:
   Ein Einschalten des Active Line Modules des Inselnetzes mit p5480 = 11 identifiziert die Hauptinduktivität des Transformators. Die angezeigte Warnung dient lediglich der Information und muss nicht weiter beachtet werden.
   Die Energieversorgung des Zwischenkreises muss während der Messung sichergestellt sein. Bei dieser Messung wird der Leistungsschalter nicht geschlossen, ein inselnetzseitiger Anschluss an ein Verbundnetz ist hier somit nicht notwendig.
   Der Messwert der Hauptinduktivität, der vom System nach erfolgter Vermessung in r5491 geschrieben wurde, muss manuell in p5492 eingetragen werden. Zur manuellen Änderung des Parameters p5492 muss mit Hilfe des Parameters p0010 (Einspeisung Inbetriebnahme) in den Status "Schnellinbetriebnahme" geschaltet werden, wobei dieser Parameter danach wieder auf den Wert 0 ("Bereit") gesetzt werden muss.

3. Schwenkung des Phasenwinkels:
   Ein Einschalten des Active Line Modules des Inselnetzes mit p5480 = 12 identifiziert die wirksame Schwenkung des Phasenwinkels und ermittelt einen Korrekturwert für das wirksame Übersetzungsverhältnis. Die Messwerte r6440 und r6441 müssen in die Einstellparameter p6420[0] (Schwenkwinkel der Spannung zwischen Inselnetz und Netzfilterspannung) und p6421[0] (Korrekturwert für das wirksame Übersetzungsverhältnis z. B. durch Messtransformatoren) übernommen werden.
   Bei dieser Messung wird der Leistungsschalter vom System geschlossen. Der Parameter p5480 muss danach wieder auf 0 ("deaktiviert") gesetzt werden.

4. Zwischenkreiskapazität und Netzinduktivität:
   Der Parameter p5580 (Inselnetz Schwarzstart Modus) muss auf p5580 = 0 gesetzt sein. Ein Einschalten des Active Line Module mit p3410 = 5 bewirkt eine Identifikation der Netzinduktivität und der Zwischenkreiskapazität. Die angezeigte Warnung dient lediglich der Information und muss nicht weiter beachtet werden.
   Anhand der Messwerte wird automatisch eine Regleroptimierung durchgeführt und die Einstellungen werden netzausfallsicher gespeichert. Dabei wird der Leistungsschalter geschlossen, der Stromrichter geht vollständig in Betrieb und prägt testweise einen definierten Blindstrom am Netzanschlusspunkt in das externe Netz ein.
   Der Parameter p3410 wird nach der Messung automatisch zurückgesetzt. Das Active Line Module muss von Hand ausgeschaltet werden (p840.0 = 0), nachdem die oben erwähnte Warnung ausgeblendet wurde und die Meldung "OK" angezeigt wird.
5. Streuinduktivität:
   Ein Einschalten des Active Line Module mit p5480 = 13 identifiziert die wirksame Streuinduktivität des Transformators. Bei dieser Messung wird der Leistungsschalter vom System geschlossen. Der Messwert r5489 muss in den Einstellparameter p5490 übernommen werden. Zur manuellen Änderung des Parameters p5490 muss mit Hilfe des Parameters p0010 (Einspeisung Inbetriebnahme) in den Status "Schnellinbetriebnahme" geschaltet werden, wobei dieser Parameter danach wieder auf den Wert 0 ("Bereit") gesetzt werden muss.
6. Der Steuerungsparameter p5480 für die Identifikation der Transformatordaten muss nach Abschluss der Messungen manuell auf "1 = Normalbetrieb" gesetzt werden.

Hinweis

- Die Änderung von Amplitude, Frequenz und Winkellage kann zu unerwünschtem Verhalten von anderen Komponenten im Inselnetz führen.
- Beeinflussung von Verbrauchern im Inselnetz:
  Die Rampenzeiten für Spannung, Frequenz und Phasenwinkel müssen so gewählt werden, dass es zu keiner Überlastung oder Fehlerabschaltung der Verbraucher kommt (p5586[1...6]).
- Häufig bereitet eine korrekte Parametrierung des Schwenkwinkels (p6420[0, 1]) Probleme. Eine Prüfung ist ohne zusätzliche Messhilfsmittel nur dann möglich, wenn der Leistungsschalter zum Inselnetz bzw. zum externen Netz geschlossen ist.
  Der erste Fall kann beispielsweise durch einen Schwarzstart erzeugt werden. Bei geschlossenem Schalter muss dann gelten: r5498[0, 1, 2] = r5488[0, 1, 2] bzw. r5498[0, 1, 2] = r5488[3, 4, 5].
  Der Vergleich der zeitvarianten Größen kann z. B. durch Trace-Aufzeichnung erfolgen. Ist ein Schließen des Schalters im spannungslosen Zustand und anschließender Spannungsaufbau nicht möglich (z. B. beim Schalten zwischen Inselnetz und Verbundnetz), so kann mit einem Oszilloskop mit Differenzspannungstastköpfen die Übereinstimmung der Spannungen an Primär- und Sekundärseite des Schalters vor dem Schließbefehl geprüft werden.

Hinweis

Um Sättigungseffekte im Transformator während der Magnetisierung zu vermeiden (insbesondere bei großem Aussteuergrad r0074), wird dringend die Aktivierung der Gleichanteilsregelung über p3650 empfohlen.

Betrieb an schwachen Netzen

Man spricht von einer "schwachen Netzleistung", wenn das Kurzschluss-Leistungsverhältnis (RSC) am Anschlusspunkt kleiner 10 ist. Dies gilt z. B. häufig, wenn die Nennleistung des speisenden Netztransformators kleiner ist als der Anschlusswert des Active Line Modules. In diesen Fällen müssen die dynamischen Vorgänge der Regelung reduziert werden:

- Vor dem ersten Einschalten folgende Parameter einstellen:
  p3560 = 50 %, p3615 = 50 %, p3603 = 0 %, p3415[0] = p3415[1] = 5 %.
- Falls die Reglerdynamik ohne Vorsteuerung für das Lastspiel der jeweiligen Applikation nicht ausreicht (z. B. aufgrund von Belastungssprüngen), kann die Vorsteuerung p3603 bis auf 50 % erhöht werden.
  Große sprunghafte Laständerungen an sehr weichen Netzen sollten vermieden werden.
- Falls diese Einstellungen nicht zum Erfolg führen, finden Sie weitere Hinweise in Kapitel "Automatische Anpassung der Regelung an die Netzkurzschlussleistung (Seite 142)".



⚠GEFAHR

Elektrischer Schlag sowie Brandgefahr durch zu spät auslösende Überstromschutzeinrichtungen

Nicht oder zu spät auslösende Überstromschutzeinrichtungen können Ursache für elektrischen Schlag oder Brand sein.

- Um den Personen- und Brandschutz zu gewährleisten, müssen am Einspeisepunkt Kurzschlussleistung und Schleifenimpedanz den Anforderungen in den Technischen Daten der Dokumentation entsprechen, sodass die installierten Überstromschutzeinrichtungen rechtzeitig auslösen.
- Wenn der in den technischen Daten geforderte Mindestkurzschlussstrom nicht erreicht werden kann, müssen anlagenseitig weitere Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Netzfilter- und Transformatorüberwachung

Als Einstellparameter für die Überwachung dienen p3678 und p3679. Mit diesen Parametern werden Schwellwert und Überwachungszeit für die Netzfilterüberwachung eingestellt. Eine Überschreitung führt zur Auslösung der Sicherheitsüberwachung mit der Störung F6855 (Einspeisung: Netzfilterüberwachung angesprochen).

Die Filterstrommessung erfolgt mittels Stromwandler im Active Interface Module. Der Anschluss erfolgt am VSM10. In p3670 erfolgt die Parametrierung der Stromwandlerverstärkung.
Abhängig von der Baugröße des Active Interface Module ergeben sich hier folgende Werte:

Artikelnummer	Stromwandlerverstärkung
6SL3300-7TE38-4AA1	50
6SL3300-7TE41-4AA1	50
6SL3300-7TG35-8AA1	50
6SL3300-7TG37-4AA1	50
6SL3300-7TG41-3AA1	50
6SL3305-7TG41-3AA5	80
6SL3305-7TG41-3AA5	80

Verhältnis der Leistungen Netztransformator zu Leistung des Active Line Modules

Insbesondere in Fällen, in denen sich die Leistung des Netztransformators von der Leistung des Netzumrichters unterscheidet, muss die Einstellung des Gleichanteilsreglers beachtet werden (bei aktiver Netzstatikregelung p5436, andernfalls p3650).

Bei Netzstatikregelung mit Nutzung der Trafomagnetisierung sollte p3650 zusätzlich zu p5436 eingestellt werden, um Gleichanteile während der Trafomagnetisierung zu vermeiden.

Inselnetz mit besonderen Topologien

Netz ohne Leistungsschalter

Kann im Einzelfall der Leistungsschalter zwischen Active Line Module / Active Interface Module und Netz entfallen oder wird der Schalter nicht über das SINAMICS-System gesteuert und die Spannungsgleichheit an den beiden Seiten des Schalters über externe Systeme gewährleistet, so kann der Inselnetzbetrieb auch ohne 2. VSM realisiert werden.

Dann stehen nur die Spannungsmesswerte der VSM am Active Interface Module zur Verfügung. Dies bedeutet im Unterschied zur Werkseinstellung insbesondere
p5487[0] = r3661
p5487[1] = r3662.

Netz ohne Trenntransformator

Grundsätzlich ist zwischen Active Line Module / Active Interface Module und Inselnetz ein Trenntransformator erforderlich. Der Transformator kann gegebenenfalls entfallen, falls im Inselnetz kein N-Leiter benötigt wird und alle Verbraucher und Leitungen im Inselnetz für die pulsfrequenten Potentialsprünge des Netzes gegenüber dem Erdpotential ausgelegt sind. Zudem ist für die Filterüberwachung (p3678) eine Induktivität mit uk ≥ 5 % zwischen Filter und Netz erforderlich. Der Transformator kann dazu z. B. durch eine Drossel ersetzt werden. Ohne Filterüberwachung ist eine Kurzschlussklärung nicht zulässig und p5458[1] = 0,01 s muss gesetzt werden. Diese Bedingungen sind im Einzelfall zu prüfen. Wenden Sie sich bei Bedarf an die Kundenberatung.

Die Schritte der Transformatordaten-Identifikation (p5480 = 11, 12) sind nicht mehr möglich. Sind die Vorbelegungswerte für die Gleichanteilsregelung (p5492, p5436) nicht geeignet, so müssen geeignete Einstellungen individuell anhand der Inselnetz-Eigenschaften ermittelt werden.

Hinweis

Für die Parametrierung des Inselnetzes muss im trafolosen Betrieb ein 1:1-Transformator gewählt werden (p5486[0] = p0210).

Die Induktivität einer Ersatz-Drossel ist als Streuinduktivität (p5490) einzutragen.



⚠GEFAHR

Brand bei Überlastung der Isolation im Inselnetz bei Entfall des Trenntransformators

Durch pulsfrequente Potentialsprünge im kV-Bereich überlastete Isolationen von Verbrauchern und Leitungen im Inselnetz können Ursache für elektrischen Schlag oder Brand sein.

- Stellen Sie sicher, dass die Verbraucher und Leitungen im Inselnetz für pulsfrequente Potentialsprünge im kV-Bereich gegenüber dem Erdpotential ausgelegt sind.

7.6.2 Übersicht wichtiger Parameter

Netzfreundliche Transformator-Magnetisierung

- p5480 Magnetisierung Trafo Modus
- p5481[0...2] Magnetisierung Trafo Zeiten
- r5482 Netz Synchronisierung Zustand
- p5483 BI: Netz Leistungsschalter Freigabe
- p5484[0...2] Magnetisierung Trafo Reglerdynamik
- p5485[0...1] Magnetisierung Trafo Spannungsschwellen
- p5486[0...1] Trafo Bemessungsspannung primär
- p5487[0...3] CI: Trafo Primärspannung Signalquelle
- r5488[0...5] CO: Trafo Sekundärspannung transformiert
- r5489 Trafo Streuinduktivität identifiziert
- p5490 Trafo Streuinduktivität
- r5491 Trafo Hauptinduktivität identifiziert
- p5492 Trafo Hauptinduktivität
- r5493.0...1 CO/BO: Netz Leistungsschalter Ansteuersignale
- p5494[0...1] Magnetisierung Skalierungswerte
- r5497[0...1] CO: Trafo Sekundärstrom
- r5498[0...2] CO: Trafo Sekundärspannung
- r5499.0...6 CO/BO: Netz Synchronisierung Statuswort

PLL2

- p5571 Netz PLL2 Aktivierung Signalquelle
- r5572.0...3 CO/BO: Netz PLL2 Statuswort
- p5574[0...1] Netz PLL2 Spannung Signalquelle
- p5580 Inselnetz Schwarzstart Modus
- p5581[0...8] Inselnetz Zeiten
- p5582[0...1] CO: Inselnetz Synchronisierung Sollwertführung
- p5583[0...2] BI: Inselnetz Synchronisierung Signalquellen
- p5584[0...2] Inselnetz Synchronisierung Reglerdynamik
- p5585[0...1] Inselnetz Synchronisierung Spannungsschwellen
- p5586[0...6] Inselnetz Skalierungswerte
- r6311[0...1] CO: Netz PLL2 Frequenz
- r6313 CO: Netz PLL2 Spannung geglättet
- r6314 CO: Netz PLL2 Phasenwinkel

- r6316 CO: Netz PLL2 Netzwinkel gemessen
- p6420[0...1] Phasenverschiebung Eingangsspannung VSM zu Umrichter
- p6421[0...1] Netzspannungserfassung Verstärkungsanpassung
- p6422 Netzspannung Drehfeldrichtung
- p6423 PLL2 Dynamik
- p6425 Netzspannung Wirk-/Blindkomponente Glättungszeitkonstante
- r6440 Trafo Phasenverschiebung identifiziert
- r6441 Trafo Verstärkungsanpassung identifiziert

Anzeige und Parametrierung des VSM2 für die Trafo-Primärspannung

- p5460 VSM2 Eingang Netzspannung Spannungsteiler
- r5461[0...n] CO: VSM2 Eingang Netzspannung u1 - u2
- r5462[0...n] CO: VSM2 Eingang Netzspannung u2 - u3
- r5464[0...n] CO: VSM2 Temperaturauswertung Status
- p5465[0...n] VSM2 Temperaturauswertung Sensortyp
- r5466[0...n] CO: VSM2 Temperatur KTY
- p5467[0...n] VSM2 Übertemperatur Warnschwelle
- p5468[0...n] VSM2 Übertemperatur Abschaltschwelle
- p5469[0...n] VSM2 Übertemperatur Hysterese
- p5470[0...n] VSM2 10-V-Eingang Stromwandlerverstärkung
- r5471[0...n] CO: VSM2 10-V-Eingang Stromwandler 1 Istwert
- r5472[0...n] CO: VSM2 10-V-Eingang Stromwandler 2 Istwert
- r5473[0...n] CO: VSM2 10-V-Eingang 1 Istwert
- r5474[0...n] CO: VSM2 10-V-Eingang 2 Istwert

Gleichanteilsregler

- p3648[0...1] CO: Trafo Gleichanteilsregler Stromistwert
- r3649 Trafo Gleichanteilsregler Nachstellzeit
- p3650 Trafo Gleichanteilsregler Proportionalverstärkung
- p3651 Trafo Gleichanteilsregler Begrenzung
- r3652[0...1] CO: Trafo Gleichanteilsregler Stellgröße
- p3654 Trafo Gleichanteilsregler PT2 Grenzfrequenz

Filterüberwachung

- p3670 VSM 10-V-Eingang Stromwandlerverstärkung
- p3678[0...1] Filterüberwachung Schwellwerte
- p3679[0...1] Trafo Filterüberwachung Zeiten

Sonstige

- p5406[0...1] CI: Netzstatikregelung Frequenzstatik Zusatzsollwert
- p5416[0...1] CI: Netzstatikregelung Spannungsstatik Zusatzsollwert

7.6.3 Funktionspläne

- 7987 Gegensystemregler
- 7988 Inselnetz Schwarzstart Ablaufsteuerung
- 7989 Inselnetz Synchronisierung Ablaufsteuerung
- 7990 Trafomodel
- 7991 Netzfilterüberwachung
- 7992 PLL2 (Phase-Locked Loop 2)
- 7993 Trafomagnetisierung Spannungsschwelle
- 7994 Trafomagnetisierung Ablaufsteuerung

7.7 Inbetriebnahme Netzstatikregelung

Für die Inbetriebnahme der Netzstatikregelung wird auf das Kapitel "Inbetriebnahmebeispiel einer Einspeisung mit Spannungs- und Frequenzregelung für ein Inselnetz (Seite 75)" und auf das allgemeine Funktionskapitel (Kapitel "Funktionsmodul Netzstatikregelung (Seite 35)") verwiesen.

7.7.1 Schwarzstart im Inselnetz

Voraussetzungen

Die Ansteuerung des Leistungsschalters zum Verbinden von Einspeisung und Inselnetz erfolgt über den Binektorausgang r0863.1.

Die Rückmeldung des Leistungsschalters muss mit p0860 verbunden sein.

Der Netzstatikregelungs-Betrieb (p5401) muss aktiviert sein.

Ablauf des Schwarzstartes

1. r5482 = 1: Vorgang inaktiv
   Es wird auf den Einschaltbefehl (p0840) gewartet.
   Der Inselnetz Schwarzstart muss aktiviert sein (p5580 = 2, 3).
   Der Transformator-Testbetrieb muss deaktiviert sein (p5480 ≤ 1).
2. r5482 = 100: Schwarzstart Netzprüfung
   Es wird geprüft, ob der Betrag der Netzspannung des Inselnetzes (r0072[2]) niedriger als die Spannungsgrenze in p5586[0] ist.
3. r5482 = 101: Warten auf PLL
   Die Bereitmeldung der Netz-PLL wird abgewartet (r3452 ≥ 4).
4. r5482 = 102: Schwarzstart Entmagnetisierung Rampe läuft
   Die Entmagnetisierungsrampe dient dazu, eine eventuell im Netzfilter des Active Interface Module noch gespeicherte Energie abzubauen.
5. r5482 = 103: Schwarzstart Warten auf Spannungsschwelle p5586[0]
   Es wird geprüft, ob der Betrag der Netzspannung des Inselnetzes (r0072[2]) innerhalb der Zeit in p5581[3] niedriger als die Spannungsgrenze in p5586[0] ist.
6. r5482 = 104: Schwarzstart Warten auf LSS (Leistungsschutzschalter)-Freigabe (p5483 = 1-Signal)
   Es wird die Freigabe des Leistungsschalters für die Verbindung der Einspeisung mit dem Inselnetz (p5483) und die Aktivierung der Netzstatikregelung (p5401) abgewartet.
   Das Rückmeldesignal muss über p0860 verdrahtet werden. Der Status wird in r0863.1 angezeigt.
7. r5482 = 105: Schwarzstart Warten auf LSS (Leistungsschutzschalter)-Prellzeit
   Es wird die Prellzeit des Leistungsschalters für die Verbindung der Einspeisung mit dem Inselnetz abgewartet (p5581[1]).
8. r5482 = 106: Schwarzstart Warten auf Netzstatik aktiv
   Es wird das Hochlaufen der Netzstatikregelung abgewartet (r5402.1 = 1).

9. r5482 = 107: Schwarzstart Magnetisierungsrampe
   Die Spannung der Einspeisung wird über eine parametrierbare Hochlaufzeit (p5581[0]) auf die Nennspannung erhöht.
   Dabei wird die vorhandene Netzstatikregelung eingesetzt, um Lastschwankungen im Inselnetz auszugleichen.
10. r5482 = 108: Schwarzstart Netzprüfung abschließend
    Es wird geprüft, ob Spannung und Frequenz des Inselnetzes innerhalb der zulässigen Toleranzgrenzen liegen (p0282 < r0072[2] < p0281 und p0285 < r0066[1] < p0284).
11. r5482 = 109: Schwarzstart beendet

Einstellungen

Der Inselnetz Schwarzstart wird über p5580 konfiguriert.

- 0: Deaktiviert
- 2: Netz-Schwarzstart:
  Es wird ein Schwarzstart durchgeführt, Voraussetzung ist, dass die Netzspannung kleiner p5586[0] ist.
- 3: Netz-Schwarzstart Automatik:
  - a) Wenn die Netzspannung kleiner p5586[0] ist, wird ein Schwarzstart durchgeführt (wie bei p5580 = 2).
  - b) Wenn die Netzspannung zwischen p0281 und p0282 und die Frequenz zwischen p0284 und p0285 liegt, dann wird die Einspeisung mit dem bereits vorhandenen Inselnetz synchronisiert.
  - Wenn weder a) noch b) erfüllt sind, dann wird gewartet und nach Ablauf der Zeit in p5581[2] der Einschaltversuch mit der Störung F6503 abgebrochen.

Hinweise

- Häufig wird die Netzeinspeisung über einen Transformator mit dem Inselnetz verbunden. Mit der Funktion "Schwarzstart" wird dieser Transformator zusammen mit dem Netz rampenförmig magnetisiert. Ein Zuschalten des spannungslosen Transformators auf ein bereits unter Spannung stehendes Inselnetz erzeugt hohe Inrush-Ströme und Netzrückwirkungen und soll daher in der Regel vermieden werden.
  Mit der Funktion "Transformator-Magnetisierung" (p5480 = 1) kann in diesen Fällen (kein Schwarzstart) ein sanfter Spannungsaufbau im Transformator vor dem regulären Synchronisieren der Netzeinspeisung mit dem Netz erreicht werden.
- Die Funktion "Schwarzstart" erfordert die gleichen BiCo-Verbindungen wie die Funktion "Transformator-Magnetisierung" (p5480). Beim Schwarzstart wird zusammen mit dem Aufmagnetisieren des Netztransformators auch das angeschlossene Inselnetz aufgebaut.
- Das 2. VSM10 erfasst die Netzspannung auf der Netzseite des Leistungsschalters zwischen Einspeisung und Inselnetz (FP 7990).
  Die Spannungs-Messwerte werden in den Parametern r5461[0] / r5462[0] angezeigt und als Eingänge für die Spannungsumrechnung im Transformatormodell verwendet (p5487[0] = r5461[0], p5487[1] = r5462[0]. Das Transformator-Übersetzungsverhältnis (zwischen Inselnetz und Eingang der Einspeisung) wird mit p5486[0] eingestellt.

- Der Schwenkwinkel der Spannung zwischen Inselnetz und der Netzfilter-Spannung muss in Parameter p6420[0] eingestellt werden.
  Verbleibende Verstärkungsfehler (z. B. durch Messtransformatoren) können über Parameter p6421[0] korrigiert werden.
  Die Ermittlung bzw. Überprüfung kann z. B. durch einen Trace oder die Auswertung der Parameter r3661 (Sekundärseite des Transformators) und r5461[0] (Primärseite des Transformators, Inselnetz) erfolgen.
- Den verschiedenen VSM10 sind entsprechend Funktionsplan FP7990 unterschiedliche Messaufgaben eindeutig zugeordnet, eine Vertauschung ist nicht zulässig.
  Für eine Zuordnung der verschiedenen VSM10, siehe Bild in nachfolgendem Kapitel, die Zuordnung der VSM10 zu den Nummern in dem Bild lauten:
  VSM_1 = ③, VSM_2 = ⑥, VSM_3 = ⑩.
  - VSM_1 ist gemäß einer eventuell vorhandenen Parallelschaltung von Leistungsteilen und Netzfiltern dem p0141 zugeordnet (Messwerte r3661, r3662).
  - VSM_2 wird mit p0151[0] definiert, die Messwerte werden in r5461[0] und r5462[0] angezeigt.
  - VSM_3 wird mit p0151[1] definiert, die Messwerte werden in r5461[1] und r5462[1] angezeigt.

Übersicht wichtiger Parameter

- p5401 BI: Netzstatikregelung Aktivierung
- r5479[0...5]: Netzstatikregelung Strom zulässig
- p5483 BI: Netz Leistungsschalter Freigabe
- p5486[0] Trafo Bemessungsspannung primär - Einspeisungs-Transformator
- p5487[0, 1] CI: Trafo Primärspannung Signalquelle - Einspeisungs-Transformator
- p5580 Inselnetz Schwarzstart Modus
- p5581[0...4] Inselnetz Zeiten - Schwarzstart
- p5586[0] Schwarzstart Spannungsgrenze

Funktionspläne

- 7988 Inselnetz Schwarzstart Ablaufsteuerung

7.7.2 Inselnetz Synchronisierung auf ein externes Netz

Konfiguration

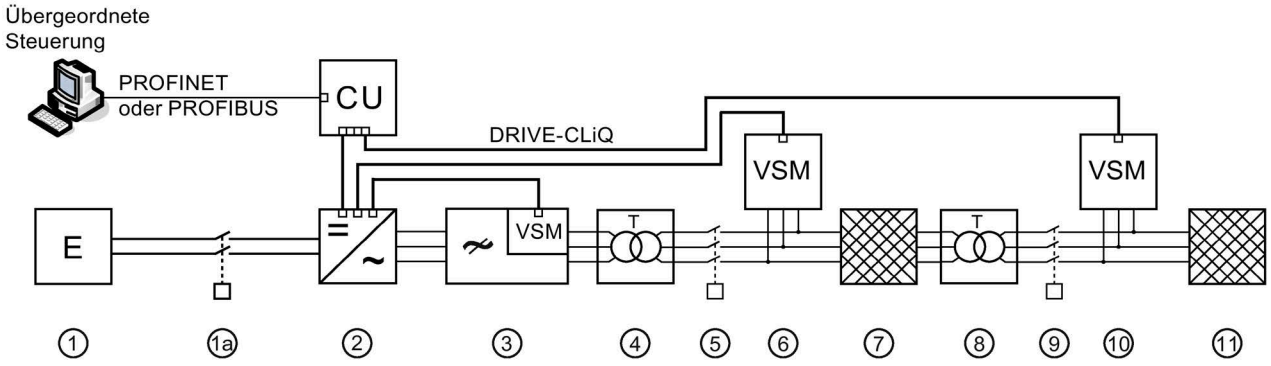


Bild 7-8 Konfiguration für die Einspeisung in ein Inselnetz mit Ankopplung an das Verbundnetz, Beispiel Geräte Bauform Chassis

Tabelle 7- 17 Komponenten bei der Einspeisung in Inselnetz mit Ankopplung an das Verbundnetz

Nummer	Beschreibung
1	Gleichspannungsquelle
1a	Optional DC-Schütz
2	Active Line Module
3	• Active Interface Module mit integriertem Voltage Sensing Module VSM10 (bei Bauform Chassis) • Active Interface Module mit zusätzlichem Voltage Sensing Module VSM10 (bei Bauform Booksize)
4	Netztransformator
5	Leistungsschalter zur Anbindung der Einspeisung an das Inselnetz
6	Voltage Sensing Module VSM10 zur Messung der Netzspannung des Inselnetzes
7	Inselnetz
8	Inselnetz-Transformator
9	Leistungsschalter zur Anbindung des Inselnetzes an das Verbundnetz
10	Voltage Sensing Module VSM10 zur Messung der Netzspannung des Verbundnetzes
11	Verbundnetz

Voraussetzungen

Es wird ein 3. VSM10 benötigt, um die Spannung und Frequenz des externen Netzes zu messen, mit dem das Inselnetz verbunden werden soll.

Die Ansteuerung des externen Leistungsschalters zum Verbinden von Inselnetz und externem Netz nach Abschluss der Synchronisierung erfolgt über den Binektorausgang r5493.1. Das Rückmeldesignal des Leistungsschalters muss auf einen Digitaleingang verschaltet werden, der in Parameter p5583[1] entsprechend zu parametrieren ist.

Die Spannung im Inselnetz ist aufgebaut. Gegebenenfalls wird zu diesem Zweck vor der Inselnetz-Synchronisierung ein Schwarzstart des Inselnetzes durchgeführt.

Ablauf der Synchronisierung

1. r5482 = 1: Warten
   Der Start erfolgt über ein 1-Signal am Binektoreingang p5583[0].
   Die Netzregelung muss aktiv sein (r5402.1 = 1).
   Die Einspeisung muss eingeschaltet sein (die Pulse müssen freigegeben sein).
   Der Leistungsschalter darf nicht geschlossen sein, die Rückmeldung erfolgt über den Binektoreingang p5583[1].
2. r5482 = 200: Inselnetz Synchronisierung Netzprüfung
   Es wird geprüft, ob das externe Netz während der Zeitdauer in p5581[7] die Toleranz für Spannung und Frequenz einhält (siehe p0281 ... p0285).
3. r5482 = 201: Inselnetz-Synchronisierung U/f-Rampe
   Es werden die Spannungsamplitude und die Frequenz des Inselnetzes über eine parametrierbare Rampe (p5584[1]) langsam an das externe Netz angeglichen, bis die Abweichungen der Spannung und der Frequenz kleiner als die Schwellenwerte in p5586[6] und p5586[5] sind.
4. r5482 = 202: Inselnetz Synchronisierung Winkelrampe
   Es wird die Frequenz des Inselnetzes über eine parametrierbare Rampe (p5584[0]) zeitweise abgesenkt und wieder erhöht, bis die Abweichungen von Winkel und die Frequenz kleiner als die Schwellenwerte in p5586[4] und p5586[5] sind.
5. r5482 = 203: Inselnetz Synchronisierung Regelung
   Es werden eventuell vorhandene Spannungs-, Frequenz und Winkeldifferenzen zwischen Inselnetz und externem Netz über einen einstellbaren Regler (p5584[0...2]) ausgeregelt, bis die Synchronisation von Inselnetz und externem Netz erreicht ist.
6. r5482 = 204: Inselnetz Synchronisierung Warten auf LSS-Rückmeldung
   Es wird das Bit p5493.1 gesetzt und die Rückmeldung des Leistungsschalters für das Inselnetz abgewartet, die Rückmeldung erfolgt über den Binektoreingang p5583[1].
7. r5482 = 205: Inselnetz Synchronisierung Warten LSS-Prellzeit
   Es wird die Prellzeit des Inselnetz-Leistungsschalters abgewartet (p5581[5]).
8. r5482 = 206: Inselnetz Synchronisierung Warten auf Netzregelung inaktiv
   Dieser Zustand bleibt solange erhalten, bis die Netzregelung deaktiviert wird.

Einstellungen

- Die maximal zulässige Zeit für das Erreichen der Netzsynchronität wird über p5481[6] eingestellt.
  Wenn innerhalb dieser Zeit die Synchronität nicht erreicht wird, dann wird mit der Störung F06504 abgeschaltet.
- Die Zusatzsollwerte (r5582) für Spannung und Frequenz zur Angleichung an das externe Netz bleiben auch nach Abschluss der Synchronisierung aktiv. Mit p5583[2] kann zeitgleich mit der Anpassung der Standard-Sollwerte (p5406[0], p5416[0]) ein Rücksetzen der Zusatzsollwerte erfolgen.
  Der Wegfall der Zusatzsollwerte muss durch eine entsprechende Anpassung der Hauptsollwerte (p5406, p5416) kompensiert werden.

Hinweis

Synchronisierung auf externes Netz bei weiteren Erzeugern im Inselnetz

Eine Synchronisierung auf ein externes Netz ist grundsätzlich auch dann möglich, wenn weitere Erzeuger im Inselnetz vorhanden sind. Dazu müssen die Synchronisier-Sollwerte für Frequenz und Spannung (r5582[0, 1]) dem untergeordneten Erzeuger gesendet und von diesem ohne Zeitverzug realisiert werden.

Zusätzliche Parametereinstellungen für Inselnetzsynchronisierung auf ein externes Netz

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht wichtiger Einstellparameter mit typischen Werten und Hinweisen für den Anwendungsfall der Inselnetzsynchronisierung auf ein externes Netz. Diese Übersicht soll als Hilfestellung bei einer Inbetriebnahme dienen. Sie ersetzt nicht die Erläuterungen in den vorangegangenen Kapiteln oder die Parameterbeschreibungen und Funktionspläne im Listenhandbuch.
Abhängig von der Anwendung können somit im Einzelfall auch Änderungen an Parametern nötig sein, die in den Tabellen nicht aufgeführt sind.

Tabelle 7- 18 Parametereinstellungen für Antriebsgerät "INFEED"

Parameter	Wert	Bemerkung
p5486[1]	z. B. 690 V	Trafo Bemessungsspannung primär, Inselnetz-Transformator In p5486[1] wird die Nennspannung des externen Netzes angegeben, mit dem das Inselnetz zeitweise mit Schalter (9) verbunden werden soll. Damit wird auch dann eine Inselnetz-Synchronisierung möglich, wenn ein Inselnetz-Transformator (8) zwischen Inselnetz und externem Netz vorhanden ist. Hinweis 1: Die in r5488[3,4,5] angezeigten Spannungen ergeben sich aus der Umrechnung der externen Netzspannungen auf den Anschlusspunkt des Active Line Module. Wenn - wie im obenstehenden Bild - ein zusätzlicher Einspeisetransformator dazwischengeschaltet ist, entsprechen die Spannungswerte r5488[3,4,5] daher nicht den Spannungen im Inselnetz bzw. an der Sekundärseite des Inselnetz-Transformators. Hinweis 2: In der Regel muss eine Serienschaltung von Transformatoren - wie im obenstehenden Bild - für die Spannungsamplituden nicht beachtet werden, sondern lediglich der Phasenwinkel (siehe p6420[1]). Einstellung der Nenn-Primärspannung des Netztransformators, an dessen Sekundärseite ein Inselnetz mit Active Line Module im Netzstatikbetrieb (p5401) angeschlossen ist. Typischerweise ist die Primärseite dieses Transformators über einen Leistungsschalter mit dem Verbundnetz oder einem anderen Inselnetz verbunden. Die Einstellung der Primärspannung und die Einstellung der Geräte-Anschlussspannung (p0210) definieren das Übersetzungsverhältnis des Inselnetz-Transformators für die Netzsynchronisierung (und muss daher nicht dem Übersetzungsverhältnis auf dem Typenschild des Netztransformators entsprechen).

Parameter	Wert	Bemerkung
p6420[1]	[1)]	Trafo Phasenverschiebung, Inselnetz-Transformator Einstellung des Gesamt-Schwenkwinkels von Inselnetz-Transformator und Einspeise-Transformator. Für diesen Schwenkwinkel ist keine automatische Identifikation verfügbar. Zu beachten ist, dass für die Umrechnung der externen Spannungen auf den Anschlusspunkt des Active Line Module (siehe r5488[3, 4]) die Summe der Schwenkwinkel aller dazwischen geschalteten Transformatoren wirksam ist und in p6420[1] einzutragen ist. Hinweis: Bei geschlossenem Schalter am Einspeise-Transformator und am Inselnetztransformator ist eine korrekte Einstellung von p6420[1] und p6421[1] daran erkennbar, dass die Zeitverläufe der Spannungen r3468[0, 1] und r5488[3, 4] bei Schwachlast näherungsweise deckungsgleich sind.
p6421[1]	z. B. 100 % [1)]	Trafo Verstärkungsanpassung, Inselnetz-Transformator Einstellung des Gesamt-Korrekturfaktors für den Feinabgleich des Spannungs-Übersetzungsverhältnis zwischen externem Netz und dem Anschlusspunkt des Active Line Module. Für diesen Korrekturfaktor ist keine automatische Identifikation verfügbar.
p5487[2]	z. B. INFEED.r5461[1]	CI: Trafo Primärspannung Signalquelle, Inselnetz-Trafo u12 Signalquelle für gemessene Leiter-Leiter-Spannung an Netztrennschalter (9) zur internen Umrechnung auf den Anschlusspunkt des Active Line Module. Die Anzeige des umgerechneten und in Raumzeiger transformierten Spannungswerts erfolgt in r5488[3, 4]. Die Umrechnung berücksichtigt das Übersetzungsverhältnis p5486[1] zu p0210 sowie den Schwenkwinkel p6420[1] und den Korrekturfaktor p6421[1].
p5487[3]	z. B. INFEED.r5462[1]	CI: Trafo Primärspannung Signalquelle, Inselnetz-Trafo u23 Signalquelle für gemessene Leiter-Leiter-Spannung an Netztrennschalter (9) zur internen Umrechnung auf den Anschlusspunkt des Active Line Module. Die Anzeige des umgerechneten und in Raumzeiger transformierten Spannungswerts erfolgt in r5488[3, 4].
p5571	INFEED.r5499.5	BI: Netz PLL2 Aktivierung Signalquelle Einstellung der Signalquelle zur Aktivierung der PLL2 für die Bestimmung von Frequenz, Phasenwinkel und Amplitude eines externen Netzes. Die Synchronisierung eines Inselnetzes (p5493[0]) erfolgt auf die Ausgabesignale der PLL2 (r6311[1], r6313, r6314).
p5574[0, 1]	z. B. INFEED.r5488[3, 4]	CI: Netz PLL2 Spannung Signalquelle Für das Synchronisieren auf ein externes Netz muss dessen Frequenz, Amplitude und Phasenlage mit Hilfe der Zusatz-Netz-PLL2 ermittelt werden. Als Eingangssignale der PLL2 müssen die umgerechneten Spannungsmesswerte des externen Netzes verwendet werden (hier r5488[3, 4]).
p5581[5]	z. B. 1 s	Synchronisierung Leistungsschalter Prellzeit Einstellung der Prellzeit für den Leistungsschalter auf der Netzseite des Netztransformators.
p5581[6]	z. B. 60 s	Synchronisierung Maximalzeit Einstellung der zulässigen Maximalzeit. Wird keine Netzsynchronisation bis zum Ablauf der Maximalzeit erreicht, so wird die Störung F06504 ausgegeben.
p5583[0]	z. B. CONTROL_UNIT.r0722.3	BI: Inselnetz Synchronisierung Signalquellen, Start Signalquelle für den Startbefehl zur Synchronisierung des Inselnetzes mit einem externen Netz.
p5583[1]	z. B. CONTROL_UNIT.r0722.4	BI: Inselnetz Synchronisierung Signalquellen, Leistungsschalter Rückmeldung Signalquelle für das Rückmeldesignal des Leistungsschalters zwischen Inselnetz und externem Netz.

Parameter	Wert	Bemerkung
p5583[2]	z. B. CONTROL_UNIT.r0722.5	BI: Inselnetz Synchronisierung Signalquellen, Sollwerte zurücksetzen Signalquelle für das Rücksetzen der Zusatzsollwerte für Spannung und Frequenz (r5582[0, 1]) nach Abschluss der Inselnetz-Synchronisierung. Zeitgleich mit dem Rücksetzbefehl muss eine entsprechende Anpassung der externen zyklischen Zusatzsollwerte erfolgen (p5406[0], p5416[0]). Erklärung: Die Synchronisierung erfolgt durch geeignete Zusatzsollwerte für die Netzstatik, d. h., die ursprünglichen Einstellungen der Netzstatik sind nach der Verbindung der Netze nicht mehr geeignet. Mit dem Rücksetzen der Zusatzsollwerte aus dem Synchronisiervorgang muss die Applikation zeitlich die alten Statikeinstellungen korrigieren.
p5586[1]	z. B. 0,5 %	Inselnetz Skalierungswerte, Synchronisierung Netzwinkelrampe Einstellung der maximal zulässigen Frequenzabweichung (in Prozent der Nennfrequenz p0211) für die Angleichung des Netzphasenwinkels bei Inselnetz-Synchronisierung.
p5586[2]	z. B. 1 %	Inselnetz Skalierungswerte, Synchronisierung Frequenzrampe Einstellung der Rampengeschwindigkeit für die Angleichung der Netzfrequenz bei Inselnetz-Synchronisierung (in Prozent der Nennfrequenz p0211 pro Sekunde).
p5586[3]	z. B. 1 %	Inselnetz Skalierungswerte, Synchronisierung Spannungsrampe Einstellung der Rampengeschwindigkeit für die Angleichung der Netzspannung bei Inselnetz-Synchronisierung (in Prozent der Nennspannung p0210 pro Sekunde).

[1)] Werte sind anlagenabhängig und bei der Anpassung an die jeweilige Anlagenkonfiguration besonders zu beachten.

Dämpfung von Netzschwingungen

Eine gute Dämpfungswirkung wird beispielsweise mit der Einstellung p5413 = 50 % x p5407 und p5414 = 10 % x p5409 erreicht. Die Stärke der Dämpfung nimmt mit p5413 zu.

Die Dämpfung kann zusätzlich oder alternativ mit dem DT1-Filter p5476 erhöht werden.

Hinweise

- Die Änderung von Amplitude und Frequenz kann zu unerwünschtem Verhalten von anderen Komponenten im Inselnetz führen (wie z. B. Generatoren, Netzmotoren). Die Eignung aller Komponenten liegt in der Verantwortung der Applikation.
- **Beeinflussung von Verbrauchern im Inselnetz:**
  Die Rampenzeiten für die zu synchronisierenden Netzparameter müssen so gewählt werden, dass es zu keiner Überlastung oder Fehlerabschaltung der Verbraucher kommt (p5586[1...6]).
- **Wechselwirkung mit weiteren Energieerzeugungseinheiten im Inselnetz:**
  Die synchronisierende Netzeinspeisung muss die einzige Erzeugereinheit im Inselnetz sein, die die Netzspannung und Netzfrequenz regelt. Sind noch weitere Erzeuger an der Spannungs- und Frequenzregelung im Inselnetz beteiligt, so müssen die Offsetwerte für Frequenz und Spannung (r5582[0, 1]) mit einer echtzeitfähigen Kommunikationsverbindung an diese anderen Erzeuger übermittelt werden.

- Das zwingend erforderliche 3. VSM10 erfasst die Netzspannung auf der Netzseite des Leistungsschalters zwischen Inselnetz und externem Netz (FP 7990).
  Die Spannungs-Messwerte werden in den Parametern r5461[1] / r5462[1] angezeigt und als Eingänge für die Spannungsumrechnung im Transformatormodell verwendet (p5487[2] = r5461[1], p5487[3] = r5462[1]. Das Transformator-Übersetzungsverhältnis (zwischen externem Netz und Eingang der Einspeisung) wird mit p5486[1] eingestellt.
  Der Schwenkwinkel der Spannung zwischen externem Netz und der Netzfilter-Spannung muss in Parameter p6420[1] eingestellt werden.
  Verbleibende Verstärkungsfehler (z. B. durch Messtransformatoren) können über Parameter p6421[1] korrigiert werden.
- Um eine sichere Synchronisierung der beiden Netze zu gewährleisten, werden zuverlässige Werte für Amplitude, Frequenz und Winkellage des externen Netzes benötigt. Diese Größen stellen die Sollwerte für die Synchronisierung des Inselnetzes dar.
  Ein bewährtes Verfahren ist die Verwendung einer sog. Phase-Locked-Loop, also eines Regelkreises für die stabile Berechnung der gesuchten Größen aus den gemessenen Istwerten der externen Netzspannungen.
  Das Funktionsmodul "Netztransformator" bietet eine allgemein einsetzbare PLL an, Eingangsgröße ist ein gemessener Spannungs-Raumzeiger in alpha/beta-Koordinaten.

  Damit sind folgende Parametrierungen erforderlich:

  – Die in alpha/beta-Koordinaten umgerechneten Spannungswerte des externen Netzes werden mit den Eingängen der PLL verbunden: p5574[0, 1] = r5488[3, 4]
  – Die Aktivierung der PLL2 soll mit Beginn der Synchronisierung erfolgen: p5571 = r5499.5
  – Die für die Synchronisierung verwendeten Sollwerte für Spannung, Frequenz und Winkellage werden in r6311[1], r6313 und r6314 angezeigt.
- Häufig bereitet eine korrekte Parametrierung des Schwenkwinkels (p6420[0, 1]) Probleme. Eine Prüfung ist ohne zusätzliche Messhilfsmittel nur dann möglich, wenn der Leistungsschalter zum Inselnetz bzw. zum externen Netz geschlossen ist.
  Der erste Fall kann beispielsweise durch einen Schwarzstart erzeugt werden. Bei geschlossenem Schalter muss dann gelten: r5498[0, 1, 2] = r5488[0, 1, 2] bzw. r5498[0, 1, 2] = r5488[3, 4, 5].
  Der Vergleich der zeitvarianten Größen kann z. B. durch Trace-Aufzeichnung erfolgen.
  Ist ein Schließen des Schalters im spannungslosen Zustand und anschließender Spannungsaufbau nicht möglich (z. B. beim Schalten zwischen Inselnetz und Verbundnetz), so kann mit einem Oszilloskop mit Differenzspannungstastköpfen die Übereinstimmung der Spannungen an Primär- und Sekundärseite des Schalters vor dem Schließbefehl geprüft werden.

Übersicht wichtiger Parameter

- r5482 Netz Synchronisierung Zustand
- p5486[1] Trafo Bemessungsspannung primär - Inselnetz-Transformator
- p5487[2, 3] CI: Trafo Primärspannung Signalquelle - Inselnetz-Transformator
- p5571 BI: Netz PLL2 Aktivierung Signalquelle
- r5572 CO/BO: Netz PLL2 Statuswort
- p5574[0...1] CI: Netz PLL2 Spannung Signalquelle
- p5581[0...8] Inselnetz Zeiten
- r5582[0...1] CO: Inselnetz Synchronisierung Sollwertführung
- p5583[0...2] BI: Inselnetz Synchronisierung Signalquellen
- p5584[0...2] Inselnetz Synchronisierung Reglerdynamik
- p5585[0...1] Inselnetz Synchronisierung Spannungsschwellen
- p5586[0...6] Inselnetz Skalierungswerte
- r6311[0...1] CO: Netz PLL2 Frequenz
- r6313 CO: Netz PLL2 Spannung geglättet
- r6314 CO: Netz PLL2 Phasenwinkel
- r6316 CO: Netz PLL2 Netzwinkel gemessen

Funktionspläne

- 7989 Inselnetz Synchronisierung Ablaufsteuerung

7.7.3 Übersicht wichtiger Parameter

Netzregelung

- r0206[0...4] Leistungsteil Bemessungsleistung
- r0207[0...4] Leistungsteil Bemessungsstrom
- p0210 Geräte- Anschlussspannung
- p0211 Netznennfrequenz
- p1300[0...n] Steuerungs-/ Regelungs- Betriebsart

Netzstatikregelung

- p5401 BI: Netzstatikregelung Aktivierung
- r5402.0...5 CO/BO: Netzstatikregelung Zustandswort
- p5403[0...1] CI: Netzstatikregelung Strom Signalquelle
- p5404[0...1] CI: Netzstatikregelung Spannung Signalquelle
- p5405 Netzstatikregelung Frequenzstatik Leerlauffrequenz
- p5406[0...1] CI: Netzstatikregelung Frequenzstatik Zusatzsollwert
- p5407 Netzstatikregelung Frequenzstatik Steigung
- p5408 CI: Netzstatikregelung Frequenzstatik Steigung dynamisch
- p5409 Netzstatikregelung Frequenzstatik Glättungszeit
- r5410 Netzstatikregelung Frequenzstatik Ausgang
- r5411[0...1] Netzstatikregelung Frequenzstatik Wirkleistung
- r5412 Netzstatikregelung Netzwinkel
- p5413 Netzstatikregelung Zusatz-Frequenzstatik Steigung
- p5414 Netzstatikregelung Zusatz-Frequenzstatik Glättungszeit
- p5415 Netzstatikregelung Spannungsstatik Leerlaufspannung
- p5416[0...1] CI: Netzstatikregelung Spannungsstatik Zusatzsollwert
- p5417 Netzstatikregelung Spannungsstatik Steigung
- p5418 CI: Netzstatikregelung Spannungsstatik Steigung dynamisch
- p5419 Netzstatikregelung Spannungsstatik Glättungszeit
- r5420 Netzstatikregelung Spannungsstatik Ausgang
- r5421[0...1] Netzstatikregelung Spannungsstatik Blindstrom
- r5422[0...1] Netzstatikregelung Spannungsstatik Blindleistung
- p5423 Netzstatikregelung Zusatzinduktivität
- p5424 Netzstatikregelung Zusatzinduktivität Glättungszeit
- p5425[0...1] Netzstatikregelung Spannungsregelung Signalquelle
- p5426 Netzstatikregelung Spannungsregelung P-Verstärkung

- p5427 Netzstatikregelung Spannungsregelung Integrationszeit
- p5428[0...3] Netzstatikregelung Spannungsregelung Kurzschluss
- r5429 Netzstatikregelung Spannungsregelung Ausgang

Schwarzstart Synchronisierung

- p5580 Inselnetz Schwarzstart Modus
- p5581[0...8] Inselnetz Zeiten
- p5582[0...1] CO: Inselnetz Synchronisierung Sollwertführung
- p5583[0...2] BI: Inselnetz Synchronisierung Signalquellen
- p5584[0...2] Inselnetz Synchronisierung Reglerdynamik
- p5585[0...1] Inselnetz Synchronisierung Spannungsschwellen
- p5586[0...6] Inselnetz Skalierungswerte

Allgemeine Netzregelungsparameter

- r5444[0...1] Netzstatikregelung Netzspannung Betrag
- r5445[0...11] Netzstatikregelung Spannung Alpha-/Beta-Komponente
- r5446[0...1] Netzstatikregelung Netzspannung Wirk-/Blind-Komponente
- r5447 CO: Netzstatikregelung Netzstrom Betrag
- r5448[0...3] Netzstatikregelung Netzstrom Alpha-/Beta-Komponente
- r5449[0...1] Netzstatikregelung Netzstrom Wirk-/Blind-Komponente
- r5450[0...5] CO: Netzstatik Sollwert wirksam
- p5476 Netzstatikregelung Dämpfung Verstärkung
- p5477 Netzstatikregelung Dämpfung Glättungszeit
- p5478[0...1] Netzstatikregelung Stromgrenzen
- r5479[0...5] Netzstatikregelung Strom zulässig

Aussteuergradregler

- p5430[0...1] Aussteuergradregler Einstellung
- p5431 Aussteuergradregler Dynamik
- p5432[0...1] Aussteuergradregler Begrenzung Ausgangsspannung
- r5433 CO: Aussteuergradregler Ausgang

Gleichanteilsregler

- p5434 Gleichanteilsregler Tiefpass Grenzfrequenz
- p5435 Gleichanteilsregler Tiefpass Dämpfung
- p5436 Gleichanteilsregler P-Verstärkung
- p5437 Gleichanteilsregler Integrationszeit
- p5438 Gleichanteilsregler Begrenzung

Oberschwingungsregler

- p5440 Oberschwingungsregler Bandpassfilter Aktivierung
- p5441[0...3] Oberschwingungsregler Bandpassfilter Verstärkung
- p5442[0...3] Oberschwingungsregler Bandpassfilter Mittenfrequenz
- p5443 Oberschwingungsregler Bandpassfilter Verstärkung gesamt

Stromhystereseregler

- p5451 BI: Stromhystereseregler Betriebsart
- r5452.0...3 CO/BO: Stromhystereseregler Ablaufsteuerung Zustandswort
- p5453[0...5] Stromhystereseregler Überstrom Grenze
- p5454[0...5] Stromhystereseregler Überstrom Hysteresebreite
- p5455[0...5] Stromhystereseregler Überstrom Toleranzbereich
- p5456[0...2] Stromhystereseregler Konfiguration
- p5457[0...2] Stromhystereseregler Pulsfrequenz Umschaltung
- p5458[0...1] Stromhystereseregler Mindestzeit Betriebszustand
- p5459[0...3] Stromhystereseregler Ablaufsteuerung Zustandswechsel

Sonstige

- p1241 Vdc_max-Regler Einschaltpegel
- p1245 Vdc_min-Regler Einschaltpegel
- p1250 Vdc-Regler Proportionalverstärkung

7.7.4 Funktionspläne

- 7982 Netzstatik, Spannungsnachregelung
- 7983 Gleichanteilsregelung, Oberschwingungsregelung
- 7984 Aussteuergradregelung
- 7986 Ablaufsteuerung Überstrom

7.8 Inbetriebnahme Dynamische Netzstützung

Für die Inbetriebnahme der Dynamischen Netzstützung wird auf das Kapitel "Inbetriebnahmebeispiel einer Einspeisung mit dynamischer Netzstützung für ein Verbundnetz (Seite 91)" und auf das allgemeine Funktionskapitel (Kapitel "Funktionsmodul Dynamische Netzstützung (Seite 40)") verwiesen.

Übersicht wichtiger Parameter

- p5500 Dynamische Netzstützung Konfiguration
- p5501 BI: Dynamische Netzstützung Aktivierung
- r5502.0...4 CO/BO: Dynamische Netzstützung Zustandswort
- p5503[0...1] CI: Dynamische Netzstützung Strom Signalquelle
- p5504[0...1] CI: Dynamische Netzstützung Spannung Signalquelle
- p5505[0...3] Dynamische Netzstützung Kennlinie Spannungswerte
- p5506[0...3] Dynamische Netzstützung Kennlinie Blindstromsollwert
- p5507[0...3] Dynamische Netzstützung Zeiten
- p5508[0...1] Dynamische Netzstützung Vdc-Schwellen
- p5509[0...11] Dynamische Netzstützung Skalierungswerte
- r5510[0...7] CO: Dynamische Netzstützung Ausgang
- r5511[0...1] CO: Dynamische Netzstützung Netzspannung Amplitude
- r5512[0...1] CO: Dynamische Netzstützung Netzspannung Betrag
- r5513[0...3] CO: Dynamische Netzstützung Netzspannung Mit/Gegensystem
- r5514[0...1] CO: Dynamische Netzstützung Stromsollwert Alpha/Beta
- r5515[0...1] CO: Dynamische Netzstützung Wirkleistung Anzeige
- r5516[0...1] CO: Dynamische Netzstützung Blindleistung Anzeige
- p5518 CI: Dynamische Netzstützung Netzphasenwinkel Signalquelle
- p5519 CI: Dynamische Netzstützung Netzfrequenz Signalquelle
- p5520 CI: Dynamische Netzstützung FRT- Stromgrenze Signalquelle
- r5522.0...3 CO/BO: Dynamische Netzstützung Ablaufsteuerung Zustandswort
- p5523[0...2] Dynamische Netzstützung Überstrom Grenze
- p5524[0...2] Dynamische Netzstützung Hysteresebreite
- p5525[0...2] Dynamische Netzstützung Überstrom Toleranzbereich
- p5526[0...2] Dynamische Netzstützung Überstrom Modulator Konfiguration
- p5527[0...2] Dynamische Netzstützung Umschaltung Pulsfrequenz
- p5528[0...1] Dynamische Netzstützung Mindestzeit Betriebszustand
- p5529[0...3] Dynamische Netzstützung Ablaufsteuerung Zustandswechsel

Funktionspläne

- 7996 Kennlinie
- 7997 Strombegrenzungen
- 7998 Ablaufsteuerung

7.9 Inbetriebnahme Netzüberwachung

7.9.1 Inbetriebnahme Inselnetzerkennung

Die Inselnetzerkennung (Anti-Islanding, AISL) wird aktiviert durch Setzen von Parameter p5541 und Konfiguration mit p5540.1. Die Einstellung der zulässigen Grenzwerte für Frequenz und Spannung erfolgt mit p5543 und p5544. Werden diese Grenzwerte überschritten, so wird dies im Statuswort r5542 signalisiert. Bleibt diese Überschreitung während der Wartezeit p5545[0] anstehen, so wird die Störung F6851 ausgelöst.

7.9.2 Inbetriebnahme Spannungs-Zeit-Überwachung

Aktivierung

Die Spannungs-Zeit-Überwachung wird über p5540.4 = 1 aktiviert. Die ansonsten aktive einfache Schwellenüberwachung über p5543 wird dabei deaktiviert.

Verhalten bei Netzstörung

- Der Beginn einer Netzstörung wird erkannt, sobald eine Phase der Netzspannung oberhalb der Schwelle p5550[0] bzw. unterhalb der Schwelle p5550[1] liegt.
- Die Netzstörung endet, sobald alle Phasen der Netzspannung unterhalb der Schwelle (p5550[0] - p5550[2]) bzw. oberhalb der Schwelle (p5550[1] + p5550[2]) liegen.
- Während einer Netzstörung werden beide Spannungskennlinien überwacht.
  - Bei Überschreitung der HVRT-Kurve (Spannungsüberhöhung) wird ohne Verzögerung mit Störung F6851 abgeschaltet.
  - Bei Unterschreitung der LVRT-Kurve (Spannungseinbruch) wird ohne Verzögerung mit Störung F6851 abgeschaltet.
    Im Fall p5540.5 = 1 erfolgt die Abschaltung erst nach Ablauf der Verzögerungszeit p5545[2].
    Auf diese Weise können bei Bedarf kurzzeitige weitere Spannungseinbrüche während der Netzwiederkehr toleriert werden.
- Kehrt die Netzspannung innerhalb der parametrierten Störungsdauer p5551[9] bzw. p5553[9] nicht in den eingestellten Toleranzbereich zurück, so wird mit Störung F6851 abgeschaltet. Unter Berücksichtigung der gewählten Hysterese p5550[2] gilt für die Untergrenze des Toleranzbereichs (p5550[0] - p5550[2]), die obere Schwelle ergibt sich gemäß der Summe p5550[1] + p5550[2].

Beispiel für Überwachung des Spannungseinbruches

Im folgenden Beispiel wird die Parametrierung einer Überwachungskennlinie für die Spannung gemäß dem folgenden Diagramm dargestellt.

Die individuell erforderliche Kennlinie ist abhängig von länderspezifischen Netzrichtlinien und Anforderungen des einzelnen Netzbetreibers:

- Nach einem Spannungseinbruch mit einer Dauer von 200 ms muss in dem Bereich oberhalb der nachfolgenden Grenzkurve der Einspeisebetrieb aufrecht erhalten bleiben.
- Der Beginn einer Netzstörung soll in diesem Beispiel erkannt werden, sobald die Netzspannung unter 80 % der Nennspannung fällt: p5550[1] = 80 %.
- Das Ende eines Fault Ride Through wird erkannt, wenn alle Netzphasenspannungen für die Zeit p5545[3] innerhalb der mit p5550[0, 1] und p5550[2] definierten Schwellenwerte liegen.
  Ein erneutes Abfallen der Spannung unter p5550[1] startet dann einen neuen Kennlinien-Überwachungsvorgang beim Zeitpunkt p5553[0]

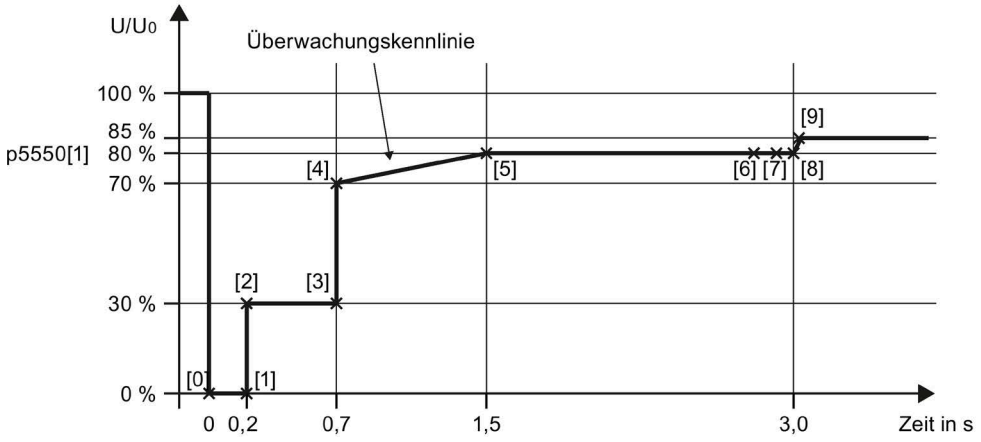


Bild 7-9 Beispiel für Spannungs-Zeit-Überwachung

In der nachfolgenden Tabelle sind die Einstellungen für die LVRT-Kennlinie beschrieben.

Tabelle 7- 19 Einstellungen für die LVRT-Kennlinie

LVRT Zeitwerte in s	LVRT Spannungswerte in %
p5553[0] = 0,00	p5554[0] = 0,00
p5553[1] = 0,20	p5554[1] = 0,00
p5553[2] = 0,20	p5554[2] = 30,00
p5553[3] = 0,70	p5554[3] = 30,00
p5553[4] = 0,70	p5554[4] = 70,00
p5553[5] = 1,50	p5554[5] = 80,00
p5553[6] = 2,98	p5554[6] = 80,00
p5553[7] = 2,99	p5554[7] = 80,00
p5553[8] = 3,00	p5554[8] = 80,00
p5553[9] = 3,01	p5554[9] = 85,00

Hinweise

- Die Zeitwerte in p5553[x] müssen aufsteigend eingegeben werden.
  Beispielsweise für die einfache Parametrierung von Sprüngen sind auch gleiche aufeinanderfolgende Zeitwerte zulässig.
- Der Zeitwert in p5553[9] legt die maximale Dauer eines Fault Ride Through fest und muss daher immer definiert werden.
  Kehrt die Spannung nicht innerhalb dieser Zeitdauer in das Toleranzband zurück, so wird die Störung F6851 ausgelöst.
  Sind nicht alle Stützpunkte erforderlich, so können die Stützpunkte vor dem Punkt p5553[9] mit gleichen Spannungswerten belegt werden.

7.9.3 Inbetriebnahme Frequenz-Zeit-Überwachung

Aktivierung

Die Frequenz-Zeit-Überwachung wird über p5540.7 = 1 aktiviert. Die ansonsten aktive einfache Schwellenüberwachung über p5544 wird dabei deaktiviert.

Verhalten bei Netzstörung

- Der Beginn einer Netzstörung wird erkannt, sobald die Frequenz oberhalb der Schwelle p5555[0] bzw. unterhalb der Schwelle p5555[1] liegt.
- Die Netzstörung endet, sobald die Frequenz unterhalb der Schwelle (p5555[0] - p5555[2]) bzw. oberhalb der Schwelle (p5555[1] + p5555[2]) liegt.
- Während einer Netzstörung werden beide Frequenzkennlinien überwacht.
  - Bei Überschreitung der HFRT-Kurve (Frequenzüberhöhung) wird ohne Verzögerung mit Störung F6851 abgeschaltet.
  - Bei Unterschreitung der LFRT-Kurve (Frequenzunterschreitung) wird ohne Verzögerung mit Störung F6851 abgeschaltet.
- Kehrt die Frequenz innerhalb der parametrierten Störungsdauer p5556[9] bzw. p5558[9] nicht in den eingestellten Toleranzbereich zurück, so wird mit Störung F6851 abgeschaltet. Unter Berücksichtigung der gewählten Hysterese p5555[2] gilt für die Untergrenze des Toleranzbereichs (p5555[0] - p5555[2]), die obere Schwelle ergibt sich gemäß der Summe p5555[1] + p5555[2].

Beispiel für die Frequenz-Zeit-Überwachung

Im folgenden Beispiel wird Parametrierung der Überwachungskennlinien für die Netzfrequenz gemäß dem folgenden Diagramm dargestellt.

Die individuell erforderlichen Kennlinien sind abhängig von länderspezifischen Netzrichtlinien und Anforderungen des einzelnen Netzbetreibers:

- Eine Netzstörung der Frequenzüberhöhung (HFRT) soll erkannt werden, sobald die Frequenz die Schwelle von p5555[0] = 0,5 Hz überschreitet.
- Eine Netzstörung der Frequenzunterschreitung (LFRT) soll erkannt werden, sobald die Frequenz die Schwelle von p5555[1] = -0,7 Hz überschreitet.
- Nach Beginn einer Netzstörung sollen die Frequenzverläufe wie im nachfolgenden Bild überwacht werden.
- Bei Überschreitung der oberen Kurve oder Unterschreitung der unteren Kurve erfolgt dann eine sofortige Abschaltung.

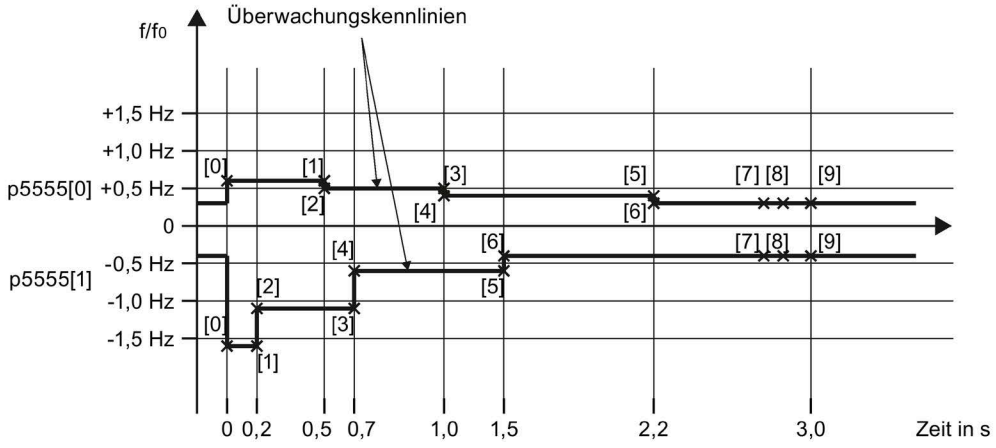


Bild 7-10 Beispiel für Frequenz-Zeit-Überwachung

In der nachfolgenden Tabelle sind die Einstellungen für die Frequenz-Zeit-Überwachung beschrieben.

Tabelle 7- 20 Einstellungen für die Kennlinien zur Frequenzüberwachung

Zeitwerte in s	**Frequenzwerte in Hz**
Frequenzüberhöhung (HFRT)	
p5556[0] = 0,00	p5557[0] = 0,6
p5556[1] = 0,50	p5557[1] = 0,6
p5556[2] = 0,50	p5557[2] = 0,5
p5556[3] = 1,00	p5557[3] = 0,5
p5556[4] = 1,00	p5557[4] = 0,4
p5556[5] = 2,20	p5557[5] = 0,4
p5556[6] = 2,20	p5557[6] = 0,3
p5556[7] = 2,98	p5557[7] = 0,3
p5556[8] = 2,99	p5557[8] = 0,3
p5556[9] = 3,00	p5557[9] = 0,3

Zeitwerte in s	**Frequenzwerte in Hz**
Frequenzunterschreitung (LFRT)	
p5558[0] = 0,00	p5559[0] = -1,6
p5558[1] = 0,20	p5559[1] = -1,6
p5558[2] = 0,20	p5559[2] = -1,1
p5558[3] = 0,70	p5559[3] = -1,1
p5558[4] = 0,70	p5559[4] = -0,6
p5558[5] = 1,50	p5559[5] = -0,6
p5558[6] = 1,50	p5559[6] = -0,4
p5558[7] = 2,98	p5559[7] = -0,4
p5558[8] = 2,99	p5559[8] = -0,4
p5558[9] = 3,00	p5559[9] = -0,4

Hinweise

- Die Zeitwerte in p5556[x] bzw. p5558[x] müssen aufsteigend eingegeben werden. Beispielsweise für die einfache Parametrierung von Sprüngen sind auch gleiche aufeinanderfolgende Zeitwerte zulässig.
- Der Zeitwert in p5556[9] bzw. p5558[9] legt die maximale Dauer eines Fault Ride Through fest und muss daher immer definiert werden.
  Kehrt die Frequenz nicht innerhalb dieser Zeitdauer in das Toleranzband zurück, so wird die Störung F6851 ausgelöst.
  Sind nicht alle Stützpunkte erforderlich, so können die Stützpunkte vor dem Punkt p5556[9] bzw. p5558[9] mit gleichen Spannungswerten belegt werden.

7.9.4 Inbetriebnahme weiterer Überwachungen

Einige Netzrichtlinien fordern eine Netzprüfung über einen definierten Zeitraum vor einem Einschalten der Energieerzeugungsanlage.

Insbesondere bei aktiver Wiedereinschaltautomatik wird das automatische Einschalten solange verhindert, bis das Netz vollständig wiedergekehrt ist.

Die Aktivierung der Spannungs- und Frequenzprüfung vor dem Synchronisieren wird über r5542.14 angezeigt.

Eine Überschreitung der Spannungs- und Frequenzgrenzen wird in r5542.6 ... r5542.9 angezeigt.

Aktivierung

Die Aktivierung der Überwachung erfolgt mit p5540.9 = 1.

Zusätzlich müssen die entsprechenden Schwellenwerte in p5543[2, 3] und p5544[2, 3] eingestellt werden, in der Voreinstellung sind diese Schwellen deaktiviert.

7.9.5 Übersicht wichtiger Parameter

Parameter zur Netzüberwachung Inselnetzerkennung

- p5540 Netzüberwachung Konfiguration
- p5541 BI: Netzüberwachung Aktivierung
- r5542.0...14 CO/BO: Netzüberwachung Zustandswort
- p5543[0...3] Netzüberwachung Spannungsschwelle
- p5544[0...3] Netzüberwachung Frequenzschwelle
- p5545[0...7] Netzüberwachung Zeiten
- p5547[0] Netzüberwachung Frequenzen
- p5548[0] Netzüberwachung Verstärkungen
- p5550[0...2] Netzüberwachung Netzstörung Schwellen Spannungskennlinie
- p5551[0...9] Netzüberwachung HVRT Zeitwerte
- p5552[0...9] Netzüberwachung HVRT Spannungswerte
- p5553[0...9] Netzüberwachung LVRT Zeitwerte
- p5554[0...9] Netzüberwachung LVRT Spannungswerte
- p5555[0...2] Netzüberwachung Netzstörung Schwellen Frequenzkennlinie
- p5556[0...9] Netzüberwachung HFRT Zeitwerte
- p5557[0...9] Netzüberwachung HFRT Frequenzwerte
- p5558[0...9] Netzüberwachung LFRT Zeitwerte
- p5559[0...9] Netzüberwachung LFRT Frequenzwerte

Sonstige

- p3612 CI: Einspeisung Blindleistung Vorsteuerung

7.9.6 Funktionspläne

- 7999 Netzüberwachung Inselnetzerkennung

7.10 Inbetriebnahme Cos phi-Anzeige

Voraussetzungen

- Für die Funktion cosφ-Berechnung muss bei der Inbetriebnahme das Active Line Module-Funktionsmodul "Zusatzmodul Cosinus Phi" aktiviert werden. Damit stehen die zusätzlichen Parameter p3473 bis p3479 zur Verfügung.
  Soll ein zweites VSM10 zur cosφ-Anzeige genutzt werden, ist zusätzlich das FM Netztransformator zu aktivieren.
- Voraussetzung für eine korrekte cosφ-Anzeige ist der Betrieb des Active Line Module und des Voltage Sensing Modules am gleichen Netz, d. h., mit der gleichen Netzfrequenz. Insbesondere muss dabei der Parameter r0066 die richtige Netzfrequenz anzeigen bzw. das Active Line Module in Betrieb sein. Transformatoren zwischen Messpunkt und Anschlusspunkt des Active Line Module sind zulässig, eine damit eventuell verbundene Phasendrehung (Vertauschung der Phasenreihenfolge) muss parametriert werden (siehe p3475).
- Eingangsgrößen für die cosφ-Anzeige sind die Phasenströme und Leiterspannungen am Messpunkt.
  - Grundsätzlich können die Messwerte (i1, i2, u12, u23) mit beliebigen Mitteln erfasst und durch BiCo-Verknüpfung (p3473, p3474) dem Berechnungsblock zugeführt werden. Zu beachten sind jedoch die ggf. vorliegenden Totzeiten aufgrund der Signalübertragungen (siehe "Kalibrierparameter p3479" im Abschnitt Anwendung).
  - Insbesondere ist das VSM10 mit jeweils 2 Mess-Eingängen für Netzspannungen bis 3 AC 690 V_{eff} und Strom-Spannungs-Wandler für +/-10 V für die Messwerterfassung geeignet. Die Auswahl der geeigneten Stromwandler sowie die Parametrierung der Umrechnung in Stromstärke (p3670) müssen applikationsspezifisch erfolgen.
  - Prinzipiell können auch Ströme oder Spannungen aus dem Netzmodell der Active Line Module-Regelung (r3467, r3468) für die cosφ-Anzeige genutzt werden. Allerdings bewirken die unvermeidbaren Bauteilstreuungen (insbesondere des Netzfilters) eine geringere Genauigkeit der Anzeige.

Anwendung

- Es können gleichzeitig cosφ-Werte für zwei unterschiedliche Anschlusspunkte am gleichen Netz erfasst und berechnet werden (z. B. ein äußerer cosφ am Verknüpfungspunkt der Gesamtanlage mit dem Netz und ein innerer cosφ an den Wechselrichter-Klemmen). Die Parameter sind daher 2-fach indiziert.
- Mit Hilfe von p3475 werden die zwei unabhängigen cosφ-Anzeigen aktiviert (Bit 0) und konfiguriert.
  - Das Konfigurationsbit-1 legt fest, ob die Eingangssignale für Spannung und Strom in Raumzeigerkoordinaten (Alpha/Beta) oder in 3-Leiter-Darstellung (Phasen R, S, T) vorliegen. Somit können sowohl Signale aus internen Netzmodellen (z. B. r3467, r3468) oder auch unmittelbare VSM10-Messwerte (z. B. r5461, r5471) verwendet werden.
  - Das Konfigurationsbit-2 legt fest, ob zwischen cosφ-Messpunkt (Spannungen, Ströme) und den Klemmen des Active Line Module eine Vertauschung der Phasenreihenfolge aufgrund eines Transformators vorliegt.

- Entsprechend der gewählten Konfiguration müssen die Signalquellen der Strom- und Spannungsistwerte für den cosφ-Messpunkt in p3473 und p3474 parametriert werden.
- Die Anzeige des Messwerts erfolgt in Betrag (r3478) und Vorzeichen (r3477). Insbesondere bei r3478 = 1 führen bereits minimale Phasenverschiebungen der Ströme zu einem Vorzeichenwechsel. Eine geeignete Wahl der Glättung p3476 kann unerwünschtes Toggeln verhindern bzw. eine geforderte Reaktionszeit der Messung sicherstellen.
- Entscheidend für die Genauigkeit der cosφ-Anzeige ist die Berücksichtigung aller Tot- und Verzugszeiten von Strom- und Spannungsmessung. Mit p3479 kann die Messung angepasst werden, falls kein VSM10 für die Strommessung zum Einsatz kommt oder zusätzliche Totzeiten durch Kommunikationsbusse entstehen.
  Ein einfaches Kalibrieren der cosφ-Berechnung ohne externe Messgeräte kann durch gleichzeitige Verwendung beider cosφ-Anzeigen erreicht werden. Die erste Anzeige r3478[0] nutzt dabei die Active Line Module-interne Strommessung sowie die VSM10-Spannungen am Netzfilter. Die zweite Anzeige r3478[1] nutzt die applikationsspezifische externe Messung der gleichen Ströme zwischen Active Line Module und Active Interface Module der sowie die gleichen VSM10-Spannungen in 3-Leiter-Koordinaten:
  - p3473[0] = r3467[2],
  - p3473[1] = r3467[3],
  - p3474[0] = default,
  - p3474[1] = default,
  - p3475[0] = 1,
  - p3473[2] = z. B. r5471[0],
  - p3473[3] = z. B. r5472[0],
  - p3474[2] = r3661,
  - p3474[3] = r3662,
  - p3475[1] = 3.

  Bei korrekter Einstellung der Totzeit p3479[1] sind nun die Anzeigen von r3478[0] und r3478[1] im Betrieb gleich.
  Mit separaten externen Referenzmessgeräten kann die Genauigkeit der Kalibrierung bei Bedarf erhöht werden.
  Der Kalibrierparameter p3479 ist für die Strommessung mit den 10-V-Eingängen der VSM10 voreingestellt. Bei korrekter Kalibrierung ist der cosφ-Anzeigefehler typisch <0,01.

Übersicht wichtiger Parameter

- p3473[0...3] CI: cos phi-Anzeige Strom Signalquelle
- p3474[0...3] CI: cos phi-Anzeige Spannung Signalquelle
- p3475[0...1] cos phi-Anzeige Konfiguration
- p3476[0...1] cos phi-Anzeige Glättungszeit
- r3477[0...1] CO: cos phi-Anzeige Istwert Vorzeichen
- r3478[0...1] CO: cos phi-Anzeige Istwert Betrag
- p3479[0...1] cos phi-Anzeige Strommessung Totzeit

Funktionspläne

- 8951 Active Infeed - Cos phi - Anzeige

7.11 Inbetriebnahme Zusatzregelungen

7.11.1 Inbetriebnahme Wirk-, Blind und Scheinstrombegrenzung

Voraussetzungen

Stromgeregelter Betrieb

- Die Grenzen p3528 bis p3533 für Wirkströme in motorischer (r0078 > 0) und generatorischer (r0078 < 0) Richtung sind Teil der regulären Active Line Module-Regelung und stets verfügbar, wenn die Netzstatikregelung nicht aktiv ist. Die Grenzen sind nicht wirksam im Netzstatikbetrieb.
- Die Einstellparameter p3524 bis p3527 dienen der Blind- und Scheinstrombegrenzung. Sie erfordern die Aktivierung mindestens eines der folgenden Funktionsmodule: Netztransformator, Zusatzregelungen, dynamische Netzstützung.
- Angepasste Stromgrenzen für das Durchfahren von Netzstörungen können mit p5509 und p5520 parametriert werden. Dazu erforderlich ist das Funktionsmodul "dynamische Netzstützung".

Netzstatikbetrieb

- Im Inselnetzbetrieb mit Netzstatikregelung wirkt das Active Line Module gegenüber dem Netz als Spannungsquelle; die Ströme sowie der cosφ werden durch die Verbraucher im Netz bestimmt.
  Dementsprechend ist ausschließlich eine Begrenzung des Scheinstroms einstellbar (p5478). Dazu erforderlich ist das Funktionsmodul "Netzstatikregelung".

Anwendung

Ohne zusätzliche Einstellungen wird der Momentanwert des Gesamtstroms (Scheinstroms) auf den zulässigen Maximalstrom r0209 begrenzt. Übersteigt die Vektorsumme aus Wirk- und Blindstrom diesen Maximalwert, so wird zunächst der Blindanteil des Stromsollwerts bis auf Null reduziert. Der Wirkstrom besitzt im Überlastfall also Vorrang gegenüber dem Blindstrom.

7.11.2 Wirkstrombegrenzung

Die Grenzen für den Wirkstrom können für die zwei Energieflussrichtungen "motorisch" und "generatorisch" auf unterschiedliche Werte gesetzt werden.

Wird die motorische Stromgrenze erreicht, so wird weniger Wirkleistung als durch den Wirkstromsollwert vorgegeben in den Zwischenkreis geleitet. Die Zwischenkreisspannung wird daraufhin in der Regel fallen, jedoch nur bis auf den von der Belastung abhängigen Gleichrichtwert ($V_{dc} \approx 1{,}35\ V_{Netz}$). Unterhalb dieser Zwischenkreisspannung fließen bauartbedingt ungeregelte Nachladeströme ähnlich einer Dioden-Brückenschaltung. Die motorische Wirkstromgrenze ist daher nur unter der Randbedingung einer genügend hohen Zwischenkreisspannung wirksam.

Die Wirkstrombegrenzung kann beispielsweise eingesetzt werden, um bei Lastzyklen die Höhe der Netzstromspitzen zu reduzieren (zu Lasten einer größeren Schwankung der Zwischenkreisspannung) oder wenn die Regelung der Zwischenkreisspannung zumindest zeitweise durch eine andere Komponente im Zwischenkreis erfolgt.

7.11.3 Blind- und Scheinstrombegrenzung

Die Blindstrombegrenzung kann ebenfalls separat für kapazitiven (r0075 > 0) und induktiven (r0075 < 0) Blindstrom-Sollwert vorgenommen werden (p3525, p3526). Dynamische Begrenzungen sind durch BiCo-Verschaltung ebenfalls möglich (p3524).

Bei Nutzung der Scheinstromgrenze p3527 wird wiederum zunächst der Blindanteil reduziert (ggf. bis auf 0) bevor der Wirkstrom-Sollwert angepasst wird.

Die zugehörigen Anzeigeparameter für Stromistwerte und Statussignale sind dem Funktionsplan FP8945 zu entnehmen.

Hingewiesen sei an dieser Stelle auf die Derating-Kennlinie (Projektierungshandbuch SINAMICS Low Voltage) für dauerhaften Betrieb bei cosφ ungleich eins.

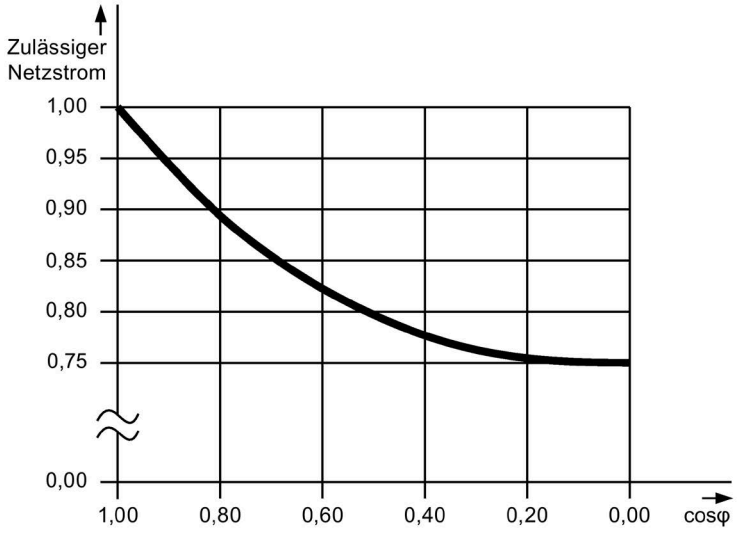


Bild 7-11 Derating-Kennlinie bei cosφ ungleich eins

Durch die Modulationsart Flattop, welche beim Active Line Module Verwendung findet, sind Schaltverluste vom Verschiebefaktor cosφ abhängig.

Ab der Firmware V5.2 ist für Einspeisungen mit der Artikelnummer ...AA4, ...AA8 eine vom cosφ abhängige Verschiebung der Schaltzeitpunkte implementiert.
Durch die Funktion werden die Schaltzeitpunkte so verschoben, dass die Schaltverluste reduziert werden. Die cosφ-variable Flattop-Modulation kann allerdings nur bis zu einer Verschiebung von 30° eine Minimierung der Schaltverluste erzielen.
Zur Aktivierung dieser Funktionalität müssen die Parameter p1810.13 = 1 und p1810.14 = 1 gesetzt werden.

Hinweis

Die im Bild dargestellte Derating-Kennlinie bleibt prinzipiell dennoch gültig.

7.11.4 Strombegrenzung bei dynamischer Netzstützung

Für Energieerzeugungsanlagen gelten abhängig von den Anschlussrichtlinien eines Netzbetreibers spezielle Anforderungen an den Stromverlauf während einer Netzstörung. Dabei ist in der Regel ein Beitrag zur Kurzschlussstrom-Bereitstellung gefordert, also das Einprägen eines definierten Blindstroms während der Netzstörung. Bei aktiver Netzstützung (p5501 = 1) besitzt daher – im Gegensatz zum Normalbetrieb – der Blindstrom-Sollwert Vorrang gegenüber dem Wirkstrom. Gegebenenfalls wird also die Wirkleistung des Active Line Module reduziert, um Blindleistung gemäß p5506 ins Netz zu liefern.

Die Einstellungen der folgenden Parameter gelten bei aktivierter Funktion "dynamische Netzstützung" (p5501 = 1):

- p5509[5]: Zusätzlich wirksame Scheinstromgrenze.
- p5509[7]: Zusätzlich wirksame Blindstromgrenze bei Überschreiten des Toleranzbereichs für Spannungs-Unsymmetrie (r5502.2 = 1).
  Mit der Einstellung p5509[7] = 0,1 % kann beispielsweise der netzstützende Blindstrom gemäß Kennlinie (p5506) für unsymmetrische Netzstörungen deaktiviert werden.
- p5509[8]: Zusätzlich wirksame Grenze für den Scheinstrom des Gegensystems bei Überschreiten des Toleranzbereichs für Spannungs-Unsymmetrie (r5502.2 = 1).
  Mit der Einstellung p5509[8] = 0,1 % wird der für unsymmetrische Netzstörungen eigentlich notwendige unsymmetrische Stützstrom verhindert. Die meisten Netzrichtlinien fordern dies.
- p5509[10]: Zusätzlich wirksame Wirkstromgrenze bei Überschreiten des Toleranzbereichs für die Netzspannung (r5502.1 = 1).
  Damit kann die Wirkleistung der Erzeugungsanlage während einer Netzspannungsabweichung reduziert werden.
- p5520: Zusätzlich wirksame dynamische Scheinstromgrenze bei Überschreiten des Toleranzbereichs für die Netzspannung (r5502.1 = 1).
  Damit können applikationsspezifische Verläufe des Scheinstroms während Netzstörungen realisiert werden.
- p5500.6 = 1: Zusätzlich wirksame interne Scheinstromgrenze bei Überschreiten des Toleranzbereichs für die Netzspannung (r5502.1 = 1). Der Grenzwert entspricht dem geglätteten Scheinstrom vor Beginn der Netzstörung.

Entsprechend den Vorgaben einzelner Netzrichtlinien kann damit der Gesamtstrom vor und während einer Netzstörung gleich gehalten werden.

- p5500.8 = 1: Während eines Netzkurzschlusses (r5502.4 = 1, r5522.3 = 1) wird der Wirkstromsollwert intern zu null gesetzt.
  Entsprechend den Vorgaben einzelner Netzrichtlinien kann damit ein FRT (Fault Ride Through) mit reiner Blindleistungsabgabe durchfahren werden (Q-Mode).
- p5500.9 = 1: Während eines Netzkurzschlusses (r5502.4 = 1, r5522.3 = 1) werden der Wirkstromsollwert und der Blindstromsollwert intern zu null gesetzt.
  Entsprechend den Vorgaben einzelner Netzrichtlinien kann damit ein FRT (Fault Ride Through) ohne Leistungsabgabe durchfahren werden (Z-Mode).
- Der Vorrang für Blindleistungsbereitstellung bei dynamischer Netzstützung kann kurzzeitig automatisch deaktiviert werden, falls sich die Zwischenkreisspannung der oberen Abschaltgrenze nähert. Um eine Schutzabschaltung zu vermeiden wird dazu über p5508 der Blindstrom reduziert und die volle Wirkleistung zum Abbau der Zwischenkreisspannung verfügbar.
- Bei den vorgenannten bedingten Strombegrenzungen wird unterschieden zwischen
  - dem zulässigen Toleranzbereich der Netzspannung (symmetrisch und unsymmetrisch)
    Statussignale: r5502.1, r5502.2
    Einstellparameter: p5505[0, 2], p5509[9, 10]
  - und der Erkennung eines Netzkurzschluss wegen Unterspannung
    Statussignale: r5502.4, r5522.3
    Einstellparameter: p5529[2, 3].

Ergänzende Hinweise/Einstellempfehlungen für die Parametrierung:

- Wird nach Netzwiederkehr ein schneller Wirkleistungsaufbau gefordert (z. B. China), so sollte die "Mindestzeit dynamische Netzstützung" p5507[0] = 10 ... 20 ms gesetzt werden. Hintergrund: Während eines Netzeinbruchs gelten einstellbare Bedingungen für einen reduzierten Wirkstrom. Die stufenweise Rückkehr zur alten Wirkleistung erfolgt nach Ende der Netzstörung.
- Wenn die zulässige Zeitdauer für den Aufbau des Blindstroms nach Beginn einer Netzstörung groß genug ist, dann sollte die Anfangsrampe für den Stützstrom reduziert werden (z. B. p5509[0] = 10 %). Dies kann Überspannungen zu Beginn einer Störung vermeiden.
- In vielen Fällen darf der Blindstrom während eines Netzfehlers auch dann nicht reduziert werden, wenn die Zwischenkreisspannung sich ihren Abschaltgrenzen (z. B. p5508 = -40 V) nähert. Dazu p5509[1] = 0,1 % setzen.
- Wird auch für unsymmetrische Netzstörungen eine Blindstrom-Stützung gefordert (z. B. China GB/T 19964:2012), so wird die Einstellung p5509[7] = 100 % benötigt. Für das Durchfahren aller Fehlertypen wird zudem p5509[8] = 0,1 % sowie p5509[11] = 20 ... 50 % empfohlen. Bei Bedarf sind aber auch kleinere und größere Werte möglich. Der zulässige Gesamtstrom muss dementsprechend groß genug gewählt werden (p5509[5] > 70 %).
- Für weiche Netzbedingungen, wie sie für Testlabore typisch sind, wird zudem empfohlen: p3603 = 0 ... 50 %, p5507[3] = 8 ms, p5509[6] = 3 %.
- Für den Betrieb an frequenz-stabilen Verbundnetzen wird für die dynamische Stützung zudem eine größere Glättungszeit für die PLL empfohlen: p3458[1] = 50 ms.

Hinweis

Die zulässige Blindstromgrenze ist je nach aktiver Betriebsart unterschiedlich.

- In der "Netzstatikregelung" kann der Maximalstrom des Leistungsteils abgerufen werden, genauso wie in normaler Stromregelung.
- In der "Dynamischen Netzstützung" ist der Blindstrom im Standard auf Nennstrom begrenzt.

Siehe auch Kapitel "Dynamische Netzstützung (Seite 40)" und Kapitel "Blind- und Scheinstrombegrenzung (Seite 137)".

7.11.5 Scheinstrombegrenzung bei Netzstatik-Regelung

Im Netzregelungs-Betrieb (p5401[0] = 1) wirkt das Active Line Module gegenüber dem Netz als Spannungsquelle. Diese muss für die Aufrechterhaltung und Regelung von Netzspannung und Frequenz sorgen und dazu die von den jeweiligen Verbrauchern geforderte Leistung bereitstellen. Bei Überlastung des Active Line Module muss die Netzregelung durch übergeordnete Leistungsregler so angepasst werden, dass eine sinnvolle und stabile Lastaufteilung im Inselnetz erreicht wird.

Durch Begrenzung des Scheinstroms (bzw. Gesamtstroms) schützt sich das Active Line Module vor Überströmen. Die Ausgangsspannung und Frequenz werden im Begrenzungsfall automatisch so angepasst, dass keine unzulässigen Ströme entstehen.

Mit p5478 kann die Scheinstromgrenze für Normalbetrieb und Kurzschlussklärung separat eingestellt werden.

Typisch wird für den Normalbetrieb (gekennzeichnet durch relativ geringen Netzspannungseinbruch) eine kleinere Stromgrenze gewählt. Somit werden z. B. Schwerlastanläufe von Antrieben im zu versorgenden Inselnetz möglich: die Strombegrenzung führt zu einer Verringerung der Ausgangsspannung (zusätzlich zu Netzstatik-Funktion) und damit zu einem langsameren Anlauf und einer Reduzierung der Ströme auf ein Niveau, das vom Active Line Module für die Dauer der Schwerlast realisiert werden kann.

Im Kurzschlusszustand bei Alleinbetrieb (Statussignal r5402.4 = 1, Schwellwerte p5459[2, 3], Alleinbetrieb p5451 = 0) wirkt die Stromgrenze p5478[1] und ermöglicht kurzzeitig erhöhten Maximalstrom (Zeitgrenze p5458[1]), um eine Klärung eines Netzkurzschlusses zu unterstützen.

7.11.6 Hinweise für Active Line Modules der Bauform Booksize

Im Netzregelungs-Betrieb ist der Kurzschlussstrom p5478[1] auf 100 % des Maximalstroms (r0209) begrenzt (Voreinstellung 90 %).

Bei aktiver dynamischer Netzstützung ist der Active Line Module-Scheinstrom p5509[5] auf 80 % des Maximalstroms r0209 begrenzt.

Die Voreinstellung des Blindstroms für die dynamische Netzstützung ist Null (p5506[..] = 0). Gleiches gilt für die Wirk- und Gegensystemströme während einer Netzstörung (p5509[7] = p5509[8] = p5509[11] = 0). Mit diesen Voreinstellungen wird eine Netzstörung nahezu stromlos durchfahren.

Eine Abweichung von den Voreinstellungen kann über die zuständige Zweigniederlassung angefragt werden.

7.11.7 Übersicht wichtiger Parameter

Parameter zum Vdc-Istwertfilter 5

- p1656 Signalfilter Aktivierung
- p1677 Vdc-Istwertfilter 5 Typ
- p1678 Vdc-Istwertfilter 5 Nenner-Eigenfrequenz
- p1679 Vdc-Istwertfilter 5 Nenner-Dämpfung
- p1680 Vdc-Istwertfilter 5 Zähler-Eigenfrequenz
- p1681 Vdc-Istwertfilter 5 Zähler-Dämpfung

Parameter zum Ausgangsspannungs-Sollwertfilter 5

- p5200 Signalfilter Aktivierung
- p5201 Ausgangsspannung-Sollwertfilter 5 Typ
- p5202 Ausgangsspannung-Sollwertfilter 5 Nenner-Eigenfrequenz
- p5203 Ausgangsspannung-Sollwertfilter 5 Nenner-Dämpfung
- p5204 Ausgangsspannung-Sollwertfilter 5 Zähler-Eigenfrequenz
- p5205 Ausgangspannung-Sollwertfilter 5 Zähler-Dämpfung

Parameter zum Stromistwertfilter 7

- p5211 Stromistwertfilter 7 Typ
- p5212 Stromistwertfilter 7 Nenner-Eigenfrequenz
- p5213 Stromistwertfilter 7 Nenner-Dämpfung
- p5214 Stromistwertfilter 7 Zähler-Eigenfrequenz
- p5215 Stromistwertfilter 7 Zähler-Dämpfung

Sonstige

- p3612 CI: Einspeisung Blindleistung Vorsteuerung

7.11.8 Funktionspläne

- 8940 Regler Aussteuergradreserve/Regler Zwischenkreisspannung (p3400.0 = 0)
- 8946 Stromvorsteuerung/Stromregler/Steuersatz (p3400.0 = 0)

7.12 Hinweise zur Inbetriebnahme bei Betrieb an Netzen mit geringer Kurzschlussleistung und variablen Netzparametern

7.12.1 Allgemeines

Insbesondere in Inselnetzen, Testnetzen oder bei Anschluss an langen Netzleitungen liegt häufig eine – im Vergleich zur Active Line Module-Nennleistung – geringe Netzkurzschlussleistung vor (z. B. RSC-Wert < 10). Ein derartiges "weiches" Netz weist am Active Line Module-Anschlusspunkt eine hohe Induktivität auf. Die Resonanzeigenschaften des Systems aus Netz und Active Interface Module verändern sich stark mit der Netzinduktivität und erfordern Anpassungen der Regelung.

Der Betrieb der Active Line Module an diesen Netzen führt häufig zu Störungen wie F06200 (Ausfall einer oder mehrerer Netzphasen) oder Warnung A06205 (F) (Spannungseinbruch bei mindestens einer Netzphase), teils bereits während der Netzidentifikation.

Bei solchen Fehlern ist zunächst auszuschließen, dass andere Fehlerquellen vorliegen, z. B. Verdrahtungsfehler, tatsächlicher Netzausfall, oder falsche Einstellung in p0210.

7.12.2 Automatische Anpassung der Regelung an die Netzkurzschlussleistung

Mit Hilfe der Netzdatenidentifikation (p3410 = 4 oder 5) werden die notwendigen Regler-Anpassungen normalerweise automatisch vorgenommen. Dazu wird vor dem regulären Betrieb eine einmalige Messung von Netzparametern und der Zwischenkreiskapazität durchgeführt, die Parameter der Regelung werden dementsprechend optimiert. Danach werden die ermittelten Einstellwerte gespeichert, und das Active Line Module wechselt automatisch in den regulären Betrieb. Falls der Netz-Anschlusspunkt oder die Größe des Zwischenkreises erheblich geändert wird, so wird eine erneute Netz-ID empfohlen.

Vorteilhaft ist, dass eine optimale Reglereinstellung für die gegebenen Netzbedingungen erzielt wird.

Grundsätzlich erhöht diese Regler-Optimierung die Robustheit der Regelung bei weichen Netzen, die An- und Ausregelzeiten werden in der Folge größer. Der Begriff "Robustheit" bedeutet hierbei eine Toleranz der Regelung gegenüber einer schwankenden Netzkurzschlussleistung.

Die Identifikation über p3410 = 5 beinhaltet ein Rücksetzen wichtiger Reglerparameter auf Werkseinstellung und ist insbesondere nach fehlgeschlagenen Identifizierungsläufen sinnvoll. Falls zuvor weitere Parameter geändert wurden, kann auch ein vollständiges Rücksetzen mit Hilfe von p0970 = 1 sinnvoll sein.

In Extremfällen mit sehr geringer Netzkurzschlussleistung können zusätzliche manuelle Parametereinstellungen erforderlich werden. Erkennbar wird dies beispielsweise durch abbrechende Identifikationsläufe, instabile Zwischenkreisspannungen oder starke Oberschwingungen im Netzstrom (r0068) oder der Filterspannung (r0072[1]) bei geregeltem Betrieb. Einbußen in der Reglerdynamik sind eine zwangsläufige Folge im Fall einer sehr geringen Netzkurzschlussleistung.

Falls die automatische Regleroptimierung instabil wird und mit Überspannung- und/oder Überstromfehler abbricht, kann der Messstrom verringert werden, um die Belastung des speisenden Netzes zu minimieren:
p3415[0] = p3415[1] =7 % setzen und Optimierung mit p3410 = 5 wiederholen.

Außerdem ist zu beachten, dass die Frequenz- und Spannungsgrenzen p0281 ... p0286 gegebenenfalls auf die netzspezifischen Grenzwerte eingestellt werden müssen.

Bei schwankender Netzkurzschlussleistung sollte die automatische Reglereinstellung im Betriebszustand einer mittleren typischen Netzkurzschlussleistung durchgeführt werden, nicht in einem Extremfall. Im Fall einer Inselnetz-Applikation bedeutet dies beispielsweise, dass die Leistungen von Energieerzeugern und Verbrauchern harmonieren sollten.

Gegebenenfalls sind zusätzlich die unten genannten manuellen Parametereinstellungen notwendig:

- Die Verstärkungsfaktoren der Netzstromregelung und der Zwischenkreis-Spannungsregelung können reduziert werden; zusätzlich kann die Vorsteuerung der Stromregelung verringert werden. Diese Maßnahmen gelten insbesondere für Anwendungen mit relativ geringen Anforderungen an die Dynamik der Regelungen ohne sprungartige Laststöße. Gegebenenfalls müssen diese Parametereinstellungen bereits vor der oben genannten Netzdatenidentifikation durchgeführt werden.

  Typische Einstellungen sind z. B.

  – p3560 = 25 % ... 50 % (kleine Zwischenkreise, z. B.: 1 Active Line Module + 2 Motor Modules Bauform Chassis)
  – p3560 = 100 % ... 150 % (große Zwischenkreise, z. B.: 4 Active Line Module + 4 Motor Modules Bauform Chassis)
  – p3603 = 25 % ... 50 %
  – p3615 = 50 %

  Insbesondere für zeitvariable Netzbedingungen können die Regleranpassungen auch dynamisch und zeitsynchron über BiCo-Signaleingänge durchgeführt werden (p3561, p3604, p3616).

- Bei Betrieb an schwachen Netzen entsteht häufig eine kritische Resonanzstelle des Systems aus Wechselrichter, Netzfilter und Netz bei etwa 1/4 der Reglerfrequenz des Active Line Module (0,25 / p0115[0]). Für eine Analyse können beispielsweise zeitlich hoch aufgelöste Traces und FFT-Berechnungen von Phasenströmen (r0069) und Filter-Spannungen (r3661, r3662) durchgeführt werden.

  Zur Dämpfung einer Resonanzstelle kann eine Bandsperre für die Ausgangsspannung des Active Line Module konfiguriert werden (p5201 ff). Bei Bedarf kann auch eine Bandsperre für die Strom-Istwerte (p5211 ff) aktiviert werden. Alle Bandfilter sind für die Sperrfrequenz bei 1000 Hz vorkonfiguriert.

- Oszillationen der Zwischenkreisspannung sollen normalerweise vom Vdc-Regler des Active Line Module ausgeregelt werden. Ist dies aufgrund der Schwingungsfrequenz nicht möglich oder für eine einzelne Applikation unerwünscht, so kann eine Bandsperre für den Vdc-Istwert konfiguriert werden (p1677 ff).

- Über p3520 können die Leistungen der am Zwischenkreis angeschlossenen Motor Modules für die Zwischenkreisspannungs-Regelung vorgesteuert werden. Dies kann insbesondere dann notwendig werden, wenn die verfügbare Reglerdynamik aufgrund der robusten Einstellungen nicht mehr ausreicht.

  Bei Drive-Objekt-übergreifenden Verschaltungen muss auf die richtige Skalierung geachtet werden, siehe auch p3519.

- Für zeitvariable Netzbedingungen können die Regleranpassungen auch dynamisch und zeitsynchron über BiCo-Signaleingänge durchgeführt werden. Nach Aktivierung des Funktionsmoduls "Zusatzregelung" können über p3561/p3604/p3616 die Reglerverstärkungen nachgeführt werden.
  Beispielweise können einzelne Motor Modules vom Zwischenkreis im laufenden Betrieb getrennt werden. Oder aber das Antriebssystem hat die Kenntnis über die Schaltszenarien im Inselnetz und gestattet somit eine Signalvorgabe für die genannten Parameter.

7.12.3 Manuelle Anpassung der Regelung an die Netzkurzschlussleistung

Ab SINAMICS Firmware-Version V4.8 wurde die Robustheit der Strom- und Spannungsregelung gegenüber veränderlichen Netzparametern nochmals erweitert. Ziel ist dabei, mit einer einzigen Reglereinstellung einen stabilen, schwingungsfreien Betrieb bei stark schwankenden RSC-Werten zu erreichen, wie er beispielsweise in Schiffsnetzen häufig vorliegt.

Die Einstellmöglichkeit richtet sich vorrangig an erfahrene Inbetriebnehmer, da auf die automatische Messung und Reglerparametrierung verzichtet wird und alle Einstellungen manuell erfolgen.

Es ist darauf zu achten, dass diese Reglereinstellungen typischerweise vor der ersten Betriebsfreigabe erfolgen und nicht durch eine spätere Netzidentifikation mit p3410 = 4/5 überschrieben werden.

Außerdem ist zu beachten, dass die Frequenz- und Spannungsgrenzen p0281 ... p0286 gegebenenfalls auf die netzspezifischen Grenzwerte eingestellt werden müssen.

Parameter	Einstellwert	Bemerkung
p3410	0	Netzidentifikation deaktivieren (anderenfalls werden die folgenden Parametereinstellungen überschrieben)
p3421	2 x p0223	
p3422	Kapazität des gesamten Zwischenkreises	Werte aus Geräte-Datenblättern summieren (Falls die Datenblattangaben nicht verfügbar sind, kann der p3422-Einstellwert einer vorangegangen Netz-ID mit p3410 genutzt werden.)
p3424	p0223	Falls ein kundenspezifisches Netzfilter verwendet wird, hier den Wert der Kommutierungsdrossel eintragen
p3425[0]	100 %	
p3425[1]	100 %	
p3425[2]	175 %	
p3425[3]	400 %	
p3560	50 % ... 150 %	Bei großen Zwischenkreisen sollte ein hoher Wert gewählt werden
p3614[0]	0	
p3614[1]	0	
p3614[2]	2,5 x p0115[0]	
p3562	50 % ... 100 %	Mit Einstellwert 50 % beginnen und ggf. erhöhen
p3603	30 % ... 100 %	Mit Einstellwert 30 % beginnen und ggf. erhöhen
p3615	50 % ... 100 %	Mit Einstellwert 50 % beginnen und ggf. erhöhen
p3519/p3520	z. B. VECTOR.r0082[2]	Wenn in der Applikation sinnvoll

Geräteübersicht

8

Dieses Dokument gilt für die folgenden Geräte.

Tabelle 8- 1 Active Line Modules Bauform Booksize, interne Luftkühlung

Active Line Module	Active Interface Module	Netzanschluss-spannung [1]	Bemessungsstrom	Bemessungsleistung
6SL3130-7TE21-6AA3	6SL3100-0BE21-6AB0	380 ... 480 V	25 A	16 kW
6SL3130-7TE23-6AA3	6SL3100-0BE23-6AB0	380 ... 480 V	55 A	36 kW
6SL3130-7TE25-5AA3	6SL3100-0BE25-5AB0	380 ... 480 V	84 A	55 kW
6SL3130-7TE28-0AA3	6SL3100-0BE28-0AB0	380 ... 480 V	122 A	80 kW
6SL3130-7TE31-2AA3	6SL3100-0BE31-2AB0	380 ... 480 V	182 A	120 kW

Tabelle 8- 2 Active Line Modules Bauform Booksize, Cold-Plate-Kühlung

Active Line Module	Active Interface Module	Netzanschluss-spannung [1]	Bemessungsstrom	Bemessungsleistung
6SL3136-7TE21-6AA3	6SL3100-0BE21-6AB0	380 ... 480 V	25 A	16 kW
6SL3136-7TE23-6AA3	6SL3100-0BE23-6AB0	380 ... 480 V	55 A	36 kW
6SL3136-7TE25-5AA3	6SL3100-0BE25-5AB0	380 ... 480 V	84 A	55 kW
6SL3136-7TE28-0AA3	6SL3100-0BE28-0AB0	380 ... 480 V	122 A	80 kW
6SL3136-7TE31-2AA3	6SL3100-0BE31-2AB0	380 ... 480 V	182 A	120 kW

Tabelle 8- 3 Active Line Modules Bauform Chassis, luftgekühlt

Active Line Module	Active Interface Module [2]	Netzanschluss-spannung [1]	Bemessungsstrom	Bemessungsleistung
6SL3330-7TE35-0AA4	6SL3300-7TE35-0AA1	320 ... 480 V	490 A	300 kW
6SL3330-7TE41-0AA4	6SL3300-7TE41-4AA1	320 ... 480 V	985 A	630 kW
6SL3330-7TE41-4AA4	6SL3300-7TE41-4AA1	320 ... 480 V	1405 A	900 kW
6SL3330-7TG41-0AA4	6SL3300-7TG41-3AA1	500 ... 690 V	1025 A	1100 kW
6SL3330-7TG41-3AA4	6SL3300-7TG41-3AA1	500 ... 690 V	1270 A	1400 kW

Tabelle 8- 4 Active Line Modules Bauform Chassis, flüssigkeitsgekühlt

Active Line Module	Active Interface Module [2]	Netzanschluss-spannung [1]	Bemessungsstrom	Bemessungsleistung
6SL3335-7TG35-8AA4	6SL3300-7TG35-8AA1 [3]	500 ... 690 V	575 A	630 kW
6SL3335-7TG41-3AA4	6SL3305-7TG41-3AA5	500 ... 690 V	1270 A	1400 kW
6SL3335-7TG41-6AA4	6SL3305-7TG41-6AA5	500 ... 690 V	1560 A	1700 kW

Tabelle 8- 5 Active Line Modules Bauform Chassis, wassergekühlt für gemeinsame Kühlkreisläufe

Active Line Module	Active Interface Module [2]	Netzanschluss-spannung [1]	Bemessungsstrom	Bemessungsleistung
6SL3335-7TG35-8AA8	6SL3300-7TG35-8AA1 [3]	500 ... 690 V	575 A	630 kW
6SL3335-7TG41-3AA8	6SL3305-7TG41-3AA7	500 ... 690 V	1270 A	1400 kW
6SL3335-7TG41-6AA8	6SL3305-7TG41-6AA7	500 ... 690 V	1560 A	1700 kW

[1] Bei abweichenden Spannungen wenden Sie sich an die Fachberatung.

[2] Active Interface Module muss nach Netzanalyse gegebenenfalls angepasst werden.

[3] Für diese Bemessungsleistung ist nur ein luftgekühltes Active Interface Module verfügbar.

8.1 Control Units

Die Beschreibungen für die Control Units CU320-2 PN und CU320-2 DP finden Sie im Gerätehandbuch Control Units und ergänzende Systemkomponenten (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109771804).

8.2 Voltage Sensing Module VSM10

Die Beschreibungen für das Voltage Sensing Module VSM10 finden Sie im Gerätehandbuch Control Units und ergänzende Systemkomponenten (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109771804).

8.3 Active Interface Modules luftgekühlt

8.3.1 Bauform Booksize

Active Interface Modules dienen der netzseitigen Anschaltung der Active Line Modules.

Sie beinhalten die folgenden Funktionseinheiten:

- Netzdrossel
- Niederfrequenz- / Schaltfrequenzfilter
- Netzfilter EN 61800-3 Kategorie C3 bis 350 m Motor-Summenleitungslänge (geschirmt)

In Verbindung mit einem Active Line Module und einem EMV-gerechten Aufbau werden folgende Funkstörspannungs-Kategorien erreicht:

- EN 61800-3 Kategorie C3 ohne zusätzlichen Netzfilter bis zu einer Summenleitungslänge von 350 m (geschirmt) für 16 kW, 36 kW, 55 kW, 80 kW und 120 kW Komponenten
- EN 61800-3 Kategorie C2 mit zusätzlichem Basic Line Filter bis zu einer Summenleitungslänge von 350 m (geschirmt) für 16 kW, 36 kW, 55 kW, 80 kW und 120 kW Komponenten
- EN 61800-3 Kategorie C3 mit zusätzlichem Basic Line Filter bis zu einer Summenleitungslänge von
  - 630 m (geschirmt) für 16 kW und 36 kW Komponenten
  - 1000 m (geschirmt) für 55 kW, 80 kW und 120 kW Komponenten.

Das Active Interface Module enthält einen integrierten Lüfter. Die 24-V-Versorgung ist für den Betrieb der Komponente zwingend erforderlich. Der Anschluss des Temperaturmeldekontakts an das Active Line Module ist ebenfalls notwendig.

Die Beschreibungen für die luftgekühlten Active Interface Modules finden Sie im Gerätehandbuch Leistungsteile Booksize (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109781351).

8.3.2 Bauform Chassis

Active Interface Modules werden in Verbindung mit den Active Line Modules Bauform Chassis eingesetzt. Die Active Interface Modules enthalten ein Clean Power Filter mit Grundentstörung, die Vorladeschaltung für das Active Line Module, die Netzspannungserfassung und Überwachungssensoren.

In der Baugröße GI ist das Überbrückungsschütz bereits enthalten. Dadurch wird ein sehr kompakter Aufbau erzielt. Bei der Baugröße HI und JI ist das Überbrückungsschütz separat vorzusehen.

Mit dem Clean Power Filter werden die Netzoberschwingungen weitestgehend unterdrückt.

Das Active Interface Module beinhaltet:

- Clean Power Filter
- Netzdrossel
- Vorladeschaltung
- Überbrückungsschütz (bei Baugröße GI)
- Netzspannungserfassungsbaugruppe VSM10
- Lüfter

Die Beschreibungen für die luftgekühlten Active Interface Modules finden Sie im Gerätehandbuch Leistungsteile Chassis luftgekühlt (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109781448).

Hinweis

Geänderte Netzanschluss-Spannung

Die zulässige Netzanschluss-Spannung der Active Interface Modules für 3 AC 380 ... 480 V beträgt beim Betrieb für Netzeinspeisung:
3 AC 320 V -10 % (-15 % < 1 min) ... 3 AC 480 V +10 %

Die UL-Zulassung gilt nur für den eingeschränkten Spannungsbereich 380 V -10 % (-15 % < 1 min) ... 3 AC 480 V +10 %, der aus diesem Grund zusammen mit der UL-Kennzeichnung am Typenschild angegeben ist.

Hinweis

Es sind die allgemeinen Angaben im Projektierungshandbuch SINAMICS – Low Voltage zu beachten.

Es ist eine Netzanalyse, insbesondere bei Inselnetzen und schwachen Netzen mit folgendem Inhalt durchzuführen:

- Analyse für das komplette Antriebssystem, incl. Dieselgeneratoren, mit Aussagen zum Total Harmonic Distortion Factor (T_{HD}) und zu den Amplituden der einzelnen Harmonischen in Abhängigkeit von den Netzparametern des Kunden. Dabei müssen die notwendigen Betriebsarten berücksichtigt werden.

Als ein Ergebnis von dieser Analyse können Anpassungen an dem Antriebssystem, insbesondere bei den Active Interface Modules, notwendig sein.
Diese Anpassungen können nicht von der Region/vom Kunden durchgeführt werden, sondern vom Herstellerwerk und sind nicht Umfang der Analyse.

Die Applikationsberatung im Stammhausvertrieb kann Ihnen Unterstützung bei der Simulation bieten bzw. die Netzanalyse durchführen.

8.4 Active Line Modules für Netzeinspeisung, Bauform Chassis, luftgekühlt

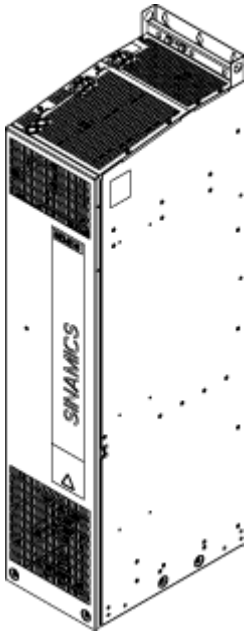
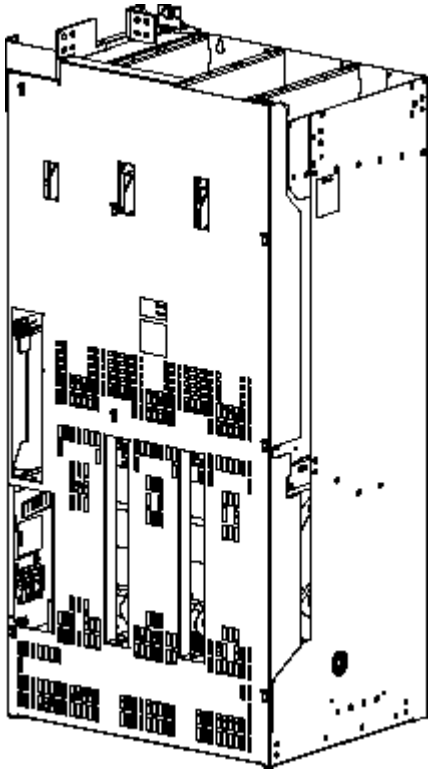
8.4.1 Beschreibung

Die selbstgeführten Ein-/Rückspeiseeinheiten arbeiten als Hochsetzsteller und erzeugen eine geregelte Zwischenkreisspannung, die typischerweise 1,5-fach (in Werkseinstellung) höher als die Netznennspannung liegt. Damit sind die angeschlossenen Motor Modules von der Netzspannung entkoppelt, was zu einer höheren Dynamik und verbesserten Regelungseigenschaften führt, da Netztoleranzen bzw. Schwankungen keinen Einfluss auf die Motorspannung haben.

Bei Bedarf übernehmen die Active Line Modules zusätzlich die Funktion einer Blindleistungskompensation.

Speziell für die Energieerzeugung aus diversen DC-Quellen besitzen die Active Line Modules 3 AC 320 V ... 480 V einen AC-Anschlussspannungsbereich bis 320 V und einen sehr weiten DC-Spannungsbereich. Die technischen Daten enthalten Ergänzungen zum Betrieb bei Anschlussspannung 3 AC 320 V.

Tabelle 8- 6 Übersicht Active Line Modules für Netzeinspeisung

	
Baugröße GX	Baugröße JX

Bestandteile Active Infeed

Ein Active Infeed besteht aus einem Active Interface Module und einem Active Line Module.

Bei einem Active Infeed mit einem Active Line Module der Baugröße GX ist das Überbrückungsschütz im zugehörigen Active Interface Module enthalten. Die Active Interface Modules und Active Line Modules dieser Baugröße sind in der Schutzart IP20 ausgeführt.

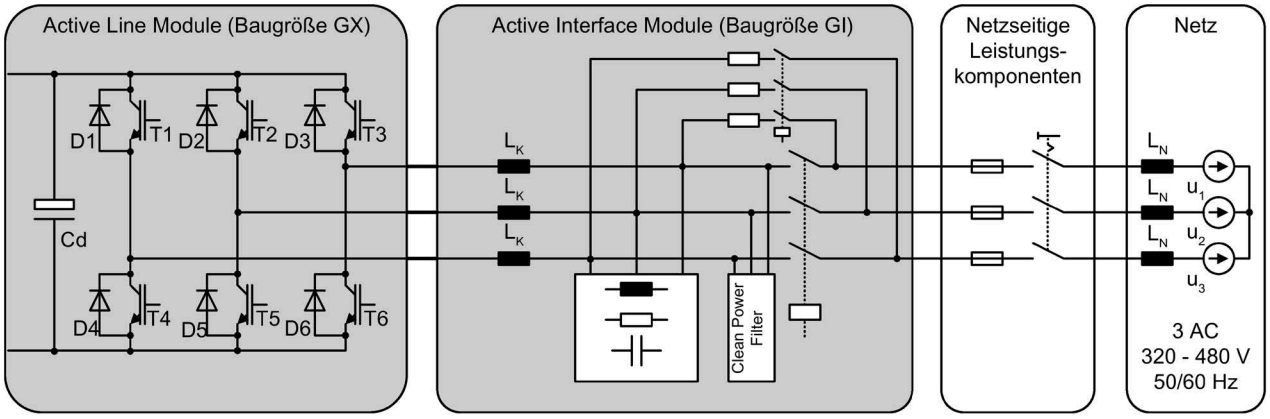


Bild 8-1 Übersicht Active Infeed, Baugröße GI/GX

Bei einem Active Infeed mit einem Active Line Module der Baugröße JX ist das Überbrückungsschütz nicht im zugehörigen Active Interface Module enthalten, es muss separat vorgesehen werden. Die Active Interface Modules und Active Line Modules dieser Baugröße sind in der Schutzart IP00 ausgeführt.

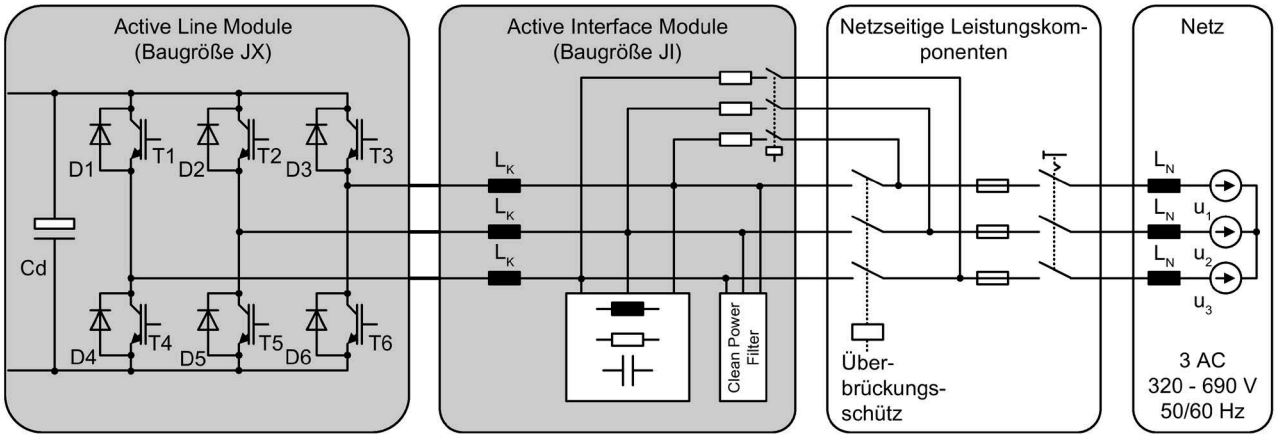


Bild 8-2 Übersicht Active Infeed, Baugröße JI/JX

Parallelschaltung von Active Line Modules zur Leistungserhöhung

Zur Leistungserhöhung ist die Parallelschaltung von bis zu vier Active Line Modules jeweils gleicher Leistung möglich.

Bei Parallelschaltung von Active Line Modules müssen die folgenden Regeln beachtet werden:

- Bis zu 4 identische Active Line Modules sind parallel schaltbar.
- Die Parallelschaltung ist immer nur mit einer gemeinsamen Control Unit realisierbar.
- Bei Parallelschaltung müssen die Systeme von einem gemeinsamen Einspeisepunkt versorgt werden (d. h., unterschiedliche Netze sind nicht zulässig).
- Ein Derating-Faktor von 5 % ist zu berücksichtigen unabhängig von der Anzahl der parallel geschalteten Module.

Hinweis

Die Parallelschaltung von identischen Leistungsteilen ist nur möglich, wenn alle Leistungsteile dieselbe Hardware Ausprägung haben.

Anschlussbeispiel

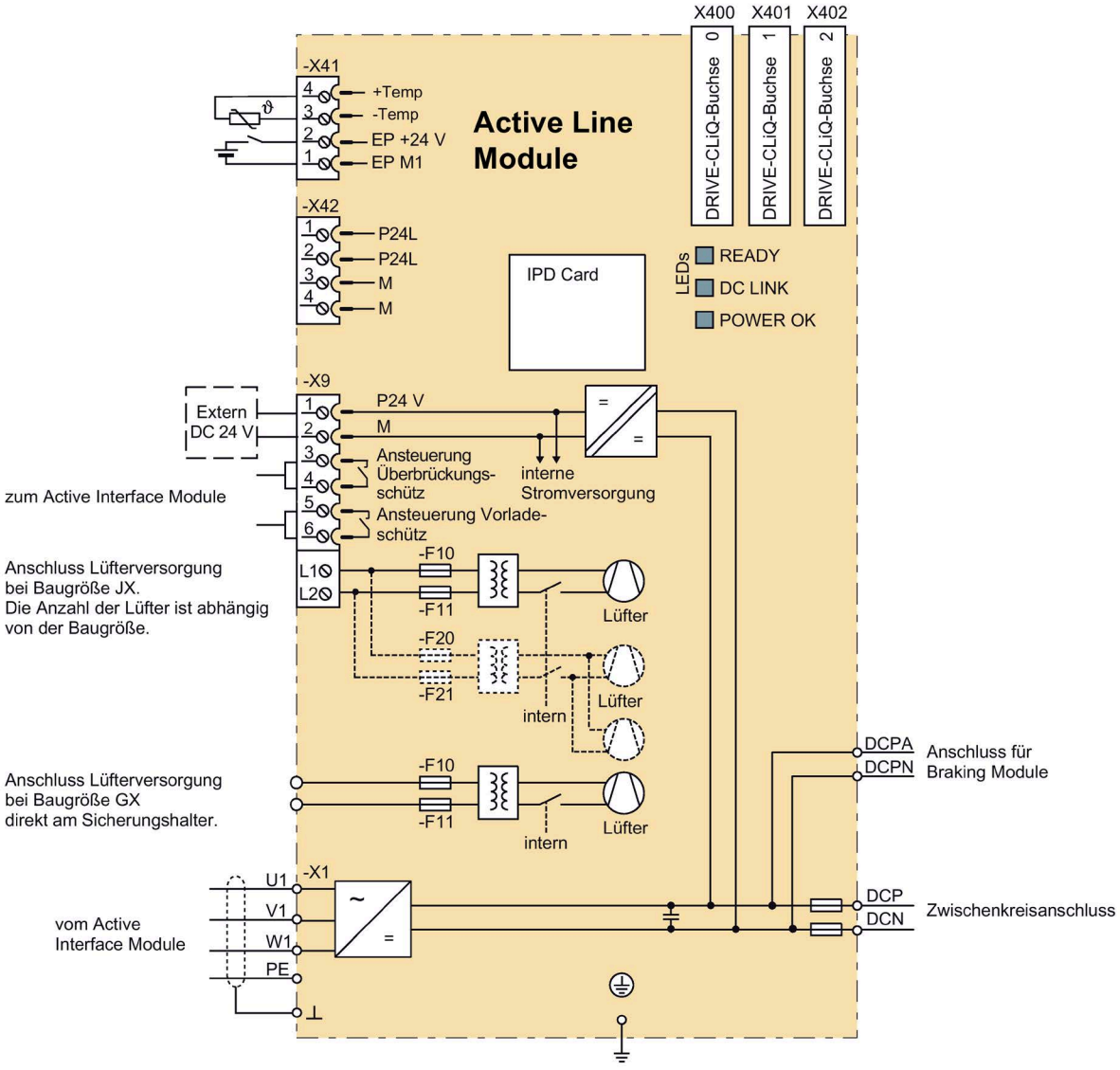


Bild 8-3 Anschlussbild Active Line Module

Weitere Details

Weitere Details zu den luftgekühlten Active Line Modules finden Sie im Gerätehandbuch Leistungsteile Chassis luftgekühlt (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109781448).

8.4.2 Technische Daten

Tabelle 8- 7 Technische Daten Active Line Modules, 3 AC 320 ... 480 V mit Ergänzungen zum Betrieb bei 3 AC 320 V für Einspeisung aus diversen DC-Quellen

Artikelnummer	**6SL3330–**	**7TE35–0AA4**	**7TE41–0AA4**	**7TE41–4AA4**
Bemessungsleistung				
- Bei I_{n_DC} (50 Hz, 400 V)	kW	300	630	900
- Bei I_{H_DC} (50 Hz, 400 V)	kW	270	545	780
- Bei I_{n_DC} (50 Hz, 320 V)	kW	270	540	770
- Bei I_{n_DC} (60 Hz, 460 V)	HP	500	900	1250
- Bei I_{H_DC} (60 Hz, 460 V)	HP	400	800	1000
DC-Eingangsleistung				
- Bei I_{n_DC} (50 Hz, 320 V)	kW	275	550	785
Zwischenkreisstrom				
- Bemessungsstrom I_{n_DC}	A	549	1103	1574
- Grundlaststrom I_{H_DC}	A	489	982	1401
- maximaler Strom I_{max_DC}	A	823	1654	2361
Ein-/Rückspeisestrom				
- Bemessungsstrom I_{n_E} [1]	A	490	985	1405
- maximaler Strom I_{max_E} [2]	A	735	1477	2107
Wechselstrom für Kurzschlussklärung für 2 s [3]	A	750	1500	2200
Kurzzeitüberlast 1				
- Überlaststrom	A	700	1250	2100
- Überlastdauer (Zeit / Überlastzyklus)	s / s	5 / 300	5 / 300	5 / 300
- Grundlaststrom	A	450	945	1360
Kurzzeitüberlast 2				
- Überlaststrom	A	625	1150	1800
- Überlastdauer (Zeit / Überlastzyklus)	s / s	30 / 300	30 / 300	30 / 300
- Grundlaststrom	A	450	945	1360
Anschlussspannungen				
- Netzspannung	V_{ACeff}	3 AC 320 [4] -10 % (-15 % < 1 min) ... 3 AC 480 +10 %		
- Netzfrequenz	Hz	47 ... 63		
- DC Spannungsbereich dauerhaft	V_{DC}	520 ... 750		
- maximale DC-Spannung kurzzeitig [5]	V_{DC}	800		
- Elektronikstromversorgung	V_{DC}	24 (20,4 ... 28,8)		
- Zwischenkreisspannung	V_{DC}	1,5 x U_{Netz}		
Pulsfrequenz	kHz	4	2,5	2,5
Strombedarf				
- Elektronikstromaufnahme (DC 24 V)	A	1,35	1,5	1,7
- Lüfterversorgungsstromaufnahme gesamt (bei AC 400 V)	A	1,8	5,4	5,4
max. Umgebungstemperatur				
- ohne Derating	°C	40	40	40
- mit Derating	°C	55	55	55
Wirkungsgrad bei cos(phi) = 1, U_{n_DC} = 600 V				
- Nennwirkungsgrad bei U_{n_AC} = 3 AC 400 V, I_{n_E}	%	98	98	98
- max. Wirkungsgrad (incl. zugehörigem Netzfilter AIM), bei U_{n_AC} = 3 AC 400 V	%	98,3	98,4	98,6
- Europäischer Wirkungsgrad (incl. zugehörigem Netzfilter AIM), bei U_{n_AC} = 3 AC 400 V	%	97,2	97,1	97,8
Verlustleistung [6]				
- max. Verlustleistung	kW	5,1	10,1	13,3
- Standby-Betrieb	W	36,5	40	45
- Eigenverbrauch Hilfsbetriebe im Betrieb	W	990	3280	3280
Oberschwingungen Netzstrom (T_{HDi}) T_{HDi} berechnet nach IEEE 519 (2014)	%	5	5	5

Artikelnummer	**6SL3330–**	**7TE35–0AA4**	**7TE41–0AA4**	**7TE41–4AA4**
Netzform		TN, IT	TN, IT	TN, IT
Zwischenkreiskapazität - Active Line Module - Antriebsverband, max.	 µF µF	 9600 76800	 18900 230400	 28800 230400
Kühlluftbedarf	m^3/s	0,36	1,08	1,08
Schalldruckpegel [7] L_{pA} (1 m) bei 50/60 Hz	 dB(A)	 69 / 73	 71 / 73	 71 / 73
Netz-/Lastanschluss		Flachanschluss für Schraube		
		M10	M12	M12
max. Anschlussquerschnitte - Netzanschluss (U1, V1, W1) - Zwischenkreisanschluss (DCP, DCN) - PE-Anschluss PE1 - PE-Anschluss PE2	 mm^2 mm^2 mm^2 mm^2	 2 x 240 2 x 240 2 x 240 2 x 240	 6 x 240 Stromschiene 1 x 240 3 x 240	 6 x 240 Stromschiene 1 x 240 3 x 240
Leitungslänge, max. (Summe aller Motorleitungen und Zwischenkreis) - geschirmt - ungeschirmt	 m m	 2700 4050	 3900 5850	 3900 5850
Schutzart		IP20	IP00	IP00
Abmessungen - Breite - Höhe - Tiefe	 mm mm mm	 326 1533 545	 704 1480 550	 704 1480 550
Baugröße		GX	JX	JX
Gewicht	kg	136	450	450
Empfohlene Sicherung gemäß IEC - Anzahl pro Phase (parallel geschaltet) - Bemessungsstrom - Baugröße nach IEC 60269	 A	3NE1436-2 1 630 3	3NE1436-2 2 [10] 630 3	3NE1448-2 2 [10] 850 3
Empfohlene Sicherung gemäß UL [8] - Bemessungsstrom	 A	3NE1436-2 630	3NB3352-1KK26 1250	3NB3358-1KK26 1700
Mindestkurzschlussstrom [9]	kA	8	16	21

1) Bei Dauerbetrieb mit cosφ < 1 muss die Deratingkennline gemäß Projektierungshandbuch Low Voltage, Abschnitt "Grundlagen und Systembeschreibung", Kapitel "Active Infeed" beachtet werden.

2) Der Blindstrom bei Betrieb mit Funktion S01 ist begrenzt auf den Bemessungsstrom I_{n_E}.

3) Zusätzliche Angabe, Wert nur gültig bei Netzstatikbetrieb.

4) UL-Zulassung gilt nur für den eingeschränkten Spannungsbereich 380V -10% (-15 % < 1 min) ...3 AC 480 +10 %, der aus diesem Grund zusammen mit der UL-Kennzeichnung am Typenschild angegeben ist.

5) Die dauerhaft zulässige Zwischenkreisspannung beträgt 750 V. Kurzeitig sind bis 800 V möglich (darf pro Stunde maximal 5-mal für eine Minute anstehen).

6) Die angegebene Verlustleistung stellt den Maximalwert bei 100 %iger Auslastung dar. Im üblichen Betrieb stellt sich ein geringerer Wert ein.

7) Summenschalldruckpegel Active Interface Module und Active Line Module.

8) Zum Aufbau eines UL-approbierten Systems sind die angegebenen Sicherungen unbedingt erforderlich.

9) Erforderlicher Mindeststrom zur sicheren Auslösung der vorgesehenen Sicherungen.
Bei Inselnetzbetrieb muss ein angepasstes Schutzkonzept erarbeitet werden.

10) Beim Einsatz von parallel geschalteten Sicherungen pro Phase müssen nach einem Auslösen immer alle Sicherungen gemeinsam ersetzt werden.

ACHTUNG

Jeder Kurzschluss reduziert die Lebensdauer der Gerätesicherungen

Länger andauernde Kurzschlüsse, oder Kurzschlüsse in kürzerer Abfolge, reduzieren die Lebensdauer des Active Line Modules.

Die Kurzschlussklärungsströme sind nicht geeignet zum Auslösen der Gerätesicherungen, sondern für nachgestellte Sicherungseinheiten der angeschlossenen Verbraucher.

Tabelle 8- 8 Technische Daten Active Line Modules, 3 AC 500 ... 690 V

Artikelnummer	**6SL3330–**	**7TG41–0AA4**	**7TG41–3AA4**	
Bemessungsleistung				
- Bei I_{n_DC} (50 Hz, 690 V)	kW	1100	1400	
- Bei I_{H_DC} (50 Hz, 690 V)	kW	980	1215	
- Bei I_{n_DC} (50 Hz, 500 V)	kW	780	965	
- Bei I_{H_DC} (50 Hz, 500 V)	kW	710	880	
- Bei I_{n_DC} (60 Hz, 575 V)	HP	1250	1500	
- Bei I_{H_DC} (60 Hz, 575 V)	HP	1000	1250	
Zwischenkreisstrom				
- Bemessungsstrom I_{n_DC}	A	1148	1422	
- Grundlaststrom I_{H_DC}	A	1022	1266	
- maximaler Strom I_{max_DC}	A	1722	2133	
Ein-/Rückspeisestrom				
- Bemessungsstrom I_{n_E} 1)	A	1025	1270	
- maximaler Strom I_{max_E} 2)	A	1537	1905	
Wechselstrom für Kurzschlussklärung für 2 s 3)	A	1700	2600	
Kurzzeitüberlast 1				
- Überlaststrom	A	1500	1870	
- Überlastdauer (Zeit / Überlastzyklus)	s / s	5 / 300	5 / 300	
- Grundlaststrom	A	1000	1239	
Kurzzeitüberlast 2				
- Überlaststrom	A	1300	1600	
- Überlastdauer (Zeit / Überlastzyklus)	s / s	30 / 300	30 / 300	
- Grundlaststrom	A	1000	1239	
Anschlussspannungen				
- Netzspannung	V_{ACeff}	3 AC 500 -10 % (-15 % < 1 min) ... 3 AC 690 +10 %		
- Netzfrequenz	Hz	47 ... 63		
- Elektronikstromversorgung	V_{DC}	24 (20,4 ... 28,8)		
- Zwischenkreisspannung	V_{DC}	1,5 x U_{Netz}		
Pulsfrequenz	kHz	2,5	2,5	
Strombedarf				
- Elektronikstromaufnahme (DC 24 V)	A	1,7	1,7	
- AC 500 V	A	4,4	4,4	
- AC 690 V	A	3,1	3,1	
max. Umgebungstemperatur				
- ohne Derating	°C	40	40	
- mit Derating	°C	55	55	
Wirkungsgrad bei cos(phi) = 1, U_{n_DC} = 1035 V, U_{n_AC} = 3 AC 690 V, I_{n_E}	%	98	98	
Netzform		TN, IT	TN, IT	
Zwischenkreiskapazität				
- Active Line Module	µF	14400	19200	
- Antriebsverband, max.	µF	153600	153600	
Verlustleistung 4)				
- bei 50 Hz 690 V	kW	13,6	16,5	
- bei 60 Hz 575 V	kW	12,9	15,3	

Artikelnummer	**6SL3330–**	**7TG41–0AA4**	**7TG41–3AA4**	
Kühlluftbedarf	m^3/s	1,08	1,08	
Schalldruckpegel [5] L_{pA} (1 m) bei 50/60 Hz	dB(A)	71 / 73	71 / 73	
Netz-/Lastanschluss		Flachanschluss für Schraube		
		M12	M12	
max. Anschlussquerschnitte - Netzanschluss (U1, V1, W1) - Zwischenkreisanschluss (DCP, DCN) - PE-Anschluss PE1 - PE-Anschluss PE2	 mm^2 mm^2 mm^2 mm^2	 6 x 240 Stromschiene 1 x 240 3 x 240	 6 x 240 Stromschiene 1 x 240 3 x 240	
Leitungslänge, max. (Summe aller Motorleitungen und Zwischenkreis) - geschirmt - ungeschirmt	 m m	 2250 3375	 2250 3375	
Schutzart		IP00	IP00	
Abmessungen - Breite - Höhe - Tiefe	 mm mm mm	 704 1480 550	 704 1480 550	
Baugröße		JX	JX	
Gewicht	kg	450	450	
Empfohlene Sicherung gemäß IEC - Anzahl pro Phase (parallel geschaltet) - Bemessungsstrom - Baugröße nach IEC 60269		3NE1436-2 2 [8] 630 3	3NE1438-2 2 [8] 800 3	
Empfohlene Sicherung gemäß UL [6] - Bemessungsstrom	 A	3NB3352-1KK26 1250	3NB3357-1KK26 1600	
Mindestkurzschlussstrom [7]	kA	16	20	

1) Bei Dauerbetrieb mit cosφ < 1 muss die Deratingkennline gemäß Projektierungshandbuch Low Voltage, Abschnitt "Grundlagen und Systembeschreibung", Kapitel "Active Infeed" beachtet werden.

2) Der Blindstrom bei Betrieb mit Funktion S01 ist begrenzt auf den Bemessungsstrom I_{n_E}.

3) Zusätzliche Angabe, Wert nur gültig bei Netzstatikbetrieb.

4) Die angegebene Verlustleistung stellt den Maximalwert bei 100 %iger Auslastung dar. Im üblichen Betrieb stellt sich ein geringerer Wert ein.

5) Summenschalldruckpegel Active Interface Module und Active Line Module.

6) Zum Aufbau eines UL-approbierten Systems sind die angegebenen Sicherungen unbedingt erforderlich.

7) Erforderlicher Mindeststrom zur sicheren Auslösung der vorgesehenen Sicherungen.
Bei Inselnetzbetrieb muss ein angepasstes Schutzkonzept erarbeitet werden.

8) Beim Einsatz von parallel geschalteten Sicherungen pro Phase müssen nach einem Auslösen immer alle Sicherungen gemeinsam ersetzt werden.

ACHTUNG

Jeder Kurzschluss reduziert die Lebensdauer der Gerätesicherungen

Länger andauernde Kurzschlüsse, oder Kurzschlüsse in kürzerer Abfolge, reduzieren die Lebensdauer des Active Line Modules.

Die Kurzschlussklärungsströme sind nicht geeignet zum Auslösen der Gerätesicherungen, sondern für nachgestellte Sicherungseinheiten der angeschlossenen Verbraucher.

Überlastfähigkeit

Die Active Line Modules bieten eine Überlastreserve.

Die Überlast gilt unter der Voraussetzung, dass vor und nach der Überlast mit seinem Grundlaststrom betrieben wird, hierbei liegt eine Lastspieldauer von 300 s zugrunde.

Hohe Überlast

Dem Grundlaststrom für hohe Überlast I_{H_DC} liegt das Lastspiel 150 % für 60 s zugrunde, der Maximalstrom I_{max_DC} kann für 5 s fließen.

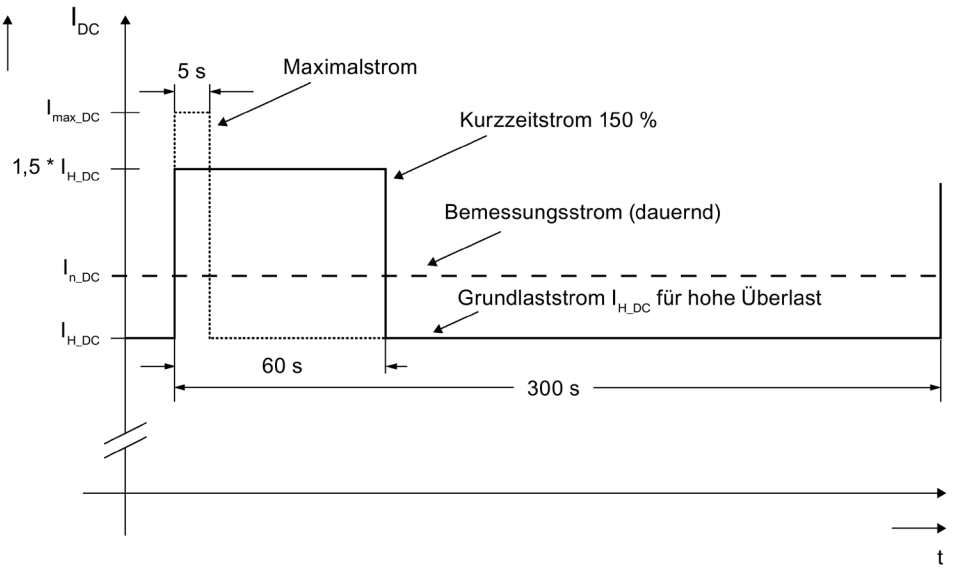


Bild 8-4 Hohe Überlast

8.4.2.1 Zulässiger Bereich für den Hochsetzfaktor

Der Hochsetzfaktor (HSF) ist der Quotient aus der Zwischenkreisspannung U_{DC} und des Effektivwertes der Netzanschlussspannung: HSF = U_{DC} / $U_{AC,eff}$.

Wegen des zulässigen Bereiches für den Hochsetzfaktor kann bei einigen Geräten nicht gleichzeitig der max. AC-Anschlussspannungsbereich und der max. DC-Spannungsbereich genutzt werden, d.h. entweder ist bei Ausnutzung des max. AC-Anschlussspannungsbereiches der max. DC-Spannungsbereich einzuschränken oder bei Ausnutzung des max. DC-Spannungsbereiches der max. AC-Spannungsbereich entsprechend dem zulässigen Bereich für den Hochsetzfaktor einzuschränken. Die Voreinstellung für den Sollwert der Zwischenkreisspannung (p3510) entspricht einem Hochsetzfaktor (HSF) von 1,5, es gelten die Einschränkungen der nachfolgenden Tabelle. Der maximale Hochsetzfaktor (p3508) muss entsprechend angepasst werden.

Tabelle 8- 9 Hochsetzfaktoren

Active Line Module	Active Interface Module	Netzanschluss-spannung	Nennstrom	Zulässiger Bereich Hochsetzfaktor	Maximaler Hoch-setzfaktor (p3508)
6SL3330-7TE35-0AA4	6SL3300-7TE35-0AA1	320 ... 480 V	490 A	1,42 ... 3,0	3,0
6SL3330-7TE41-0AA4	6SL3300-7TE41-4AA1	320 ... 480 V	985 A	1,42 ... 2,3	2,3
6SL3330-7TE41-4AA4	6SL3300-7TE41-4AA1	320 ... 480 V	1405 A	1,42 ... 2,3	2,3
6SL3330-7TG41-0AA4	6SL3300-7TG41-3AA1	500 ... 690 V	1025 A	1,42 ... 2,0	2,0
6SL3330-7TG41-3AA4	6SL3300-7TG41-3AA1	500 ... 690 V	1270 A	1,42 ... 2,0	2,0

8.4.2.2 Deratingfaktoren

Beim Einsatz der Active Line Modules muss eine Leistungsreduzierung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur, der Aufstellhöhe und des cosφ beachtet werden.

Sehen Sie hierzu im Projektierungshandbuch Low Voltage nach: Projektierungshandbuch LV (https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/83180185)

Für die Bestimmung der verfügbaren Blindleistung steht hier eine Applikationsbeschreibung zur Verfügung: Applikationsbeschreibung Blindleistungskompensation (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/105643094)

8.5 Active Interface Modules flüssigkeitsgekühlt

8.5.1 Bauform Chassis

Flüssigkeitsgekühlte Active Interface Modules werden in Verbindung mit den flüssigkeitsgekühlten Active Line Modules der Bauform Chassis eingesetzt. Die flüssigkeitsgekühlten Active Interface Modules enthalten ein Clean Power Filter mit Grundentstörung, die Vorladeschaltung für das Active Line Module, die Netzspannungserfassung und Überwachungssensoren.

Bei der Baugröße JIL ist das Überbrückungsschütz separat vorzusehen.

Mit dem Clean Power Filter werden die Netzoberschwingungen weitestgehend unterdrückt.

Das flüssigkeitsgekühlte Active Interface Module beinhaltet:

- Clean Power Filter
- Filterdrossel
- Vorladeschaltung
- Netzspannungserfassungsbaugruppe VSM10

Die flüssigkeitsgekühlten Active Interface Modules bestehen aus den folgenden Komponenten:

- Filterdrossel
- Filtermodul
- zugehörige Verbindungselemente (Druckschlauch, Kabel, Schlauchanschlüsse)

Die Beschreibungen für die flüssigkeitsgekühlten Active Interface Modules finden Sie im Gerätehandbuch Leistungsteile Chassis flüssigkeitsgekühlt (https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109752561).

Hinweis

Es sind die allgemeinen Angaben im Projektierungshandbuch SINAMICS – Low Voltage zu beachten.

Es ist eine Netzanalyse, insbesondere bei Inselnetzen und schwachen Netzen mit folgendem Inhalt durchzuführen:

- Analyse für das komplette Antriebssystem, incl. Dieselgeneratoren, mit Aussagen zum Total Harmonic Distortion Factor (T_{HD}) und zu den Amplituden der einzelnen Harmonischen in Abhängigkeit von den Netzparametern des Kunden. Dabei müssen die notwendigen Betriebsarten berücksichtigt werden.

Als ein Ergebnis von dieser Analyse können Anpassungen an dem Antriebssystem, insbesondere bei den Active Interface Modules, notwendig sein.
Diese Anpassungen können nicht von der Region/vom Kunden durchgeführt werden, sondern vom Herstellerwerk und sind nicht Umfang der Analyse.

Das Active Interface Module ist in Verbindung mit der Funktion S02 ggf. anzupassen, wenden Sie sich an die Fachberatung.

Die Applikationsberatung im Stammhausvertrieb kann Ihnen Unterstützung bei der Simulation bieten bzw. die Netzanalyse durchführen.

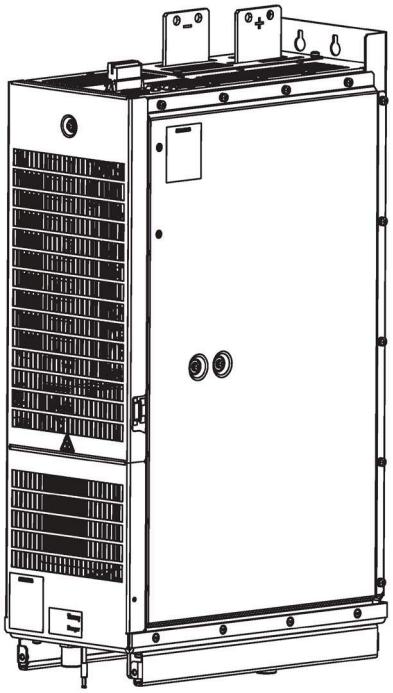
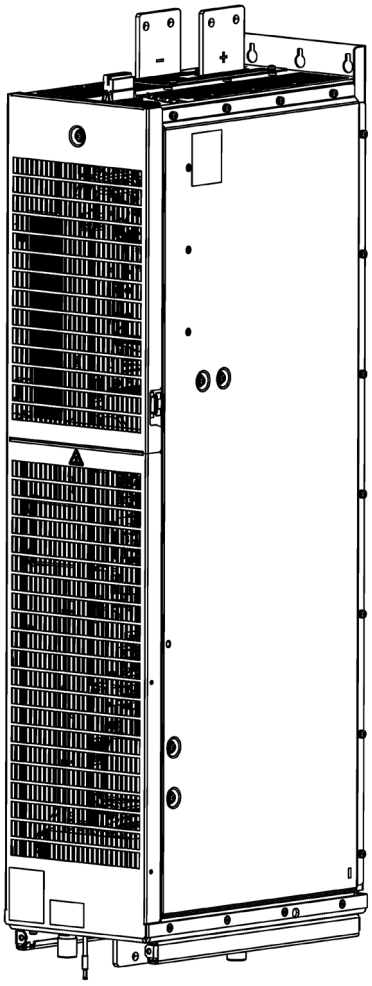
8.6 Active Line Modules für Netzeinspeisung, Bauform Chassis, flüssigkeitsgekühlt

8.6.1 Beschreibung

Die selbstgeführten Ein-/Rückspeiseeinheiten arbeiten als Hochsetzsteller und erzeugen eine geregelte Zwischenkreisspannung, die typischerweise 1,5-fach (in Werkseinstellung) höher als die Netznennspannung liegt. Damit sind die angeschlossenen Motor Modules von der Netzspannung entkoppelt, was zu einer höheren Dynamik und verbesserten Regelungseigenschaften führt, da Netztoleranzen bzw. Schwankungen keinen Einfluss auf die Motorspannung haben.

Bei Bedarf übernehmen die Active Line Modules zusätzlich die Funktion einer Blindleistungskompensation.

Tabelle 8- 10 Active Line Modules für Netzeinspeisung

	
Baugröße HXL	Baugröße JXL

Bestandteile Active Infeed für Netzeinspeisung

Ein Active Infeed besteht aus einem Active Interface Module und einem Active Line Module.

Bei einem Active Infeed mit einem Active Line Module der Baugröße HXL und JXL ist das Überbrückungsschütz nicht im zugehörigen Active Interface Module enthalten, es muss separat vorgesehen werden. Die Active Interface Modules und Active Line Modules dieser Baugröße sind in der Schutzart IP00 ausgeführt.

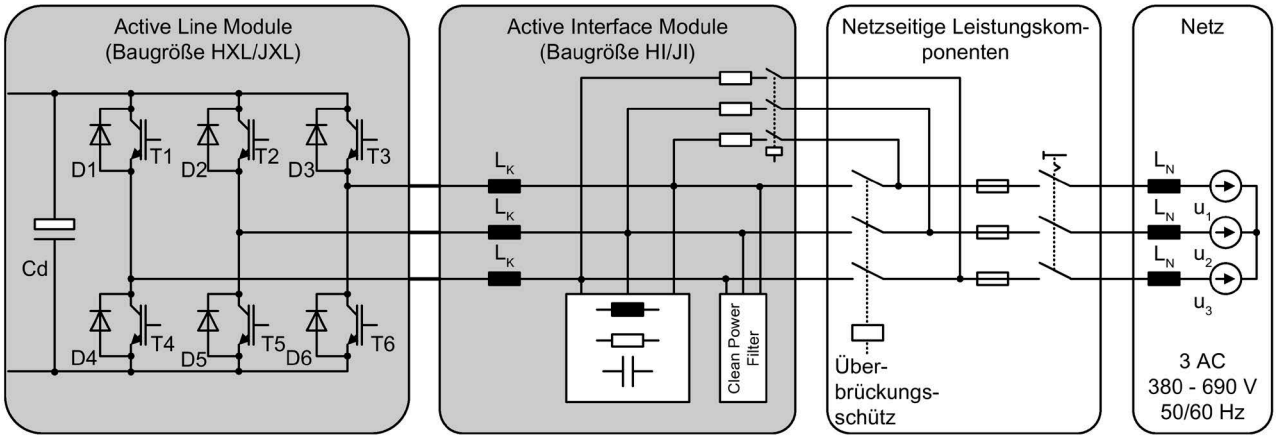


Bild 8-5 Übersicht Active Infeed, Baugröße HI/HXL und JI/JXL

Parallelschaltung von Active Line Modules zur Leistungserhöhung

Zur Leistungserhöhung ist die Parallelschaltung von bis zu vier Active Line Modules jeweils gleicher Leistung möglich.

Bei Parallelschaltung von Active Line Modules müssen die folgenden Regeln beachtet werden:

- Bis zu 4 identische Active Line Modules sind parallel schaltbar.
- Die Parallelschaltung ist immer nur mit einer gemeinsamen Control Unit realisierbar.
- Bei Parallelschaltung müssen die Systeme von einem gemeinsamen Einspeisepunkt versorgt werden (d. h., unterschiedliche Netze sind nicht zulässig).
- Ein Derating-Faktor von 5 % ist zu berücksichtigen unabhängig von der Anzahl der parallel geschalteten Module.

Hinweis

Die Parallelschaltung von identischen Leistungsteilen ist nur möglich, wenn alle Leistungsteile dieselbe Hardware Ausprägung haben.

Anschlussbeispiel

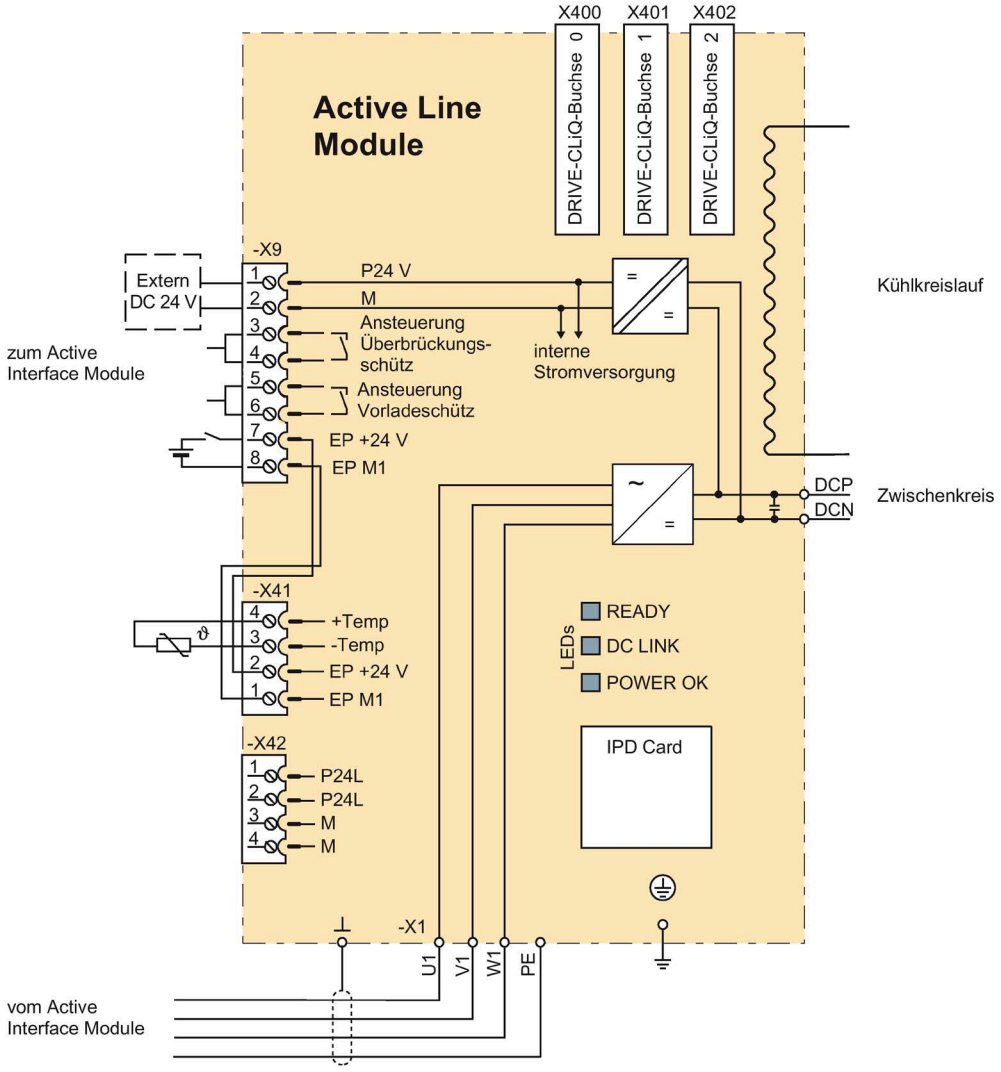


Bild 8-6 Anschlussbild Active Line Module

Weitere Details

Weitere Details zu den flüssigkeitsgekühlten Active Line Modules finden Sie im Gerätehandbuch Leistungsteile Chassis flüssigkeitsgekühlt (https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109752561).

8.6.2 Technische Daten

Tabelle 8- 11 Technische Daten Active Line Modules, 3 AC 500 ... 690 V

Artikelnummer	**6SL3335–**	**7TG35–8AA4**	**7TG41–3AA4**	**7TG41-6AA4**
Bemessungsleistung				
- bei $I_{L\,DC}$ (50 Hz 690 V)	kW	630	1400	1700
- bei $I_{H\,DC}$ (50 Hz 690 V)	kW	620	1215	1490
- bei $I_{L\,DC}$ (50 Hz 500 V)	kW	447	965	1180
- bei $I_{H\,DC}$ (50 Hz 500 V)	kW	450	880	1080
- bei $I_{L\,DC}$ (60 Hz 575 V)	HP	675	1500	1855
- bei $I_{H\,DC}$ (60 Hz 575 V)	HP	506	1250	1530
Zwischenkreisstrom				
- Bemessungsstrom $I_{N\,DC}$	A	644	1422	1740
- Grundlaststrom $I_{L\,DC}$	A	627	1386	1700
- Grundlaststrom $I_{H\,DC}$	A	573	1266	1550
- maximaler Strom $I_{max\,DC}$ [1]	A	966	2133	2620
Ein-/Rückspeisestrom				
- Bemessungsstrom $I_{N\,E}$ [2]	A	575	1270	1560
- Maximaler Strom $I_{max\,E}$ [3] [4]	A	862	1905	2055
Wechselstrom für Kurzschlussklärung für 1 s [5]	A	1146	2403	2689
Kurzzeitüberlast 1				
- Überlaststrom	A	678	1500	1842
- Überlastdauer (Zeit / Überlastzyklus)	s / s	5 / 300	5 / 300	5 / 300
- Grundlaststrom	A	565	1250	1535
Kurzzeitüberlast 2				
- Überlaststrom	A	598	1320	1620
- Überlastdauer (Zeit / Überlastzyklus)	s / s	30 / 300	30 / 300	30 / 300
- Grundlaststrom	A	565	1250	1535
Anschlussspannungen				
- Netzspannung	V_{ACeff}	3 AC 500 -10 % (-15 % < 1 min) ... 3 AC 690 +10 %		
- Netzfrequenz	Hz	47 ... 63 Hz		
- Elektronikstromversorgung	V_{DC}	24 (20,4 ... 28,8)		
- Zwischenkreisspannung	V_{DC}	1,5 x U_{Netz}		
Pulsfrequenz	kHz	2,5	2,5	2,5
Elektronikstromaufnahme (DC 24 V)	A	1,6	1,46	1,5
Kühlart		Flüssigkeitskühlung mit integriertem Aluminium-Wärmetauscher		
Verlustleistung, max. [6]				
- bei 50 Hz 690 V	kW	5,61	13,55	17,96
- bei 60 Hz 575 V	kW	4,89	12,6	15,7
- an Umgebungsluft abgegeben	kW	0,16	0,61	0,79
max. Kühlmitteltemperatur				
- ohne Derating	°C	45	45	45
- mit Derating	°C	50	50	50
Bemessungs-Volumenstrom für Wasser bei 70 kPa Druckabfall [7]	l/min	16	27	27
Flüssigkeitsvolumen des integrierten Wärmetauschers	dm³	0,74	1,56	1,56
Zwischenkreiskapazität				
- Active Line Module	µF	9670	19330	21000
- Antriebsverband, max.	µF	59200	153600	210000
Schalldruckpegel L_{pA} (1 m) bei 50/60 Hz	dB(A)	54	56	56
Netz-/Lastanschluss		Flachanschluss für Schraube M12		

Artikelnummer	**6SL3335–**	**7TG35–8AA4**	**7TG41–3AA4**	**7TG41-6AA4**
max. Anschlussquerschnitte - Netzanschluss (U1, V1, W1) - Zwischenkreisanschluss (DCP, DCN) - PE-Anschluss	 mm² mm² mm²	 4 x 185 Schiene 4 x 185	 Schiene Schiene Schiene	 Schiene Schiene Schiene
Leitungslänge, max. (Summe aller Motorleitungen und Zwischenkreis) - geschirmt - ungeschirmt	 m m	 2250 3375	 2250 3375	 2250 3375
Schutzart		IP00	IP00	IP00
Abmessungen - Breite - Höhe - Tiefe	 mm mm mm	 265 1002 545	 295 1516 545	 295 1516 545
Baugröße		HXL	JXL	JXL
Gewicht	kg	110	220	230
Empfohlene Sicherung gemäß IEC - Anzahl pro Phase (parallel geschaltet) - Bemessungsstrom - Baugröße nach IEC 60269	 A	3NE1447-2 1 670 3	3NE1438-2 2 [10] 800 3	3NE1436-2 3 [10] 630 3
Empfohlene Sicherung gemäß UL [8] - Bemessungsstrom	 A	3NE1447-2 670	3NB3357-1KK26 1600	3NB3362-1KK27 1900
Mindestkurzschlussstrom [9]	kA	8,4	20	24

1) Gültig für das Lastspiel 5 s (Überlastdauer) bei einer Lastspieldauer von 300 s auf Basis des Bemessungs-Zwischenkreisstroms.

2) Bei Dauerbetrieb mit cosφ < 1 muss die Deratingkennline gemäß Projektierungshandbuch Low Voltage, Abschnitt "Grundlagen und Systembeschreibung", Kapitel "Active Infeed" beachtet werden.

3) Der Blindstrom bei Betrieb mit Funktion S01 ist begrenzt auf den Bemessungsstrom I_{n_E}.

4) Gültig für das Lastspiel 5 s (Überlastdauer) bei einer Lastspieldauer von 300 s auf Basis des Bemessungs-Ein-/Rückspeisestroms.

5) Zusätzliche Angabe, Wert nur gültig bei Netzstatikbetrieb.

6) Die angegebene Verlustleistung stellt den Maximalwert bei 100 %iger Auslastung dar. Im üblichen Betrieb stellt sich ein geringerer Wert ein.

7) Der Wert gilt für das Kühlmittel Wasser, andere Kühlmittel, siehe Kapitel "Kühlkreislauf und Kühlmitteleigenschaften" im Gerätehandbuch SINAMICS S120 Leistungsteile Chassis flüssigkeitsgekühlt.

8) Zum Aufbau eines UL-approbierten Systems sind die angegebenen Sicherungen unbedingt erforderlich.

9) Erforderlicher Mindeststrom zur sicheren Auslösung der vorgesehenen Sicherungen.
Bei Inselnetzbetrieb muss ein angepasstes Schutzkonzept erarbeitet werden.

10) Beim Einsatz von parallel geschalteten Sicherungen pro Phase müssen nach einem Auslösen immer alle Sicherungen gemeinsam ersetzt werden.

ACHTUNG

Jeder Kurzschluss reduziert die Lebensdauer der Gerätesicherungen

Länger andauernde Kurzschlüsse, oder Kurzschlüsse in kürzerer Abfolge, reduzieren die Lebensdauer des Active Line Modules.

Die Kurzschlussklärungsströme sind nicht geeignet zum Auslösen der Gerätesicherungen, sondern für nachgestellte Sicherungseinheiten der angeschlossenen Verbraucher.

Überlastfähigkeit

Die Active Line Modules bieten eine Überlastreserve.

Die Überlast gilt unter der Voraussetzung, dass vor und nach der Überlast mit seinem Grundlaststrom betrieben wird, hierbei liegt eine Lastspieldauer von 300 s zugrunde.

Hohe Überlast

Dem Grundlaststrom für hohe Überlast I_{H_DC} liegt das Lastspiel 150 % für 60 s zugrunde, der Maximalstrom I_{max_DC} kann für 5 s fließen.

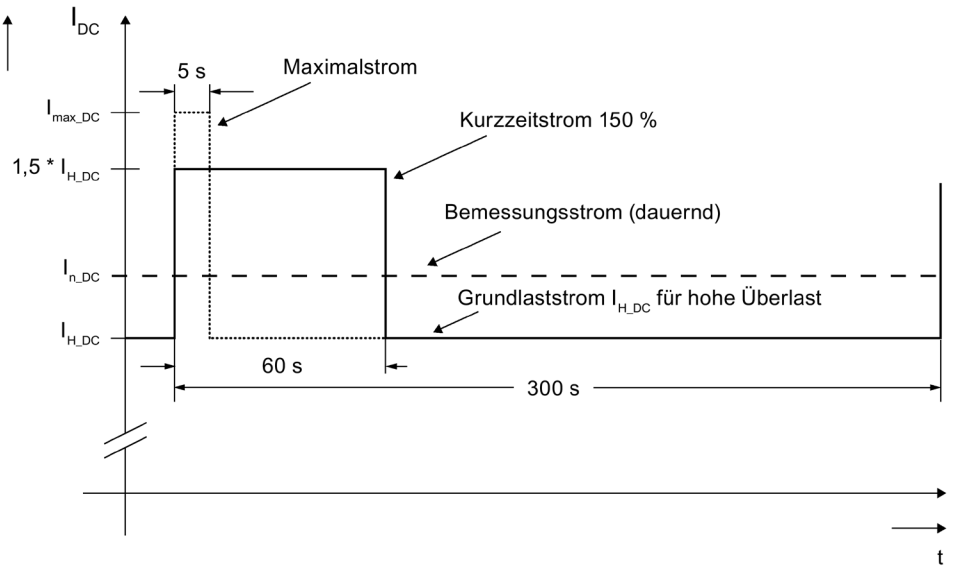


Bild 8-7 Hohe Überlast

8.6.2.1 Zulässiger Bereich für den Hochsetzfaktor

Der Hochsetzfaktor (HSF) ist der Quotient aus der Zwischenkreisspannung U_{DC} und des Effektivwertes der Netzanschlussspannung: HSF = U_{DC} / $U_{AC,eff}$.

Wegen des zulässigen Bereiches für den Hochsetzfaktor kann bei einigen Geräten nicht gleichzeitig der max. AC-Anschlussspannungsbereich und der max. DC-Spannungsbereich genutzt werden, d.h. entweder ist bei Ausnutzung des max. AC-Anschlussspannungsbereiches der max. DC-Spannungsbereich einzuschränken oder bei Ausnutzung des max. DC-Spannungsbereiches der max. AC-Spannungsbereich entsprechend dem zulässigen Bereich für den Hochsetzfaktor einzuschränken. Die Voreinstellung für den Sollwert der Zwischenkreisspannung (p3510) entspricht einem Hochsetzfaktor (HSF) von 1,5, es gelten die Einschränkungen der nachfolgenden Tabelle. Der maximale Hochsetzfaktor (p3508) muss entsprechend angepasst werden.

Tabelle 8- 12 Hochsetzfaktoren

Active Line Module	Active Interface Module [1]	Netzanschluss-spannung	Nennstrom	Zulässiger Bereich Hochsetzfaktor	Maximaler Hoch-setzfaktor (p3508)
6SL3335-7TG35-8AA4	6SL3300-7TG35-8AA1 [2]	500 ... 690 V	575 A	1,42 ... 2,0	2,0
6SL3335-7TG41-3AA4	6SL3305-7TG41-3AA5	500 ... 690 V	1270 A	1,42 ... 2,0	2,0
6SL3335-7TG41-6AA4	6SL3305-7TG41-6AA5	500 ... 690 V	1560 A	1,42 ... 2,0	2,0

[1] Active Interface Module muss nach Netzanalyse gegebenenfalls angepasst werden.

[2] Für diese Bemessungsleistung ist nur ein luftgekühltes Active Interface Module verfügbar.

8.6.2.2 Deratingfaktoren

Beim Einsatz der flüssigkeitsgekühlten Active Line Modules muss eine Leistungsreduzierung in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur, der Umgebungstemperatur, der Aufstellhöhe und des cosφ beachtet werden.

Sehen Sie hierzu im Projektierungshandbuch Low Voltage nach: Projektierungshandbuch LV (https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/83180185)

Für die Bestimmung der verfügbaren Blindleistung steht hier eine Applikationsbeschreibung zur Verfügung: Applikationsbeschreibung Blindleistungskompensation (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/105643094)

8.6.3 Kühlmittel und Betauungsschutz

Beim Einsatz der flüssigkeitsgekühlten Active Line Modules muss die Kühlmitteldefinition und die Verhinderung von Betauung beachtet werden.

Sehen Sie hierzu im Projektierungshandbuch Low Voltage nach: Projektierungshandbuch LV (https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/83180185)

8.7 Active Interface Modules wassergekühlt für gemeinsame Kühlkreisläufe

8.7.1 Bauform Chassis

Wassergekühlte Active Interface Modules werden in Verbindung mit den wassergekühlten Active Line Modules der Bauform Chassis eingesetzt. Die wassergekühlten Active Interface Modules enthalten ein Clean Power Filter mit Grundentstörung, die Vorladeschaltung für das Active Line Module, die Netzspannungserfassung und Überwachungssensoren.

Bei der Baugröße JIL ist das Überbrückungsschütz separat vorzusehen.

Mit dem Clean Power Filter werden die Netzoberschwingungen weitestgehend unterdrückt.

Das wassergekühlte Active Interface Module beinhaltet:

- Clean Power Filter
- Filterdrossel
- Vorladeschaltung
- Netzspannungserfassungsbaugruppe VSM10

Die wassergekühlten Active Interface Modules bestehen aus den folgenden Komponenten:

- Filterdrossel
- Filtermodul
- zugehörige Verbindungselemente (Druckschlauch, Kabel, Schlauchanschlüsse)

Die Beschreibungen für die wassergekühlten Active Interface Modules finden Sie im Gerätehandbuch Leistungsteile Chassis wassergekühlt für gemeinsame Kühlkreisläufe (https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109751832).

Hinweis

Es sind die allgemeinen Angaben im Projektierungshandbuch SINAMICS – Low Voltage zu beachten.

Es ist eine Netzanalyse, insbesondere bei Inselnetzen und schwachen Netzen mit folgendem Inhalt durchzuführen:

- Analyse für das komplette Antriebssystem, incl. Dieselgeneratoren, mit Aussagen zum Total Harmonic Distortion Factor (T_{HD}) und zu den Amplituden der einzelnen Harmonischen in Abhängigkeit von den Netzparametern des Kunden. Dabei müssen die notwendigen Betriebsarten berücksichtigt werden.

Als ein Ergebnis von dieser Analyse können Anpassungen an dem Antriebssystem, insbesondere bei den Active Interface Modules, notwendig sein.
Diese Anpassungen können nicht von der Region/vom Kunden durchgeführt werden, sondern vom Herstellerwerk und sind nicht Umfang der Analyse.

Das Active Interface Module ist in Verbindung mit der Funktion S02 ggf. anzupassen, wenden Sie sich an die Fachberatung.

Die Applikationsberatung im Stammhausvertrieb kann Ihnen Unterstützung bei der Simulation bieten bzw. die Netzanalyse durchführen.

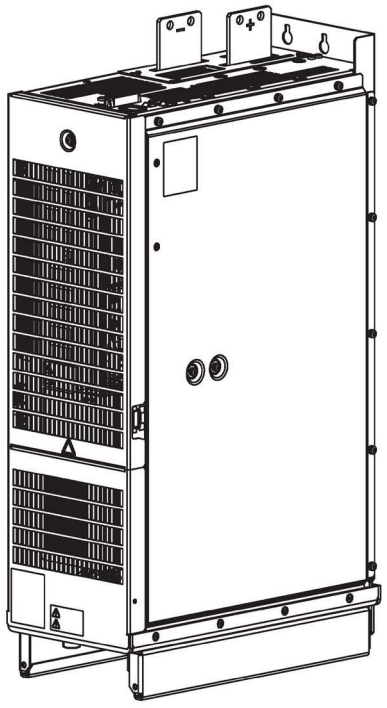
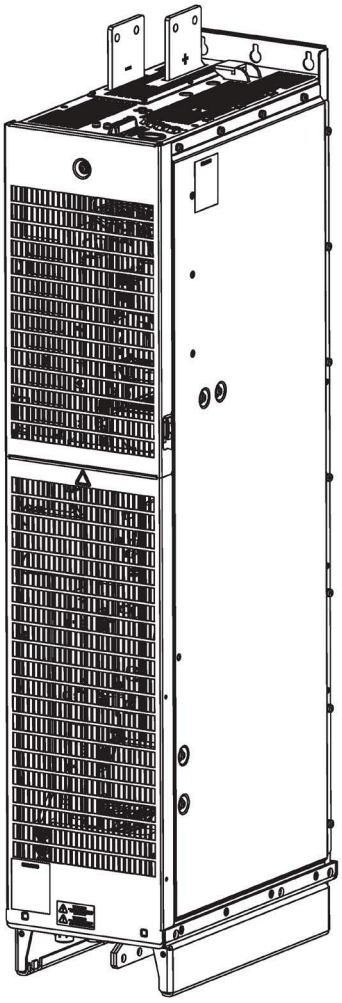
8.8 Active Line Modules für Netzeinspeisung, Bauform Chassis wassergekühlt für gemeinsame Kühlkreisläufe

8.8.1 Beschreibung

Die selbstgeführten Ein-/Rückspeiseeinheiten arbeiten als Hochsetzsteller und erzeugen eine geregelte Zwischenkreisspannung, die typischerweise 1,5-fach (in Werkseinstellung) höher als die Netznennspannung liegt. Damit sind die angeschlossenen Motor Modules von der Netzspannung entkoppelt, was zu einer höheren Dynamik und verbesserten Regelungseigenschaften führt, da Netztoleranzen bzw. Schwankungen keinen Einfluss auf die Motorspannung haben.

Bei Bedarf übernehmen die Active Line Modules zusätzlich die Funktion einer Blindleistungskompensation.

Tabelle 8- 13 Active Line Modules für Netzeinspeisung

	
Baugröße HXL	Baugröße JXL

Bestandteile Active Infeed für Netzeinspeisung

Ein Active Infeed besteht aus einem Active Interface Module und einem Active Line Module.

Bei einem Active Infeed mit einem Active Line Module der Baugröße HXL und JXL ist das Überbrückungsschütz nicht im zugehörigen Active Interface Module enthalten, es muss separat vorgesehen werden. Die Active Interface Modules und Active Line Modules dieser Baugröße sind in der Schutzart IP00 ausgeführt.

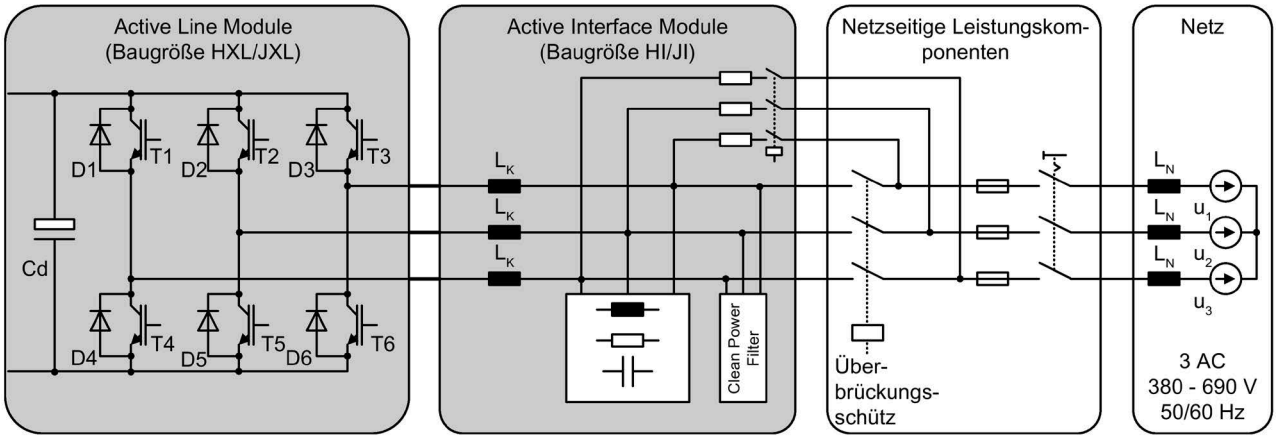


Bild 8-8 Übersicht Active Infeed, Baugröße HI/HXL und JI/JXL

Parallelschaltung von Active Line Modules zur Leistungserhöhung

Zur Leistungserhöhung ist die Parallelschaltung von bis zu vier Active Line Modules jeweils gleicher Leistung möglich.

Bei Parallelschaltung von Active Line Modules müssen die folgenden Regeln beachtet werden:

- Bis zu 4 identische Active Line Modules sind parallel schaltbar.
- Die Parallelschaltung ist immer nur mit einer gemeinsamen Control Unit realisierbar.
- Bei Parallelschaltung müssen die Systeme von einem gemeinsamen Einspeisepunkt versorgt werden (d. h., unterschiedliche Netze sind nicht zulässig).
- Ein Derating-Faktor von 5 % ist zu berücksichtigen unabhängig von der Anzahl der parallel geschalteten Module.

Hinweis

Die Parallelschaltung von identischen Leistungsteilen ist nur möglich, wenn alle Leistungsteile dieselbe Hardware Ausprägung haben.

Anschlussbeispiel

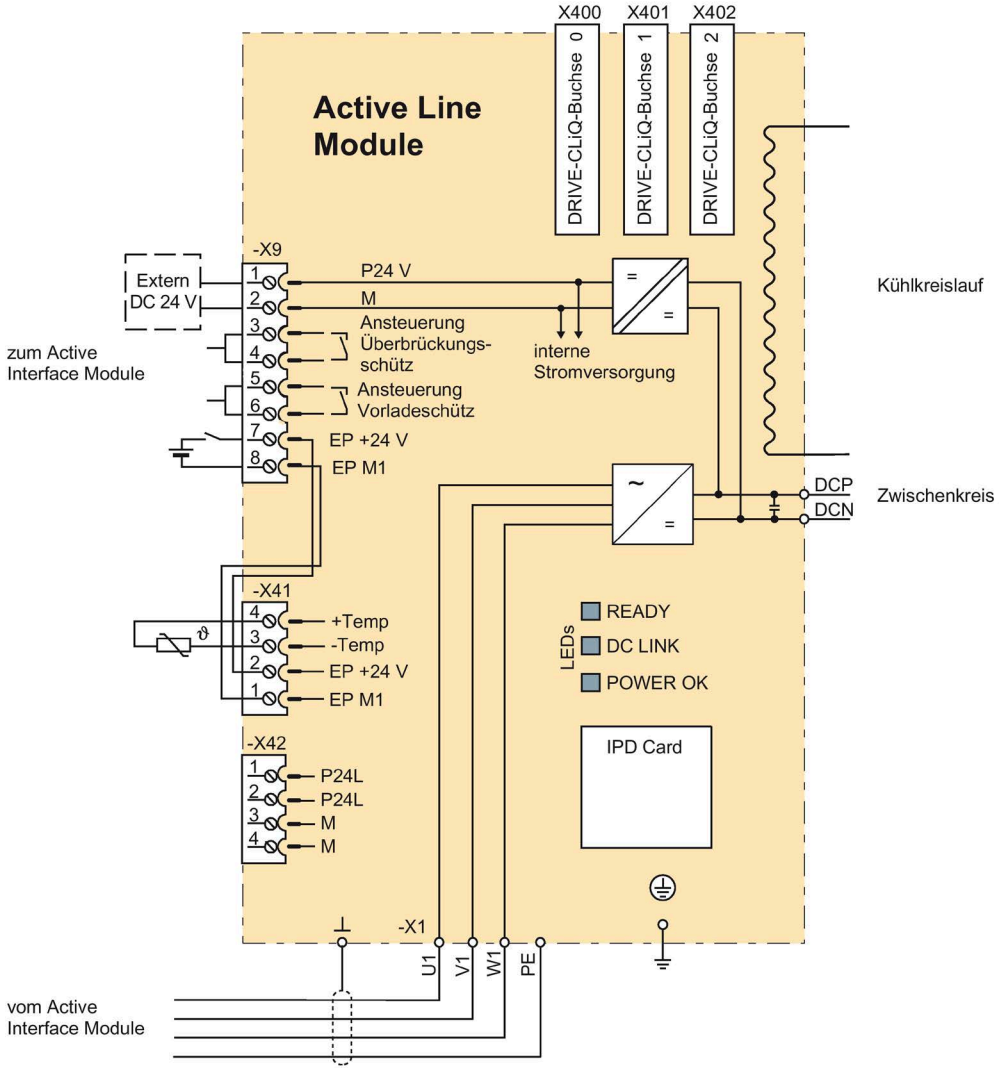


Bild 8-9 Anschlussbild Active Line Module

Weitere Details

Weitere Details zu den wassergekühlten Active Line Modules finden Sie im Gerätehandbuch Leistungsteile Chassis wassergekühlt für gemeinsame Kühlkreisläufe (https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/109751832).

8.8.2 Technische Daten

Tabelle 8- 14 Technische Daten Active Line Modules, 3 AC 500 ... 690 V

Artikelnummer	**6SL3335–**	**7TG35–8AA8**	**7TG41–3AA8**	**7TG41-6AA8**
Bemessungsleistung				
- bei $I_{L\,DC}$ (50 Hz 690 V)	kW	630	1400	1700
- bei $I_{H\,DC}$ (50 Hz 690 V)	kW	620	1215	1490
- bei $I_{L\,DC}$ (50 Hz 500 V)	kW	447	965	1180
- bei $I_{H\,DC}$ (50 Hz 500 V)	kW	450	880	1080
- bei $I_{L\,DC}$ (60 Hz 575 V)	HP	675	1500	1855
- bei $I_{H\,DC}$ (60 Hz 575 V)	HP	506	1250	1530
Zwischenkreisstrom				
- Bemessungsstrom $I_{N\,DC}$	A	644	1422	1740
- Grundlaststrom $I_{L\,DC}$	A	627	1386	1700
- Grundlaststrom $I_{H\,DC}$	A	573	1266	1550
- maximaler Strom $I_{max\,DC}$ [1]	A	966	2133	2620
Ein-/Rückspeisestrom				
- Bemessungsstrom $I_{N\,E}$ [2]	A	575	1270	1560
- Maximaler Strom $I_{max\,E}$ [3] [4]	A	862	1905	2055
Wechselstrom für Kurzschlussklärung für 1 s [5]	A	1146	2403	2689
Kurzzeitüberlast 1				
- Überlaststrom	A	678	1500	1842
- Überlastdauer (Zeit / Überlastzyklus)	s / s	5 / 300	5 / 300	5 / 300
- Grundlaststrom	A	565	1250	1535
Kurzzeitüberlast 2				
- Überlaststrom	A	598	1320	1620
- Überlastdauer (Zeit / Überlastzyklus)	s / s	30 / 300	30 / 300	30 / 300
- Grundlaststrom	A	565	1250	1535
Anschlussspannungen				
- Netzspannung	V_{ACeff}	3 AC 500 -10 % (-15 % < 1 min) ... 3 AC 690 +10 %		
- Netzfrequenz	Hz	47 ... 63 Hz		
- Elektronikstromversorgung	V_{DC}	24 (20,4 ... 28,8)		
- Zwischenkreisspannung	V_{DC}	1,5 x U_{Netz}		
Pulsfrequenz	kHz	2,5	2,5	2,5
Elektronikstromaufnahme (DC 24 V)	A	1,6	1,46	1,5
Kühlart		Wasserkühlung mit integriertem Wärmetauscher aus einer Kupfer-Nickel-Legierung		
Verlustleistung, max. [6]				
- bei 50 Hz 690 V	kW	5,61	13,55	17,96
- bei 60 Hz 575 V	kW	4,89	12,6	15,7
- an Umgebungsluft abgegeben	kW	0,16	0,61	0,79
max. Kühlmitteltemperatur				
- ohne Derating	°C	45	45	45
- mit Derating	°C	50	50	50
Bemessungs-Volumenstrom für Wasser bei 70 kPa Druckabfall [7]	l/min	16	27	27
Flüssigkeitsvolumen des integrierten Wärmetauschers	dm³	0,74	1,56	1,56
Zwischenkreiskapazität				
- Active Line Module	µF	9670	19330	21000
- Antriebsverband, max.	µF	59200	153600	210000
Schalldruckpegel L_{pA} (1 m) bei 50/60 Hz	dB(A)	54	56	56
Netz-/Lastanschluss		Flachanschluss für Schraube M12		

Artikelnummer	**6SL3335–**	**7TG35–8AA8**	**7TG41–3AA8**	**7TG41-6AA8**
max. Anschlussquerschnitte - Netzanschluss (U1, V1, W1) - Zwischenkreisanschluss (DCP, DCN) - PE-Anschluss	 mm² mm² mm²	 4 x 185 Schiene 4 x 185	 Schiene Schiene Schiene	 Schiene Schiene Schiene
Leitungslänge, max. (Summe aller Motorleitungen und Zwischenkreis) - geschirmt - ungeschirmt	 m m	 2250 3375	 2250 3375	 2250 3375
Schutzart		IP00	IP00	IP00
Abmessungen - Breite - Höhe - Tiefe	 mm mm mm	 265 1002 545	 295 1516 545	 295 1516 545
Baugröße		HXL	JXL	JXL
Gewicht	kg	125	230	240
Empfohlene Sicherung gemäß IEC - Anzahl pro Phase (parallel geschaltet) - Bemessungsstrom - Baugröße nach IEC 60269	 A	3NE1447-2 1 670 3	3NE1438-2 2 [10] 800 3	3NE1436-2 3 [10] 630 3
Empfohlene Sicherung gemäß UL [8] - Bemessungsstrom	 A	3NE1447-2 670	3NB3357-1KK26 1600	3NB3362-1KK27 1900
Mindestkurzschlussstrom [9]	kA	8,4	20	24

1) Gültig für das Lastspiel 5 s (Überlastdauer) bei einer Lastspieldauer von 300 s auf Basis des Bemessungs-Zwischenkreisstroms.

2) Bei Dauerbetrieb mit cosφ < 1 muss die Deratingkennline gemäß Projektierungshandbuch Low Voltage, Abschnitt "Grundlagen und Systembeschreibung", Kapitel "Active Infeed" beachtet werden.

3) Der Blindstrom bei Betrieb mit Funktion S01 ist begrenzt auf den Bemessungsstrom I_{n_E}.

4) Gültig für das Lastspiel 5 s (Überlastdauer) bei einer Lastspieldauer von 300 s auf Basis des Bemessungs-Ein-/Rückspeisestroms.

5) Zusätzliche Angabe, Wert nur gültig bei Netzstatikbetrieb.

6) Die angegebene Verlustleistung stellt den Maximalwert bei 100 %iger Auslastung dar. Im üblichen Betrieb stellt sich ein geringerer Wert ein.

7) Der Wert gilt für das Kühlmittel Wasser, andere Kühlmittel, siehe Kapitel "Kühlkreislauf und Kühlmitteleigenschaften" im Gerätehandbuch SINAMICS S120 Leistungsteile Chassis wassergekühlt für gemeinsame Kühlkreisläufe.

8) Zum Aufbau eines UL-approbierten Systems sind die angegebenen Sicherungen unbedingt erforderlich.

9) Erforderlicher Mindeststrom zur sicheren Auslösung der vorgesehenen Sicherungen.
Bei Inselnetzbetrieb muss ein angepasstes Schutzkonzept erarbeitet werden.

10) Beim Einsatz von parallel geschalteten Sicherungen pro Phase müssen nach einem Auslösen immer alle Sicherungen gemeinsam ersetzt werden.

ACHTUNG

Jeder Kurzschluss reduziert die Lebensdauer der Gerätesicherungen

Länger andauernde Kurzschlüsse, oder Kurzschlüsse in kürzerer Abfolge, reduzieren die Lebensdauer des Active Line Modules.

Die Kurzschlussklärungsströme sind nicht geeignet zum Auslösen der Gerätesicherungen, sondern für nachgestellte Sicherungseinheiten der angeschlossenen Verbraucher.

Überlastfähigkeit

Die Active Line Modules bieten eine Überlastreserve.

Die Überlast gilt unter der Voraussetzung, dass vor und nach der Überlast mit seinem Grundlaststrom betrieben wird, hierbei liegt eine Lastspieldauer von 300 s zugrunde.

Hohe Überlast

Dem Grundlaststrom für hohe Überlast I_{H_DC} liegt das Lastspiel 150 % für 60 s zugrunde, der Maximalstrom I_{max_DC} kann für 5 s fließen.

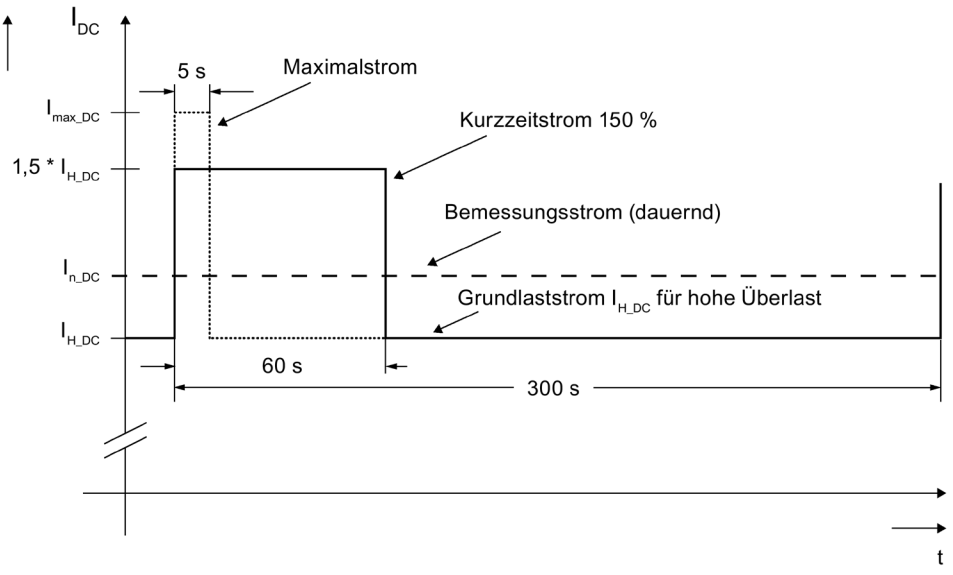


Bild 8-10 Hohe Überlast

8.8.2.1 Zulässiger Bereich für den Hochsetzfaktor

Der Hochsetzfaktor (HSF) ist der Quotient aus der Zwischenkreisspannung U_{DC} und des Effektivwertes der Netzanschlussspannung: HSF = U_{DC} / $U_{AC,eff}$.

Wegen des zulässigen Bereiches für den Hochsetzfaktor kann bei einigen Geräten nicht gleichzeitig der max. AC-Anschlussspannungsbereich und der max. DC-Spannungsbereich genutzt werden, d.h. entweder ist bei Ausnutzung des max. AC-Anschlussspannungsbereiches der max. DC-Spannungsbereich einzuschränken oder bei Ausnutzung des max. DC-Spannungsbereiches der max. AC-Spannungsbereich entsprechend dem zulässigen Bereich für den Hochsetzfaktor einzuschränken. Die Voreinstellung für den Sollwert der Zwischenkreisspannung (p3510) entspricht einem Hochsetzfaktor (HSF) von 1,5, es gelten die Einschränkungen der nachfolgenden Tabelle. Der maximale Hochsetzfaktor (p3508) muss entsprechend angepasst werden.

Tabelle 8- 15 Hochsetzfaktoren

Active Line Module	Active Interface Module [1]	Netzanschluss-spannung	Nennstrom	Zulässiger Bereich Hochsetzfaktor	Maximaler Hoch-setzfaktor (p3508)
6SL3335-7TG35-8AA8	6SL3300-7TG35-8AA1 [2]	500 ... 690 V	575 A	1,42 ... 2,0	2,0
6SL3335-7TG41-3AA8	6SL3305-7TG41-3AA7	500 ... 690 V	1270 A	1,42 ... 2,0	2,0
6SL3335-7TG41-6AA8	6SL3305-7TG41-6AA7	500 ... 690 V	1560 A	1,42 ... 2,0	2,0

[1] Active Interface Module muss nach Netzanalyse gegebenenfalls angepasst werden.

[2] Für diese Bemessungsleistung ist nur ein luftgekühltes Active Interface Module verfügbar.

8.8.2.2 Deratingfaktoren

Beim Einsatz der wassergekühlten Active Line Modules muss eine Leistungsreduzierung in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur, der Umgebungstemperatur, der Aufstellhöhe und des cosφ beachtet werden.

Sehen Sie hierzu im Projektierungshandbuch Low Voltage nach: Projektierungshandbuch LV (https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/83180185)

Für die Bestimmung der verfügbaren Blindleistung steht hier eine Applikationsbeschreibung zur Verfügung: Applikationsbeschreibung Blindleistungskompensation (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/105643094)

8.8.3 Kühlmittel und Betauungsschutz

Beim Einsatz der wassergekühlten Active Line Modules muss die Kühlmitteldefinition und die Verhinderung von Betauung beachtet werden.

Sehen Sie hierzu im Projektierungshandbuch Low Voltage nach: Projektierungshandbuch LV (https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/83180185)

Funktionspläne

9

Im Folgenden ist eine Übersicht über die Funktionspläne zur Netzeinspeisung. Sie sind in der Darstellung nach den oben beschriebenen Funktionsmodulen geordnet.

Die Funktionspläne sind zu der entsprechenden Firmware-Version im "Listenhandbuch SINAMICS S120/S150" enthalten.

Tabelle 9- 1 Netztransformator

Funktionsplan-Nr.	Funktionsplan-Name
7987	Netztransformator - Gegensystemregler
7988	Netztransformator - Inselnetz Schwarzstart Ablaufsteuerung
7989	Netztransformator - Inselnetz Synchronisierung Ablaufsteuerung
7990	Netztransformator - Trafomodel (p5480 = 1)
7991	Netztransformator - Netzfilterüberwachung
7992	Netztransformator - PLL2 (Phase-Locked Loop 2)
7993	Netztransformator - Trafomagnetisierung Spannungsschwelle
7994	Netztransformator - Trafomagnetisierung Ablaufsteuerung
7995	Netztransformator - Inselnetz Synchronisierung Spannungsschwelle

Tabelle 9- 2 Netzstatikregelung

Funktionsplan-Nr.	Funktionsplan-Name
7982	Netzstatikregelung - Netzstatik, Spannungsnachregelung
7983	Netzstatikregelung - Gleichanteilsregelung, Oberschwingungsregelung
7984	Netzstatikregelung - Aussteuergradregelung
7986	Netzstatikregelung - Ablaufsteuerung Überstrom

Tabelle 9- 3 Dynamische Netzstützung

Funktionsplan-Nr.	Funktionsplan-Name
7996	Dynamische Netzstützung - Kennlinie
7997	Dynamische Netzstützung - Strombegrenzungen (p5501 = 1)
7998	Dynamische Netzstützung - Ablaufsteuerung
7999	Dynamische Netzstützung - Netzüberwachung Inselnetzerkennung

Tabelle 9- 4 Zusatzregelungen

Funktionsplan-Nr.	Funktionsplan-Name
8945	Grenzen für Blindstrom und Scheinstrom

Tabelle 9- 5 Cos phi-Anzeige

Funktionsplan-Nr.	Funktionsplan-Name
8951	Cos phi-Anzeige

Anhang

A

A.1 Glossar

Liste der im Dokument verwendeten Abkürzungen

AISL	Anti Islanding
FRT	Fault Ride Through
LSS	Leistungsschutzschalter
HFRT	High Frequency Ride Through
HVRT	High Voltage Ride Through
LFRT	Low Frequency Ride Through
LVRT	Low Voltage Ride Through

A.2 Kabelschuhe

Geräte Bauform Chassis

Die Kabelanschlüsse an den Geräten sind für Kabelschuhe nach DIN 46234 bzw. DIN 46235 ausgelegt.

Für den Anschluss alternativer Kabelschuhe sind in der nachfolgenden Tabelle die maximalen Abmessungen aufgelistet.
Diese Abmessungen dürfen von den eingesetzten Kabelschuhen nicht überschritten werden, ansonsten sind die mechanische Befestigung und die Einhaltung der Spannungsabstände nicht gewährleistet.



⚠WARNUNG

Elektrischer Schlag bei Unterschreitung der Spannungsabstände durch Einsatz ungeeigneter Kabelschuhe

Durch den Einsatz ungeeigneter Kabelschuhe können die Spannungsabstände unterschritten werden, was bei Berühren zu Tod oder schweren Verletzungen führen kann.

- Setzen Sie nur Kabelschuhe ein, die die maximalen Abmessungen der nachfolgenden Tabelle nicht überschreiten.

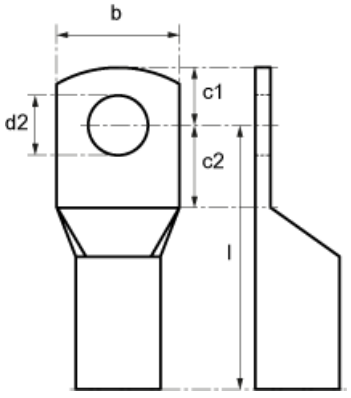


Bild A-1 Abmessungen der Kabelschuhe

Tabelle A- 1 Abmessungen der Kabelschuhe

Schraube / Bolzen	Anschlussquerschnitt [mm²]	d2 [mm]	b [mm]	l [mm]	c1 [mm]	c2 [mm]
M8	70	8,4	24	55	13	10
M10	185	10,5	37	82	15	12
M10	240	13	42	92	16	13
M12	95	13	28	65	16	13
M12	185	13	37	82	16	13
M12	240	13	42	92	16	13
M16	240	17	42	92	19	16

Geräte Bauform Booksize

Die Vorgaben zur Verwendung von Kabelschuhen finden Sie im Gerätehandbuch Leistungsteile Booksize (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109771800).

Index

A

Active Interface Modules
    Bauform Booksize, 149
    Flüssigkeitsgekühlt, 161
    Luftgekühlt, 149
    Wassergekühlt, 169
Active Line Modules
    Bauform Booksize, 74, 147
    Bauform Chassis, 73, 147
    Flüssigkeitsgekühlt, 162
    Hochsetzfaktor, 160, 168, 176
    Luftgekühlt, 151
    Wassergekühlt, 170
Anschlussbeispiel
    Active Line Modules, 154
Anwendungen der Netzeinspeisung, 32

C

cosφ-Anzeige, 47

D

Dynamische Netzstützung, 40

E

Elektromagnetische Felder, 13
Elektrostatisch gefährdete Bauelemente, 15
Energieerzeugung
    mit rotierenden Maschinen, 20
    ohne rotierende Maschinen, 20

F

Funktionsmodul Dynamische Netzstützung, 40
Funktionsmodul Netzstatikregelung, 35
Funktionsmodul Netztransformator, 34
Funktionsmodule für Inselnetz, 23
Funktionsmodule für Microgrid, 24
Funktionsmodule für Verbundnetz, 22
Funktionsmodule zur Netzeinspeisung, 29

G

Grundlegende Sicherheitshinweise, 11

H

Hochsetzfaktor, 160, 168, 176

I

Identifikation der Transformatordaten, 35
Inbetriebnahme Inselnetzerkennung, 128
Inselnetz, 23

K

Kabelschuhe, 180

L

Lizenzierungspflichtige Funktionsmodule, 32

M

Magnetisierung, 105
Microgrid, 24

N

Netzfilter- und Transformator-Überwachung, 35
Netzfreundliche Transformator-Magnetisierung, 34, 105
Netzregelung, 35
Netzüberwachung Inselnetzerkennung, 45

R

Restrisiken, 17

S

Sicherheitshinweise
    Allgemeine Sicherheitshinweise, 11

Elektromagnetische Felder, 13
Elektrostatisch gefährdete Bauelemente, 15

T

Technische Daten
Active Line Modules, 155, 165, 173
Transformator-Magnetisierung, 34

U

Überlastfähigkeit Active Line Modules, 159, 167, 175
Hohe Überlast, 159, 167, 175

V

Verbundnetz, 21
Verschiebungsfaktor, 47
VSM-Topologie, 105

Z

Zwischenkreis-Vorladung, 105

Weitere Informationen

Siemens:
www.siemens.com

Industry Online Support (Service und Support):
www.siemens.com/online-support

IndustryMall:
www.siemens.com/industrymall

Siemens AG
Digital Industries
Motion Control
Postfach 3180
91050 Erlangen
Deutschland

Scan the QR-Code for product information