SCHWARZMÜLLER INVERTER

Member of the Danfoss Group

PLUS+1™
MI-Inverter

Bedienungsanleitung

70200001

Versionsgeschichte

Übersicht der Versionen

Date	Page	Description	Version
15.10.2013	Alle	Erste Fassung in Deutsch, analog zur englischen Version 1.4	1.4
14.01.2103	Alle	Überarbeitung/Korrektur der deutschen Fassung, nach Überarbeitung der englischen Version v1.4	1.5

Schwarzmüller Inverter begrüßt alle Wünsche und Anregungen zur Verbesserung der Dokumentation. Wenn Sie Verbesserungsvorschläge haben, kontaktieren Sie bitte Schwarzmüller Inverter über info@schwarzmueller-inverter.com.

© 2014, Schwarzmüller Inverter

Schwarzmüller Inverter can accept no responsibility for possible errors in catalogs, brochures and other printed material. Schwarzmüller Inverter reserves the right to alter its products without prior notice. This also applies to products already ordered provides that such alterations can be made without affecting agreed specifications. All trademarks in this material are properties of the respective owners.

Inhalt

1. Einleitung– Über dieses Dokument 5
1.1. Technische Informationen zur PLUS+1 MI Inverter Baureihe 5
1.2. Welche Informationen beinhaltet diese Anleitung 5
1.3. Welche Informationen beinhaltet das Produktdatenblatt 5
1.4. Welche Informationen beinhaltet die Anleitung zur PLUS+1 GUIDE Software 5
1.5. Welche Informationen sind im API enthalten 6
1.6. PLUS+1 bibliothek 6
2. PLUS+1 MI Inverter Baureihe 7
2.1. PLUS+1 MI Inverter baureihe 7
2.2. Typische Applikationen für die Inverter 8
2.3. PLUS+1 Inverter passen zu anderen PLUS+1 Produkten 8
3. PLUS+1 Inverter Bezeichnungsschlüssel 9
3.1. PLUS+1 Inverter Bezeichnungsschlüssel 9
4. Verantwortung des Anwenders und Hinweise zur Sicherheit 10
4.1. OEM Verantwortung 10
5. PLUS+1 Inverter Leistungsteilspezifikation 11
5.1. Nennwerte 11
5.2. Leistungsdaten 11
6. Ein- u. Ausgänge, Typen und Spezifikationen 12
6.1. Übersicht ein- und ausgänge 12
6.2. Anschlussprinzip für die Ein- und Ausgänge 15
6.3. Versorgungsspannnung für die Ein- und Ausgänge 16
6.4. Eingänge 16
6.4.1. Digital-Eingänge (DIN) 16
6.4.2. Multifunktionseingang (DIN/DIN PU/Freq) 17
6.4.3. Analogeingang mit unipolarem Spannungsbereich (AIN Unipolar) 17
6.4.4. Analogeingänge mit bipolarem Spannungsbereich (AIN bipolar) 18
6.4.5. Rheo 18
6.4.6. Drehzahlsensor Kanal A, Kanal B 19
6.5. Ein- und Ausgänge 19
6.5.1. Universelle Ein- und Ausgänge (DOUT/PWMOUT/DIN) 19
6.5.2. Universeller Ein- und Ausgang (DOUT/PWMOUT/DIN/POUT) 21
6.5.3. Ausgang für den Hauptschütz (DOUT MC/PWMOUT MC) 22
6.5.4. Ausgang mit erhöhter Sicherheit (DOUT safety/PWMOUT safety/POUT safety) 24
7. Stromversorgung 26
7.1. Stromversorgung für den Steuerteil 26
7.2. Stromversorgung für Zusatzkomponenten 26
7.2.1. Versorgung für Sensoren 26
7.2.2. Versorgung des Drehzahlsensors 27
7.3. Stromversorgung für den Leistungsteil 27
7.3.1. Aufladen der Zwischenkreiskondensatoren 29
8. Schutz 30
8.1. Selbsttest beim Einschalten 30
8.1.1. EEPROM CRC Test 30
8.1.2. Test des Zwischenkreises 31
8.1.3. Hardware Watchdog 31
8.1.4. Test des Leistungsteils 32
8.2. schutzfunktionen zur laufzeit des applikationsprogramms 34
8.2.1. Schutz des Leistungsteils 34
8.2.2. Ungeschützter Modus 37
9. Leistungsteil 38
9.1. aktivieren / deaktivieren 38
9.2. PWM Schaltfrequenz 39
9.3. Diagnose 40

10. Servicefunktionen 41
10.1. Fehlerhistorie 41
10.2. Betriebsstundenzähler 43
10.3. Gerätedaten 43
10.4. NVRam benutzerdaten 43
11. Motorsteuerung 44
11.1. Struktur 44
11.1.1. Feldorientierte Regelung (Field Oriented Control) 44
11.1.2. Drehzahlregler 45
11.1.3. Drehzahlrückführung 45
11.1.4. Drehmomentvorsteuerung 45
11.1.5. Drehmomentbegrenzung 46
11.1.6. Strombegrenzung 46
11.1.7. Drehzahlregelung oder Drehmomentregelung 46
11.2. Definition des Motors 47
11.2.1. Electric Motor Compliance Blocks 47
11.2.2. Open Electric Motor Data Function Block 47
11.2.3. Electric Motor Data Download File 48
11.2.4. Re-Initialisierung der Motordaten 48
11.3. Temperaturkompensation 49
11.4. DiagnosE 49
11.4.1. Diagnose am Drehzahlsensor 49
11.4.2. Diagnose der Motordaten 49
11.4.3. Diagnose der Motorsteuerung 50
12. CAN (Controller Area Networks) Spezifikationen 51
12.1. CAN (Controller Area Networks) Ports 51
12.2. Abschlusswiderstand 52
12.3. Bus abzweigungen (verdrahtung vom Bus zum Inverter, auch Stichleitung genannt) 52
12.4. CAN verdrahtungshinweise 52
12.5. CAN Protokolle 52
13. Produkt Kennwerte 53
13.1. Produkt kennwerte 53
14. Installation und Inbetriebnahme 54
14.1. Passende Steckverbinder 54
14.2. PLUS+1 Inverter Installationsrichtlinien 55
14.2.1. Montage des Inverters 55
14.2.2. Anschluss des Leistungsteils 55
14.3. PLUS+1 Verkabelungshinweise 57
14.4. Schweißarbeiten an einer Maschine, die mit PLUS+1 Modulen ausgestattet ist 57
14.5. PLUS+1 USB/CAN Gateway 57
14.6. Installations- und Inbetriebnahmehinweise 59

1. Einleitung– Über dieses Dokument

1.1. TECHNISCHE INFORMATIONEN ZUR PLUS+1 MI INVERTER BAUREIHE

Diese Anleitung ist gedacht als umfassendes PLUS+1™ MI-Inverter- Baureihen Referenz-Dokument für das OEM Fahrzeugdesign, die technische Planung und für das Servicepersonal.
Sie ist eine von fünf wichtigen Dokumentationen über die PLUS+1 Inverter.
Die anderen vier Unterlagen sind:

- Individuelle PLUS+1 Inverter Produktdatenblätter
- Die PLUS+1 Graphical User Interface Development Environment (GUIDE) Software Anleitung
- Das „application interface" Dokument (API)
- Die PLUS+1 Bibliothek

1.2. WELCHE INFORMATIONEN BEINHALTET DIESE ANLEITUNG

Diese Anleitung beschreibt die technischen Details, die allen PLUS+1 Invertern gemein sind, der Inverter-Hardware, einschließlich allgemeiner Spezifikationen, dem grundlegenden Betriebssystem, Eingangs- und Ausgangsparametern, Umgebungsbedingungen und Installationshinweisen.

1.3. WELCHE INFORMATIONEN BEINHALTET DAS PRODUKTDATENBLATT

Parameter und technische Daten, die spezifisch für einzelne Inverter-Typen sind, sind im zugehörigen Inverter-Produktdatenblatt zusammengefasst.
Die Datenblätter beinhalten folgende Informationen:

- Anzahl und Typen der Ein- und Ausgänge
- Maximalströme und Spannungsbereiche der Inverter
- Stromaufnahme
- Inverter-Anschlussbilder
- Inverter-Gewichte
- Bestellhinweise zu den Invertern

1.4. WELCHE INFORMATIONEN BEINHALTET DIE ANLEITUNG ZUR PLUS+1 GUIDE SOFTWARE

Detaillierte Informationen bezüglich der PLUS+1 GUIDE Software Werkzeuge, die benötigt werden, um PLUS+1 Maschinensteuerungen zu realisieren, sind Bestandteil dieser Anleitung.
Diese technische Anleitung deckt folgende Themen ab:

- Wie benutzt man das grafische Entwicklungswerkzeug GUIDE um Maschinenapplikationen zu realisieren
- Wie konfiguriert man Ein- und Ausgangsparameter
- Wie lädt man eine Applikationssoftware in die PLUS+1 Zielhardware
- Wie geht der Upload und der Download von Parametern
- Wie nutzt man das Diagnose- und Service-Werkzeug

1.5. WELCHE INFORMATIONEN SIND IM API ENTHALTEN

Detaillierte Informationen über das Parameter-Interface zwischen dem internen Inverter-Betriebssystem und der PLUS+1 Applikationssoftware, die mit PLUS+1 GUIDE erstellt wird.
Das Application Layer Interface (API) Dokument beinhaltet folgende Informationen:

- Variablennamen und eine kurze Beschreibung
- Variablentyp
- Funktion und Skalierung der Variablen

1.6. PLUS+1 BIBLIOTHEK

Schwarzmüller und Danfoss Power Solutions bieten Bibliotheken definierter Softwarefunktionen und Applikationen, die in PLUS+ 1 Produkten genutzt werden können. Diese Bibliotheken beinhalten so genannte „Compliance-Blocks" (d.h. mit einheitlichen Schnittstellen die eine einfache Einbindung gewährleisten) für PLUS+1 Produkte sowie Funktionsblöcke für definierte Funktionen, die genutzt werden können um individuelle Applikationen im PLUS+1 GUIDE zu erstellen. Weiterhin ist komplett erprobte Software für Standardapplikationen verfügbar, die ständig erweitert wird.

Die PLUS+1 Bibliothek ist Teil des PLUS+1 GUIDE Software Tools und ist außerdem verfügbar auf der Website:
http://powersolutions.danfoss.com/Products/MobileElectronics/PLUS1Guide/PLUS1GuideDownloads/PLUS1FunctionBlockLibrary/index.htm

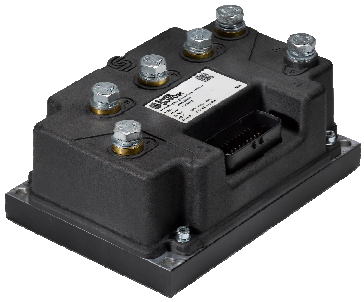
Darüber hinaus sind weiterführende Informationen wie „Technical Notes" und „Application Notes" auf der Website verfügbar.
PLUS+1 Inverter Produktliteratur ist verfügbar unter:
www.schwarzmueller-inverter.com

2.1. PLUS+1 MI INVERTER BAUREIHE

PLUS+1 Inverter MI01 & 2

PLUS+1 Inverter MI03

PLUS+1 Inverter MI04



PLUS+1 Inverter MI06

PLUS+1 Inverter MI08

PLUS+1 Inverter MI20

2.2. TYPISCHE APPLIKATIONEN FÜR DIE INVERTER

PLUS+1 Inverter sind eine einzigartige Baureihe von Umrichtern und Maschinensteuerungen in einem gemeinsamen Gehäuse. Sie wurden entwickelt, um Drehstrom-Asynchronmotoren in einem weiten Feld von batteriebetriebenen Anwendungen im Material Handling und sonstigen mobilen Betriebsausstattungen anzusteuern und dabei Antriebs- Lenk- und andere Arbeitsfunktionen zu bieten. Die speziellen Anforderungen batteriebetriebener Fahrzeugsteuerungstechnik machen es erforderlich, dass sich die Spezifikationen von Ein- und Ausgängen der PLUS+1 Inverter von den Spezifikationen anderer PLUS+1 Komponenten unterscheiden. Typische Applikationen von PLUS+1 Invertern sind folgende, darauf jedoch nicht begrenzt:

- Mitgeh- und Plattformstapler sowie verschiedene Arten von Lagerfahrzeugen
- Niederhubwagen und Kommissionierer
- Schubmast- und Vierwegestapler
- Kehr- und Reinigungsfahrzeuge inkl. Bürstenantriebe
- Seiten-Stapler/-Lader
- Gegengewichtsstapler
- Schlepper und Flughafenfahrzeuge
- Elektrische Nutzfahrzeuge
- Elektrische Fahrzeuge zur Personenbeförderung
- Golfwagen
- Maschinen und Ausrüstung zur Rasenpflege
- Hebebühnen (Teleskop- Schwenkarm- und Scherenhub)
- Antriebe zur Blattverstellung von Windkraftanlagen

2.3. PLUS+1 INVERTER PASSEN ZU ANDEREN PLUS+1 PRODUKTEN

Die PLUS+1 Inverter-Baureihe stellt eine wesentliche Erweiterung der Danfoss Power Solutions Maschinensteuerungslösungen dar. Zusätzlich zu der PLUS+1 Inverter Baureihe, die hier vorgestellt wird, umfasst die PLUS+1 Produktreihe von Danfoss Power Solutions auch Controller zur Fahrzeugsteuerung, grafische Displays und Bediengeräte wie Joysticks oder Kippschalter.

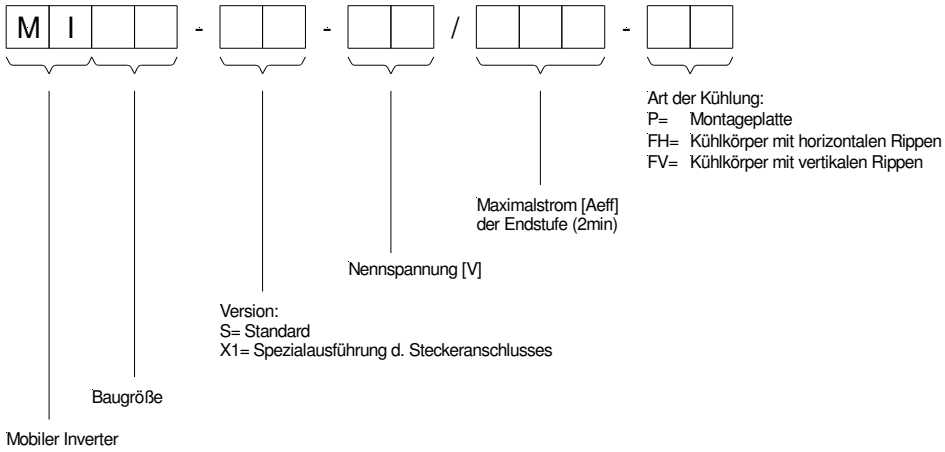
Die PLUS+1 Produkte bieten flexible, erweiterbare, leistungsfähige und kosteneffektive komplette Maschinensteuerungssysteme. Wer bereits PLUS+1 einsetzt, muss beachten, dass Ein- und –Ausgänge der PLUS+1 Inverter etwas anders spezifiziert sind als die der PLUS+1 Mikrokontroller.

Die Einheiten kommunizieren untereinander und mit anderen intelligenten Systemen über einen Controller Area Network (CAN) Bus.
PLUS+1 Hardwareprodukte können sowohl als gleichwertige Teilnehmer in einem verteilten CAN Bussystem mit Intelligenz in jedem Knoten arbeiten, oder als alleine arbeitende Rechner in einfacheren Maschinensystemen.
PLUS+1 Systeme sind Schritt für Schritt erweiterbar: Zusätzliche Knoten können leicht zum bestehenden Bus hinzugefügt werden um die Leistungsfähigkeit des Systems zu erweitern.

3.1. PLUS+1 INVERTER BEZEICHNUNGSSCHLÜSSEL

PLUS+1 Inverter Typenschlüssel

Beispiel: MI 06-S-48/400-P



4. Verantwortung des Anwenders und Hinweise zur Sicherheit

4.1. OEM VERANTWORTUNG

Der Hersteller der Maschine bzw. des Fahrzeuges (OEM), in der/dem PLUS+1 elektronische Komponenten installiert sind, hat die volle Verantwortung für alle Folgen die aufgrund unsachgemäßer Nutzung auftreten können. Schwarzmüller Inverter übernimmt keine Verantwortung, weder direkt noch indirekt, für Folgen, die aus Fehlern oder Fehlfunktionen hervorgehen.

- Schwarzmüller Inverter ist nicht verantwortlich für Unfälle, die durch fehlerhafte Montage oder Behandlung der Komponenten verursacht werden.

- Schwarzmüller Inverter übernimmt keine Verantwortung für PLUS+1 Produkte, die nicht bestimmungsgemäß verwendet oder in einer Weise programmiert wurden, die die Sicherheit gefährden.

- Alle sicherheitskritischen Systeme müssen einen Not-Aus-Schalter enthalten, der die Ausgangskreise der Steuergeräte stromlos schalten kann. Alle sicherheitskritischen Komponenten müssen so installiert sein, dass sie zu jeder Zeit abschaltbar sind.
  Es ist zu beachten, dass in den Zwischenkreiskondensatoren der Inverter Energien von mehr als 100Ws gespeichert sind und dass diese je nach Verschaltung angeschlossene Komponenten auch nach einer Notabschaltung für mehrere Sekunden speisen können.
  Der Not-Aus-Schalter muss gut sichtbar und für den Bediener gut erreichbar sein.

5. PLUS+1 Inverter Leistungsteilspezifikation

5.1. NENNWERTE

Die PLUS+1 Inverter-Baureihe ist vorgesehen für den Betrieb an den Nennspannungen 24V, 36V, 48V und 80V. Die Inverter sind komplett funktionsfähig, solange die Versorgungsspannung im angegebenen Bereich liegt.

5.2. LEISTUNGSDATEN

Typ: MIxx-		S-24 / 80-	S-24 / 160-	S-24 / 240-	S-24 / 300-	S-24 / 400-	S-24 / 550-
Größe		MI01	MI02	MI03	MI04	MI06	MI08
Nennspannung	[VDC]	24					
Eing. Spg. Bereich	[VDC]	16…36					
Dauerstrom	[3~ Aeff][1]	40	80	120	150	200	275
Nennstrom	[3~ Aeff][2]	80	160	240	300	400	550
Maximalstrom	[3~ Aeff][3]	90	180	260	330	420	600
Ausgangsspannung	[3~ Veff][4]	3 x 0…16					
Abmessungen	W [mm]	140	140	140	140	140	150
	H [mm]	165	165	200	200	200	225
	D [mm][5]	70	70	90/110	91/111	98/118	100/120
Gewicht	[kg] [5]	1,4	1,5	2,5/2,7	2,8/3,0	3,5/3,7	4,0/4,1
Leistungsanschlüsse		M6	M6	M6	M8	M10	M10

Typ: MIxx-		S-48 / 60-	S-48 / 120-	S-48 / 180-	S-48 / 300-	S-48 / 400-	S-48 / 550-
Größe		MI01	MI02	MI03	MI04	MI06	MI08
Nennspannung	[VDC]	36 – 48					
Eing. Spg. Bereich	[VDC]	18…62					
Dauerstrom	[3~ Aeff][1]	40	70	100	150	200	275
Nennstrom	[3~ Aeff][2]	60	120	180	300	400	550
Maximalstrom	[3~ Aeff][3]	65	130	200	330	420	600
Ausgangsspannung	[3~ Veff][4]	3 x 0…24 or 3 x 0…32					
Abmessungen	W [mm]	140	140	140	140	140	150
	H [mm]	165	165	200	200	200	225
	D [mm][5]	70	70	90/110	91/111	98/118	100/120
Gewicht	[kg] [5]	1,4	1,5	2,5/2,7	2,8/3,0	3,5/3,7	4,0/4,1
Leistungsanschlüsse		M6	M6	M6	M8	M10	M10

Typ: MIxx-		X1-80 / 80	S-80 / 300-	S-80 / 400-	S-80 / 650-
Größe		MI03	MI08	MI08	MI20
Nennspannung	[VDC]	80			
Eing. Spg. Bereich	[VDC]	40…105			
Dauerstrom	[3~ Aeff][1]	40	150	200	325
Nennstrom	[3~ Aeff][2]	80	300	400	650
Maximalstrom	[3~ Aeff][3]	90	330	440	715
Ausgangsspannung	[3~ Veff][4]	3 x 0…53			
Abmessungen	W [mm]	140	150		280
	H [mm]	200	225		280
	D [mm][5]	90/110	110/120		101/143
Gewicht	[kg]	2,4/2,5	4,0/4,1		9/10,5
Leistungsanschlüsse		M6	M10		

[1] @ 8kHz Schaltfrequenz
[2] S2-2min
[3] für 10 Sekunden
[4] @ Eingangsspannung = Nennspannung
[5] Plattenversion / Rippenkühlkörper

6.1. ÜBERSICHT EIN- UND AUSGÄNGE

PLUS+1 Inverter bieten zwei Funktionen:

- Motorsteuerung
- Kontrolle der Gesamtapplikation

Die einzelnen Hardwaresegmente haben jeweils eigene Pins für die Stromversorgungen, die unterschiedliche Spannungswerte haben können. Die Motorstromversorgung wird üblicherweise aus der Hauptstromversorgung des Fahrzeuges gespeist. Die Steuerung der restlichen Applikation ist davon unabhängig. Diese kann ebenfalls aus der Hauptstromversorgung des Fahrzeuges, wie aber auch aus einer anderen Versorgung (aus separatem DC-DC-Wandler) gespeist werden. Der angegebene Spannungsbereich ist zu beachten.

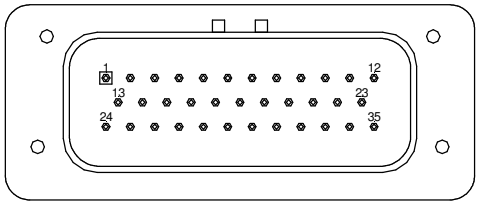
Die Ein- und Ausgänge, die zur Applikationskontrolle vom PLUS+1 Inverter genutzt werden, beinhalten Pins, die mehrere Funktionen bieten, wie auch Pins, die feste Funktionen haben. Pins die mehrere Ein- oder Ausgangsfunktionen bieten, sind mit Hilfe der PLUS+1 GUIDE Software durch den Anwender über die API-Variable konfigurierbar (.PinConfig). Siehe im jeweiligen Produktdatenblatt unter Beschreibung der Ein- und Ausgänge.

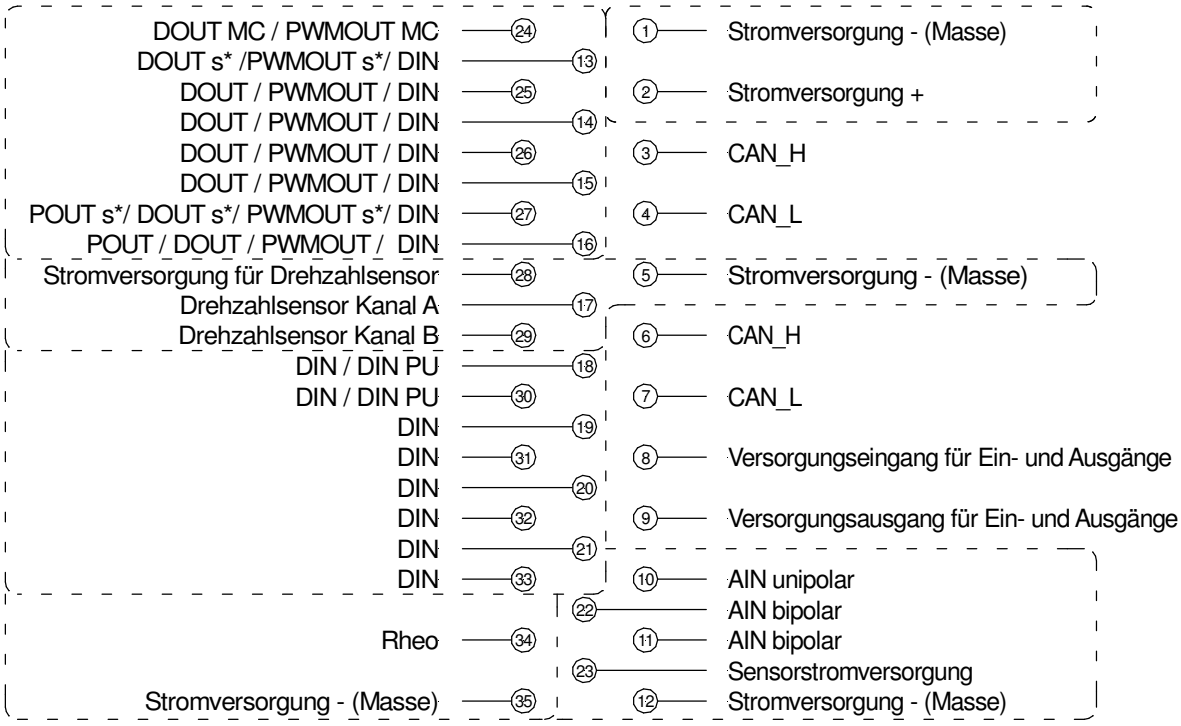
Dieser Teil der technischen Information enthält die Spezifikationen für die Ein- und Ausgänge der PLUS+1 Inverter.

AMPSEAL 35 Pin Steckverbinder

Alle Versionen MIxx-S-	Versionen MIxx-X1-	Pin
Stromversorgung –		C1p01
Stromversorgung +		C1p02
CAN High		C1p03
CAN Low		C1p04
Stromversorgung –		C1p05
CAN High		C1p06
CAN Low		C1p07
Eingang zur Stromversorgung der Ein- und Ausgänge		C1p08
Ausgang zur Stromversorgung der Ein- und Ausgänge		C1p09
AIN unipolar		C1p10
AIN bipolar		C1p11
Stromversorgung –		C1p12
DOUT mit erhöhter Sicherheit / PWMOUT mit erhöhter Sicherheit / DIN	nicht verfügbar	C1p13
DOUT / PWMOUT / DIN	nicht verfügbar	C1p14
DOUT / PWMOUT / DIN	nicht verfügbar	C1p15
POUT / DOUT / PWMOUT / DIN	nicht verfügbar	C1p16
Drehzahlsensor Kanal A		C1p17
DIN / DIN PU		C1p18
DIN		C1p19
DIN		C1p20
DIN		C1p21
AIN bipolar		C1p22
Stromversorgung für Sensoren (z.B. Potentiometer)		C1p23
DOUT MC / PWMOUT MC (MC=Hauptschütz)		C1p24
DOUT / PWMOUT / DIN		C1p25
DOUT / PWMOUT / DIN	nicht verfügbar	C1p26
POUT mit erhöhter Sicherheit / DOUT mit erhöhter Sicherheit / PWMOUT mit erhöhter Sicherheit / DIN		C1p27
Stromversorgung für Drehzahlsensor		C1p28
Drehzahlsensor Kanal B		C1p29
DIN / DIN PU		C1p30
DIN		C1p31
DIN		C1p32
DIN		C1p33
Rheo		C1p34
Stromversorgung –		C1p35

6.1. Übersicht der Ein- und Ausgänge (Fortsetzung)





s* = erhöhte Sicherheit

Warnung

Die Funktionalität und die Spezifikationen der PLUS+1 Inverter Ein- und Ausgänge unterscheiden sich von denen anderer PLUS+1 Steuergeräte und Erweiterungseinheiten.

6.1. Übersicht Ein- und Ausgänge (Fortsetzung)

Die folgende Tabelle zeigt die MIxx Ein- und Ausgangstypen und ihre typische Verwendung:

Funktion	Beschreibung	Typische Verwendung
DIN	Digitaleingang, high aktiv	Standard Digitaleingänge
DIN PU	Digitaleingang mit Pull-up-Widerstand, low aktiv	Einlesen externer Komponenten mit Open-Collector Ausgängen, wie z.B. Encoder (für Motordrehzahlsensoren sind eigene Eingänge vorhanden)
AIN unipolar	Analogeingang 0 bis 10V	Eingang für Sollwertpotentiometer, Pedale, Hebel,...
AIN bipolar	Analogeingang -10 bis +10V	Eingang für übergeordnete Steuerungen, die Drehzahlsollwert und Drehrichtung über einen analogen Sollwert vorgeben (-10V bis 0V: rückwärts 0V bis +10V: vorwärts)
Rheo	Rheostat-Eingang. Messung eines externen Widerstandes zwischen diesem Pin und dem Minuspol der Stromversorgung.	Motortemperatursensor
Drehzahlsensor Kanal A Kanal B	Gepaarte Eingänge, anzuschließen an einen Inkrementalgeber Sensoren mit Open-Collector oder Push-Pull Ausgängen sind nutzbar.	Muss als Sensor der Motordrehzahl benutzt werden.
DOUT	Digitalausgang, Low-Side-Schalter mit Freilaufdiode zum Ausgang der I/O Versorgung	Ausgang für externe Komponenten wie elektromagnetische Bremsen, Ein/Aus Ventile, Schütze...
PWMOUT	Digitalausgang mit denselben Eigenschaften wie DOUT, jedoch als PWM-Ausgang mit einer Frequenz von 100Hz betrieben. Puls- Pausenverhältnis programmierbar 0 bis 100% mit einer Auflösung von 10%.	Einfache PWM Speisung externer induktiver Lasten mit Ein/Aus Funktionalität. (Elektromagnetische Bremsen, Ein/Aus Ventile, Schütze) zur Reduzierung der Leistungsaufnahme und der Wärme-entwicklung
POUT	Stromgeregelter Ausgang, überlagert mit einem Dithersignal, Low-Side-Schalter mit Freilaufdiode	Ausgang für Proportionalventile
DOUT MC	Gleiche Eigenschaften wie DOUT, jedoch mit Freilaufdiode zum Eingang der Stromversorgung (C1-P2)	Ausgang für Hauptschütz. Dieser Ausgang bietet in Kombination mit dem Hauptschütz einen Verpolungsschutz für den Inverter (siehe weitere Beschreibung in 6.5.3).
PWMOUT MC	Gleiche Eigenschaften wie DOUT MC, jedoch im PWM Modus betrieben (ähnlich wie PWMOUT)	Ausgang für Hauptschütz, PWM Modus. Dieser Ausgang bietet in Kombination mit dem Hauptschütz einen Verpolungsschutz für den Inverter (siehe weitere Beschreibung in 6.5.3).
DOUT safety	Gleiche Eigenschaften wie DOUT, jedoch mit zusätzlichem Sicherheitsschalter	Ausgang für sicherheitskritische Ein/Aus Komponenten wie elektromagnetische Bremsen oder Senkventile
PWMOUT safety	Gleiche Eigenschaften wie PWMOUT, jedoch mit zusätzlichem Sicherheitsschalter	Ausgang für sicherheitskritische Ein/Aus Komponenten wie elektromagnetische Bremsen oder Senkventile, PWM Modus.
POUT safety	Gleiche Eigenschaften wie POUT, jedoch mit zusätzlichem Sicherheitsschalter	Ausgang für sicherheitskritische Proportionalventile.

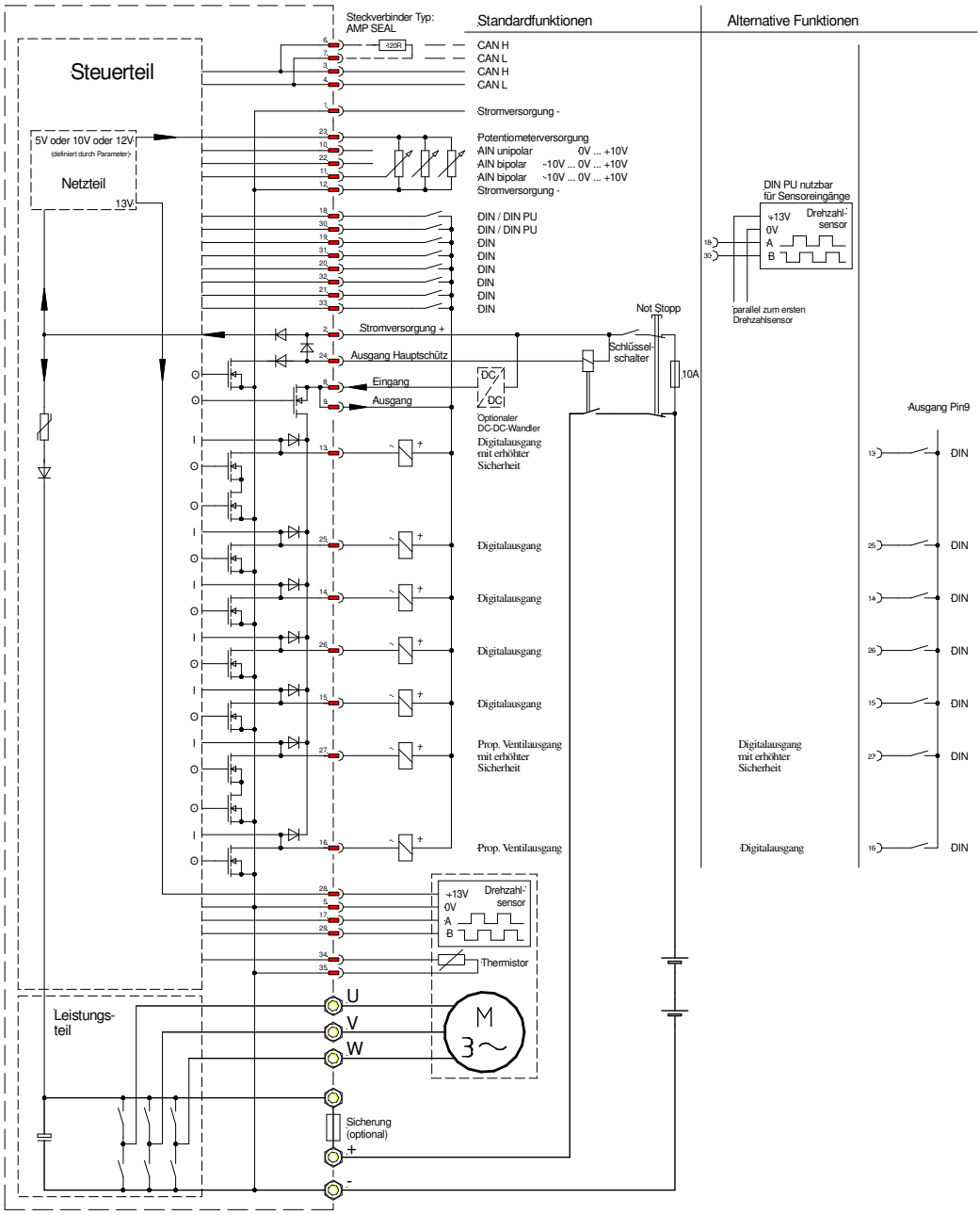
6.1. Typen von Ein- und Ausgängen (Fortsetzung)

Folgende Werte gelten für alle Ein- und Ausgänge:

Nennspannung [V]	24	36 - 48	72 - 80
Inverter Typ: MIxx-S-	24/xxx	48/xxx	80/xxx
Schutz			
Max. Eingangsspannung [V]	36	62	105
Max. Eingangsspannungs-Spitzen < 100ms [V]	36	72	120

6.2. ANSCHLUSSPRINZIP FÜR DIE EIN- UND AUSGÄNGE

Das folgende Schaltbild zeigt das Anschlussprinzip der Ein- und Ausgänge.



6.3. VERSORGUNGSSPANNNUNG FÜR DIE EIN- UND AUSGÄNGE

PLUS+1 Inverter haben je einen separaten Eingangs- und Ausgangspin für die Stromversorgung externer Komponenten (wie z.B. Relais, Ventile, Fahrzeugbremsen, Schütze...). Diese externe Stromversorgung ist unabhängig von der Hauptstromversorgung des Fahrzeuges. Sie kann damit verbunden sein, kann aber auch separat gespeist werden, z.B. aus einem DC-DC-Wandler. Die angegebenen Spannungsbereiche sind zu beachten.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
IO Versorgungseingang	Stromversorgungseingang für IOs		
Maximalstrom [ADC]	8.0		
Spannungsbereich			
Max. Eingangsspg. [VDC]	36	62	105
Min. Eingangsspg. [VDC]	12		
IO Versorgungsausgang	Stromversorgungsausgang für I/Os		
Maximalstrom [ADC]	8.0		
Ausgangsspannung	Identisch mit Eingangsspannung		

Warnungen

Alle Ausgangskanäle verfügen über Freilaufdioden, um die Verdrahtung so einfach wie möglich zu machen.
Deshalb

- ist es zwingend erforderlich, dass der Pluspol aller Lasten mit Pin 9 des Steckverbinders verbunden ist.
- ist zu beachten, dass jede Spannung, die höher als die Spannung an Pin 9 ist, die Freilaufdioden zerstören kann.
- ist Pin 8 mit der Spanungsquelle zu verbinden, die die Laststromkreise zu speisen hat.

6.4. EINGÄNGE

6.4.1. Digital-Eingänge (DIN)

Digitale Signale, die an Digitaleingänge von PLUS+1 Inverter angeschlossen sind, werden von der Systemsoftware entprellt mit einer vom Anwender konfigurierbaren Zeitkonstanten im Bereich 0 bis 100ms. Die Entprellung digitaler Eingänge bedeutet, dass ein Eingangszustand mindestens so für die Dauer der Entprellzeit im gleichen Zustand sein muss, bevor ein Flankenwechsel erfolgt. Die Abtastzeit für die Digitaleingänge ist 1ms.

Nennspannung [V]	**24**	**36 – 48**	**72 – 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
DIN	Digitaleingang mit Pull-Down-Widerstand		
Logik	High-aktiv		
Eingangswiderstand [Ω]	18 k	18 k	47 k
Low-Pegel max. [V]	3.75		
High-Pegel min. [V]	9.0		

6.4. Eingänge (Fortsetzung)

6.4.2. Multifunktionseingang (DIN/DIN PU/Freq)

Die Charakteristik der Pins der Multifunktionseingänge wird durch die GUIDE Software festgelegt.
Die Eingänge können high-aktiv mit Pull-Down-Widerständen (DIN), wie auch low-aktiv mit Pull-Up-Widerständen gegen +15V (DIN PU) sein. Die Eingänge können als Digitaleingänge, Einfachzähler oder gepaart als Quadraturzähler arbeiten. Werden die Eingänge als Zählereingänge betrieben, kann parallel dazu trotzdem der Status der Eingänge eingelesen werden.
Die Eingänge werden von der Systemsoftware entprellt mit einer vom Anwender konfigurierbaren Zeitkonstanten im Bereich 0 bis 100ms. Die Entprellung digitaler Eingänge bedeutet, dass ein Eingangszustand mindestens für die Dauer der Entprellzeit im gleichen Zustand sein muss, bevor ein Flankenwechsel erfolgt. Die Abtastzeit für die Digitaleingänge ist 1ms.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
DIN PU	Digitaleingang mit Pull-Up-Widerstand nach +15V		
Logik	Low-aktiv		
Widerstand gegen +15V [Ω]	1.1 k		
Low-Pegel max. [V]	3.75		
High-Pegel min. [V]	9.0		
Maximalfrequenz im Zählermodus [Hz]	100		
Quadraturzähler-Modus	Zählt 4 Impulse pro Sensorimpuls		

6.4.3. Analogeingang mit unipolarem Spannungsbereich (AIN Unipolar)

Die Abtastzeit für Analogeingänge ist 1ms. Für jeden Analogeingang ist in der Systemsoftware ein Filter erster Ordnung mit einer einstellbaren Zeitkonstante im Bereich 10ms bis 200ms verfügbar.
Das Filter kann umgangen werden, indem die Zeitkonstante auf null gesetzt wird.
Dieser Analogeingang bietet zusätzliche Sicherheitsfunktionen. Die Eingangsspannungen im Bereich 0 bis 10V werden intern in einen Bereich 10% bis 90% des DSP Eingangswertebereiches umgewandelt und außerdem dem DSP an zwei verschiedenen Eingängen mit zueinander inverser Wirkungsrichtung zugeführt. Dies ermöglicht das Erkennen jeglichen Hardwarefehlers in den Eingangsschaltkreisen sowie das Erkennen, ob das Eingangssignal innerhalb oder außerhalb des zulässigen Bereiches liegt. Ein unzulässiger Bereich („out of range") oder Hardware-Fehler („HW-Error") wird an der zugehörigen API Variablen „.PinStatus" angezeigt.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
AIN unipolar	Analogeingang unipolar		
Auflösung	12 bit		
Eingangswiderstand [Ω]	120 k		
Spannungsbereich [V]	0...10		
Empfohlener Widerstand für externe Potentiometer [Ω]	1k ...10 k		

6.4. Eingänge (Fortsetzung)

6.4.4. Analogeingänge mit bipolarem Spannungsbereich (AIN bipolar)

Die Abtastzeit für Analogeingänge ist 1ms. Für jeden Analogeingang ist in der Systemsoftware ein Filter erster Ordnung mit einer einstellbaren Zeitkonstante im Bereich 10ms bis 200ms verfügbar.
Das Filter kann umgangen werden, indem die Zeitkonstante auf 0 gesetzt wird.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
AIN bipolar	Analogeingang bipolar		
Auflösung	12 bit		
Eingangswiderstand [Ω]	120 k		
Spannungsbereich [V]	-10…10		
Empfohlener Widerstand für externe Potentiometer [Ω]	1k ….10 k		

6.4.5. Rheo

Dieser Eingang hat einen Pull-Up-Widerstand von 10kΩ nach +5V. Die Systemsoftware berechnet den Widerstand des extern angeschlossenen Sensors im Bereich von 0 bis 12kΩ. Ist der Sensorwiderstand größer als 12kΩ, wird der Wert als 12kΩ ermittelt und die Statusmeldung „Eingangsgröße im unzulässigen Bereich (Input out of range)" an der API Variablen .PinStatus gemeldet.

Ein Filter erster Ordnung mit einer einstellbaren Zeitkonstante im Bereich 10ms bis 200ms ist verfügbar.
Das Filter kann umgangen werden, indem die Zeitkonstante auf 0 gesetzt wird.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
Rheo	Messung eines externen Widerstandes zwischen diesem Pin und dem Minuspol der Stromversorgung. (z.B. Motortemperaturfühler)		
Widerstandsbereich [Ω]	0…12 k		

6.4. Eingänge (Fortsetzung)

6.4.6. Drehzahlsensor Kanal A, Kanal B

Gepaarte Eingänge, gespeist aus einem Inkrementalgeber. Die Eingänge haben Pull-Up-Widerstände von 1.1kΩ zur Sensorstromversorgung. Es sind Geber einsetzbar mit Open-Collector oder Push-Pull-Ausgängen und 32 bis 1024 Impulsen pro Umdrehung.

Warnung

Die feldorientierte Regelung erfordert ein Drehzahlistwertsignal, das von einem Inkrementalgeber erzeugt wird.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
Drehzahlsensor Kanal A / Drehzahlsensor Kanal B	Rechtecksignal vom Drehzahlsensor mit 90° Phasenversatz zwischen Kanal A und Kanal B		
Interne Struktur	Interner Pull-Up-Widerstand zur Versorgungsspannung des Sensors		
Pull-Up-Widerstand [Ω]	1.1 k		
Maximalfrequenz [kHz] (Open Collector)	10		
Maximalfrequenz [kHz] (Push-Pull)	50		
Low-Pegel (max.) [V]	1.77		
High-Pegel (min.) [V]	7.1		

6.5. EIN- UND AUSGÄNGE

Warnung

Einzelne Ausgänge können bis zu 3 A nach Minus schalten. Trotzdem darf der Gesamtstrom aller Digitalausgänge 8A nicht überschreiten.

6.5.1. Universelle Ein- und Ausgänge (DOUT/PWMOUT/DIN)

Die Charakteristik der universellen Ein- und Ausgangspins wird durch die GUIDE Software festgelegt. Ein universeller Ein- und Ausgangspin kann betrieben werden als Digitalausgang im Binärmodus (DOUT), als PWM Ausgang (PWMOUT) oder als Digitaleingang (DIN).

Die Struktur des Ausgangs ist ein Open-Collector Low-Side-Schalter mit Überlast- und Unterbrechungserkennung.

Wenn ein universeller Ein- und Ausgangspin als "PWM Ausgang" programmiert wird, ist das Ausgangssignal pulsweitenmoduliert mit fester Frequenz von 100Hz und variablem Puls-Pausenverhältnis. Das Puls-Pausenverhältnis hat eine Auflösung von 10% und ist durch die Software definiert.

Der Verwendungszweck des PWMOUT Modus ist eine einfache Spannungsverstellung. Für stromgeregelten Betrieb ist der POUT Modus der betreffenden Pins zu verwenden.

6.5. Ein- und Ausgänge (Fortsetzung)

6.5.1. Universelle Ein- und Ausgänge (DOUT/PWMOUT/DIN) (Fortsetzung)

Wenn ein universeller Ein- und Ausgangspin als Digitaleingang verwendet wird, ist er durch die Systemsoftware entprellt mit einer vom Anwender konfigurierbaren Zeitkonstanten im Bereich 0 bis 100ms. Die Entprellung digitaler Eingänge bedeutet, dass ein Eingangszustand mindestens für die Dauer der Entprellzeit ist im gleichen Zustand sein muss, bevor ein Flankenwechsel erfolgt. Die Abtastzeit für die Digitaleingänge ist 1ms.

Der Status des Pins kann in allen Konfigurationen mit der GUIDE Software anhand der API Variablen ".DigIn" gelesen werden. Die Entprellung ist nur im DIN Modus aktiv.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
DOUT/PWMOUT	Digitalausgang		
Interne Struktur	Low-Side-Schalter mit Freilaufdiode		
Kathode der Freilaufdiode verbunden mit	Ausgang der I/O Versorgung		
Eigenschaften des Signals **(DOUT)**	Reaktionszeit minimal 1ms, abhängig von der Durchlaufzeit (loop time) der Applikationssoftware.		
Eigenschaften des Signals **(PWMOUT)**	Programmierbares PWM Signal von 0% bis 100% mit 10% Stufen. PWM Frequenz = 100Hz.		
Nennstrom [A]	2.0		
Maximalstrom [A] (für min. 1 Sekunde bevor der Überlastschutz anspricht)	3.0		
Überlastschutz	Keine Beschädigung der Hardware, Begrenzung von Strom und Temperatur, Überwachung des Schaltzustandes im Ein-Zustand, automatisches Abschalten bei Überlast.		
Widerstand zum Minuspol im Aus-Zustand [Ω]	136 k		
Max. Lastwiderstand [Ω] @ 12V I/O-Versorgung (Funktion auch bei höheren Werten gegeben, dann aber Fehlermeldung "Ausgang unterbrochen (output disconnected)")	45 k	266 k	468 k
Unterbrechungserkennung	Das System bietet diese Überwachung an. Wenn die Spannung an einem Ausgangspin im Aus-Zustand unterhalb 9V liegt, wird der Pin-status "Ausgang unterbrochen (Output disconnected)" gemeldet. Unter Beachtung des internen Ableitwiderstandes gegen Minus von 136kOhm sollte der Lastwiderstand bei 12V I/O Versorgung höchstens 45kOhm betragen. Bei höheren I/O-Spannungen kann der Maximalwiderstand nach folgender Formel berechnet werden: $R_{max} = (\frac{Vio}{9V} - 1) * 136k\Omega$ Wobei Vio= I/O-Versorgungsspannung		
Max. Innenwiderstand im Ein-Zustand R_{DSon} @25°C [Ω]	0.2	0.2	0.25

6.5. Ein und Ausgänge (Fortsetzung)

6.5.2. Universeller Ein- und Ausgang (DOUT/PWMOUT/DIN/POUT)

Die Charakteristik der Pins der Multifunktions-Proportional-Aus- und Eingänge wird durch die GUIDE Software festgelegt.
Ein solcher Pin kann betrieben werden als Digitalausgang im Binärmodus (DOUT), als PWM Ausgang (PWMOUT), als stromgeregelter Ausgang (POUT) oder als Digitaleingang (DIN).
Bezüglich der Spezifikationen im DOUT, PWMOUT und DIN Modus siehe Beschreibung der universellen Ein- und Ausgangspins (Abschnitt: 6.5.1)

Im POUT Modus ist der Ausgang mittels eines Zweipunktreglers hardwareseitig stromgeregelt. Die Frequenz des Ausgangssignals variiert im Bereich 500Hz bis 2kHz. Der Stromsollwert wird durch die Software definiert. Ein Sollwert von 0 schaltet den Ausgang komplett ab. Ein Dithersignal mit einer festen Frequenz von 62.5Hz und einer softwaredefinierten Amplitude bis zu 250mA kann überlagert werden.
Die Ditheramplitude wird dynamisch auf den aktuellen Stromsollwert begrenzt.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
POUT	Stromgeregelter Ausgang– überlagert mit Dithersignal		
Interne Struktur	Low-Side-Schalter mit Freilaufdiode		
Kathode der Freilaufdiode verbunden mit	Ausgang der I/O Versorgung		
Strombereich [A]	0,04...2,0		
Dithersignal Frequenz / Amplitude	62,5 Hz / 0... 0,25 A		
Wiederholgenauigkeit von Gerät zu Gerät	< ± 10mA (für Sollwerte 0 bis 330mA) < ± 3% (für Sollwerte 330mA bis 2A)		
Schaltfrequenz [Hz]	500... 2000		
Überlastschutz	Keine Beschädigung der Hardware, Begrenzung von Strom und Temperatur, automatisches Abschalten bei Überlast		
Widerstand zum Minuspol im Aus-Zustand [Ω]	136 k		
Max. Lastwiderstand [Ω] @ 12V I/O-Versorgung (Funktion auch bei höheren Werten gegeben, dann aber Fehlermeldung "Ausgang unterbrochen / output disconnected")	45 k	266 k	468 k
Unterbrechungserkennung	Das System bietet diese Überwachung an. Wenn die Spannung an einem Ausgangspin im Aus-Zustand unterhalb 9V liegt, wird der Pin-status "Ausgang unterbrochen (Output disconnected)" gemeldet. Unter Beachtung des internen Ableitwiderstandes gegen Minus von 136kOhm sollte der Lastwiderstand bei 12V I/O Versorgung höchstens 45kOhm betragen. Bei höheren I/O-Spannungen kann der Maximalwiderstand nach folgender Formel berechnet werden: $R_{max} = (\frac{Vio}{9V} - 1) * 136k\Omega$ Wobei Vio= I/O-Versorgungsspannung		
Max. Innenwiderstand im Ein-Zustand R_{DSon} @25°C [Ω]	0.2	0.2	0.25

6.5. Ein- und Ausgänge (Fortsetzung)

6.5.3. Ausgang für den Hauptschütz (DOUT MC/PWMOUT MC)

Der Hauptschützausgang ist ein spezieller Ausgangspin zum Zweck, den Hauptschütz des Fahrzeuges zu schalten. Im Gegensatz zu den Standardausgängen ist die Freilaufdiode zum Stromversorgungseingang "Power supply +" geführt anstatt zu "I/O supply output". Der Hauptschütz wird meist parallel zur Stromversorgung des Inverters über den Schlüsselschalter mit der Fahrzeugbatterie verbunden. Eine extra Diode schützt den Ausgang gegen Verpolung. Zusammen mit dem Hauptschütz bietet diese Schaltung einen Verpolschutz für den gesamten Inverter, da der Hauptschütz nur dann die Batteriespannung zur Leistungsendstufe schalten kann, wenn die Polarität richtig ist.
Der Hauptschützausgang kann als Digitalausgang im Binärmodus (DOUT MC) oder als PWM Ausgang (PWMOUT MC) betrieben werden.
Die Struktur des Ausgangs ist ein Open-Collector Low-Side-Schalter mit Überlast- und Unterbrechungserkennung. Wenn der Ausgang als "PWM output" programmiert wird, ist das Ausgangssignal pulsweitenmoduliert mit fester Frequenz von 100Hz und variablem Puls-Pausenverhältnis. Das Puls-Pausenverhältnis hat eine Auflösung von 10% und ist durch die Software definiert.

Der PWMOUT Modus ist nur zur einfachen Spannungsverstellung gedacht.
Der Hauptschützausgang kann blockiert sein (*C1p24.locked*=1), wenn beim DC-Link- Test während des Einschaltvorgangs ein Fehler entdeckt wurde.

Wird der Hauptschützausgang zu anderen Zwecken genutzt, muss die Last parallel zu "Power supply +" angeschlossen sein.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
DOUT MC / PWMOUT MC	Digitalausgang für Hauptschütz		
Interne Struktur	Low-Side-Schalter mit Freilaufdiode		
Kathode der Freilaufdiode verbunden mit	Stromversorgung +		
Eigenschaften des Signals **(DOUT MC)**	Reaktionszeit minimum 1ms, abhängig von der Durchlaufzeit (loop time) der Applikationssoftware.		
Eigenschaften des Signals **(PWMOUT MC)**	Programmierbares PWM Signal von 0% bis 100% mit 10% Stufen. PWM Frequenz = 100Hz.		
Nennstrom [A]	2.0		
Maximalstrom [A] 6)	3.0		
Überlastschutz	Keine Beschädigung der Hardware, Begrenzung von Strom und Temperatur, Überwachung des Schaltzustandes im Ein-Zustand, automatisches Abschalten bei Überlast.		
Widerstand zum Minuspol im Aus-Zustand [Ω]	136 k		
Max. Lastwiderstand [Ω] @ 12V I/O-Versorgung (Funktion auch bei höheren Werten gegeben, dann aber Fehlermeldung "Ausgang unterbrochen / output disc.")	45 k	266 k	468 k
Unterbrechungserkennung	Das System bietet diese Überwachung an. Wenn die Spannung an einem Ausgangspin im Aus-Zustand unterhalb 9V liegt, wird der Pin-status "Ausgang unterbrochen (Output disconnected)" gemeldet. Unter Beachtung des internen Ableitwiderstandes gegen Minus von 136kOhm sollte der Lastwiderstand bei 12V I/O Versorgung höchstens 45kOhm betragen. Bei höheren I/O-Spannungen kann der Maximalwiderstand nach folgender Formel berechnet werden: $R_{max} = (\frac{Vio}{9V} - 1) * 136k\Omega$ Wobei Vio= I/O-Versorgungsspannung		
Max. Innenwiderstand im Ein-Zustand R_{DSon} @25°C [Ω]	0.2	0.2	0.25

Es ist zu beachten, dass der I/O-Teil des Inverters nicht absolut zerstörungssicher ist. Falls Spannung am Hauptschützausgang eingespeist wird, fließt Strom über die interne Freilaufdiode zum internen Netzteil, was den Inverter starten kann. Fließt auf diesem Weg zu viel Strom, kann die Einheit beschädigt werden.

6.5. Ein- und Ausgänge (Fortsetzung)

6.5.4. Ausgang mit erhöhter Sicherheit (DOUT safety/PWMOUT safety/POUT safety)

Ausgangspins, die mit dem Zusatz „erhöhte Sicherheit" versehen sind, beinhalten in Reihe zum eigentlichen Schalttransistor einen zweiten Transistor. Ist der eigentliche Schalttransistor aus irgendeinem Grund durchlegiert, wird trotzdem nicht der Ausgangspin geschaltet, weil der zweite Transistor den Stromkreis unterbricht. Bei jedem Schaltzyklus überprüft die Systemsoftware die ordnungsgemäße Funktion beider Transistoren. Wird ein Transistor als durchlegiert erkannt, ist über den zweiten trotzdem die volle Funktion des Ausgangs gegeben und die API Variable .SafetyStatus zeigt den Fehler "Sicherheitsrelevanter Fehler (Safety Error)". Anschließend arbeitet der Ausgang weiter wie ein normaler Digitalausgang.

Diese Eigenschaft verleiht den beiden so ausgestatteten Ausgängen ein sehr hohes Maß an Sicherheit. Diese Ausgänge sollten daher für die sicherheitskritischen Funktionen einer Applikation reserviert werden, wie z.B. Feststellbremsen oder Senkventile.

Die technische Spezifikation ist identisch mit der der Standardausgänge der Typen DOUT, PWMOUT und POUT.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
DOUT safety / PWMOUT safety	Digitalausgang für sicherheitskritische Komponenten z.B. elektromagnetische Bremsen.		
Interne Struktur	Low-Side-Schalter mit zweitem Sicherheitsschalter in Reihe und Freilaufdiode		
Kathode der Freilaufdiode verbunden mit	Ausgang der I/O Versorgung		
Eigenschaften des Signals **(DOUT safety)**	Reaktionszeit minimum 1ms, abhängig von der Durchlaufzeit (loop time) der Applikationssoftware.		
Eigenschaften des Signals **(PWMOUT safety)**	Programmierbares PWM Signal von 0% bis 100% mit 10% Stufen. PWM Frequenz = 100Hz.		
Nennstrom [A]	2.0		
Maximalstrom [A] (für min. 1 Sekunde bevor der Überlastschutz anspricht)	3.0		
Widerstand zum Minuspol im Aus-Zustand [Ω]	136 k		
Max. Lastwiderstand [Ω] @ 12V I/O-Versorgung (Funktion auch bei höheren Werten gegeben, dann aber Fehlermeldung "Ausgang unterbrochen / output disconnected")	45 k	266 k	468 k

6.5. Ein- und Ausgänge (Fortsetzung)

6.5.4. Ausgang mit erhöhter Sicherheit (DOUT safety/PWMOUT safety/POUT safety) (Fortsetzung)

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
POUT safety	Stromgeregelter Ausgang für sicherheitskritische Komponenten wie z.B. Senkventil– überlagert mit Dithersignal		
Interne Struktur	Low-Side-Schalter mit zweitem Sicherheitsschalter in Reihe und Freilaufdiode		
Kathode der Freilaufdiode verbunden mit	Ausgang der I/O Versorgung		
Strombereich [A]	0...2.0		
Dithersignal Frequenz / Amplitude	62,5Hz / 0...0,25 A		
Wiederholgenauigkeit von Gerät zu Gerät	< ± 10mA (für Sollwerte 0 bis 330mA) < ± 3% (für Sollwerte 330mA bis 2A)		
Schaltfrequenz [Hz]	500...2000		
Widerstand zum Minuspol im Aus-Zustand [Ω]	136 k		
Max. Lastwiderstand [Ω] @ 12V I/O-Versorgung (Funktion auch bei höheren Werten gegeben, dann aber Fehlermeldung ""Ausgang unterbrochen / output disconnected")	45 k	266 k	468 k

7. Stromversorgung

7.1. STROMVERSORGUNG FÜR DEN STEUERTEIL

Die Stromversorgung für den Steuerteil des Inverter muss an Pin C1p02 (power supply +) und C1p01 (power supply -) eingespeist werden. Die Aufladung der Zwischenkreiskondensatoren erfolgt über interne Ladewiderstände ebenfalls über diesen Pin. Aus diesem Grund ist die Stromaufnahme im ersten Moment deutlich höher als die Stromaufnahme im Betrieb.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 – 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
Stromversorgung +	Eingang zur Stromversorgung der internen Netzteile und Schaltungsteile		
Eingangsspannungsbereich [VDC]	16 – 36	18 – 62	40 – 105
Stromaufnahme (typ.) @ Nennspannung [A]	0.24	0.13	0.1
Ladestromstoß (<100ms) [A]	24	10	12
Stromversorgung – (Masse)	Masseanschluss der Stromversorgung sowie Signalmasse		
Interne Struktur	Verbunden mit Minuspol des Leistungsteils		

7.2. STROMVERSORGUNG FÜR ZUSATZKOMPONENTEN

7.2.1. Versorgung für Sensoren

PLUS+1 Inverter bieten einen Stromversorgungspin für angeschlossene Sensoren, wobei die Ausgangsspannung programmierbar ist als 5V, 10V oder 12V (X1 Version: 10V fest). Typischerweise wird diese Versorgung benutzt für Pedale, Joysticks und Potentiometer. Der Messwert *C1p23.Volt* liefert den genauen Wert der aktuell ausgegebenen Spannung und kann in die Kalkulation des Sollwertes mit einbezogen werden.
Jede Spannung oberhalb 15V (durch Einspeisung von außen) wird als 15V (*C1p23.Volt*=15000) angezeigt und der Status "Kontrollwert außerhalb des zulässigen Bereiches (feedback value out of range)" wird gemeldet (*C1p23.PinStatus*=1)

Hängt der Ausgangswert eines Sensors proportional von seiner Speisespannung ab (Potentiometer), wird dringend empfohlen, den Messwert *C1p23.*Volt in der Sollwertberechnung zu verarbeiten. Somit kann die Applikationssoftware auch bei einem Einbruch dieser Versorgungsspannung richtig reagieren.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 – 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
Sensor Stromversorgung	Stromversorgung für externe Sensoren		
Ausgangsspannung [VDC]	S-Versionen: 5 / 10 / 12 programmierbar X1 Version: 10		
Toleranz [%]	5		
Max. Ausgangsstrom [A]	0.1		
Überlast, Kurzschluss	Strombegrenzung bei 0,1A		

7.2. Stromversorgung für Zusatzkomponenten (Fortsetzung)

7.2.2. Versorgung des Drehzahlsensors

PLUS+1 Inverter bieten eine weitere Stromversorgung mit einer festen Ausgangsspannung und einem Strommesswert (*C1p28.FeedbackValue*), die typischerweise zur Versorgung eines Drehzahlsensors genutzt wird.
Eine Stromaufnahme oberhalb 100mA wird als 100mA (*C1p28.FeedbackValue*=1000) angezeigt und der Status " Kontrollwert außerhalb des zulässigen Bereiches (value out of range)" wird gemeldet (*C1p28.PinStatus=1*).

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
Drehzahlsensorversorgung	Stromversorgung für Drehzahlsensor (z.B. Sensorlager)		
Versorgungsspannung [VDC]	13V ± 10%, Ri = 30 Ω		
Überlast, Kurzschluss	Strombegrenzung bei 0,1A		

7.3. STROMVERSORGUNG FÜR DEN LEISTUNGSTEIL

Der Leistungsteil wird versorgt über die Schraubanschlüsse, die mit "+" und "-" gekennzeichnet sind. Für jeden Inverter muss eine Sicherung installiert werden, möglichst nahe an der Energiequelle (Batterie). Ein zusätzlicher Schraubbolzen bietet die Möglichkeit eine Sicherung auch auf dem Invertergehäuse zu montieren.

Der Inverter verfügt über Stahlschrauben, -scheiben und –federringe. Verwenden Sie keine weiteren Unterlagscheiben. Stellen Sie sicher, dass die Kabelschuhe direkt auf den Messinghülsen des Inverters aufliegen.

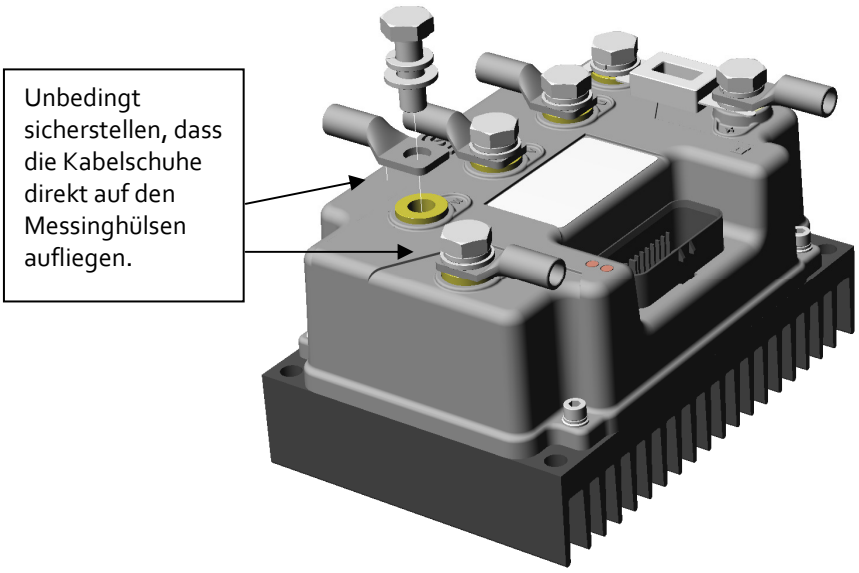
Details über den Anschluss des Leistungsteils siehe: 14.2.2.

Warnung

Da die Ströme im Bereich einiger hundert Ampere liegen, ist ein zuverlässiger elektrischer Kontakt zwischen den Kabelschuhen und den Messinghülsen von elementarer Wichtigkeit, um Wärmeentwicklung zu vermeiden.

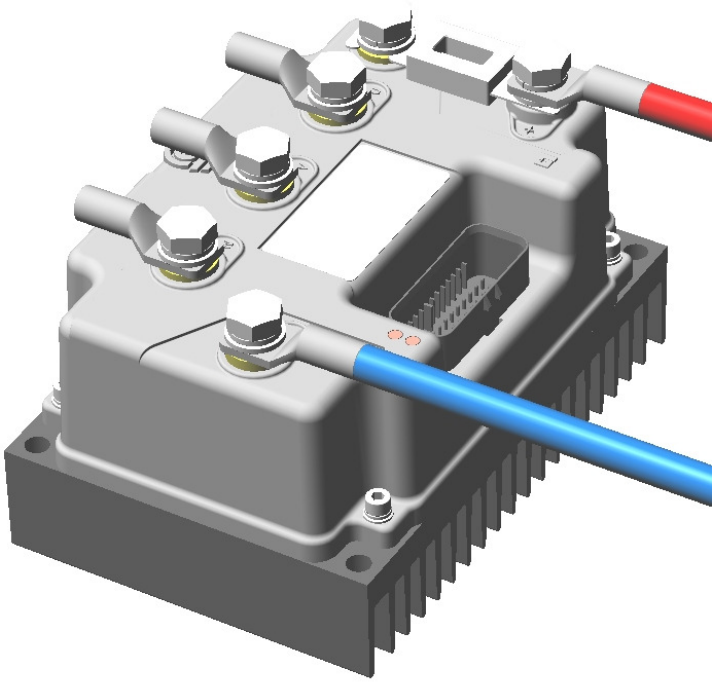
Hinweis

Die folgenden Bilder zeigen nur allgemeine Beispiele, wie Kabel und Sicherungen zuverlässig montiert werden können. Die Positionen der Leistungsanschlüsse und der Sicherungen können von Inverter zu Inverter unterschiedlich sein!
Bitte das jeweilige Datenblatt des Inverters beachten.

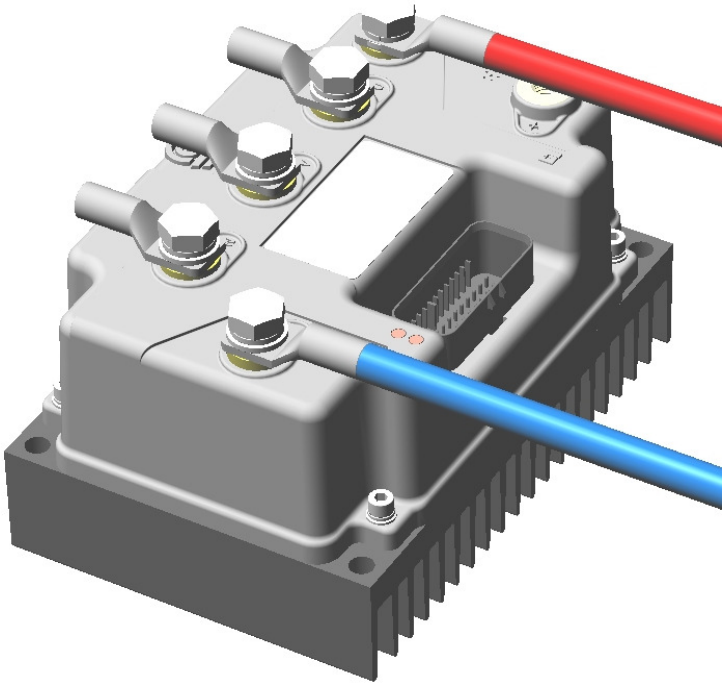


7.3. Stromversorgung für den Leistungsteil (Fortsetzung)

Anschluss mit Sicherung



Anschluss ohne Sicherung

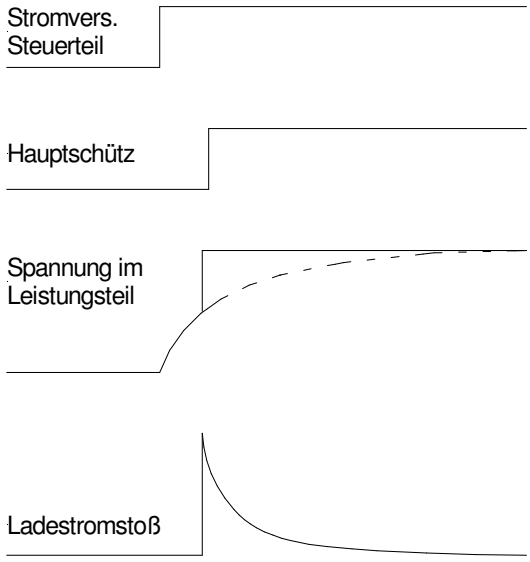


7.3. Stromversorgung für den Leistungsteil (Fortsetzung)

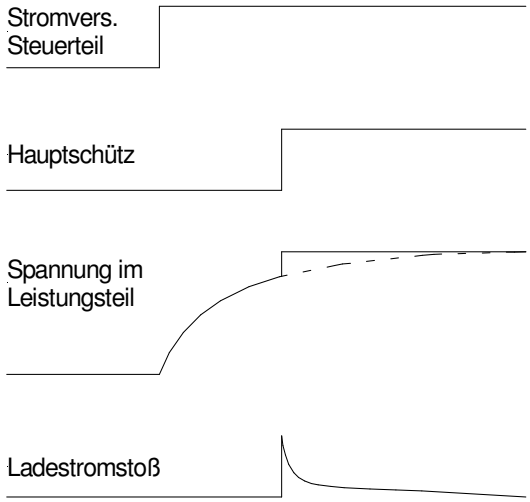
7.3.1. Aufladen der Zwischenkreiskondensatoren

Die Kondensatoren des Leistungsteils werden über den Stromversorgungseingang des Steuerteils und einen PTC-Widerstand vorgeladen (C1p02). Der verbleibende Ladestromstoß beim Zuschalten des Hauptschützes hängt davon ab, wie weit die Kondensatoren zu diesem Zeitpunkt bereits geladen sind. Die Zeitdauer zwischen dem Einschalten des Steuerteils und dem Aktivieren des Hauptschützes bestimmt also den Spitzenwert des Stromstoßes. In der Praxis muss daher ein Kompromiss gefunden werden zwischen der Zeit bis zur Betriebsbereitschaft und dem Ladestromstoß.
Am Einfachsten ist es, den Hauptschütz gleich mit Start der Applikationssoftware einschalten zu lassen. Die PLUS+1 Inverter Funktionsblöcke-Bibliothek verfügt über einen Funktionsblock "Hauptschütz (main contactor)" der das kontrollierte Einschalten abhängig von einer definierten Zwischenkreisspannung durchführt.

Kurze Einschaltverzögerung des Hauptschützes:



Längere Einschaltverzögerung des Hauptschützes:



8.1. SELBSTTEST BEIM EINSCHALTEN

Nach Aufbau der Betriebsspannung führt das System einen Selbsttest durch, der Fehler in der Hardware und an der externen Verdrahtung erkennt.
Die Systemsoftware führt folgende Schritte aus:

- EEPROM CRC Prüfung
- Konfiguration der IOs und der Sensorstromversorgung
- Überwachung der Zwischenkreisspannung
- Test des Hardware Watchdogs
- Start der PLUS+1 Applikationssoftware
- Test des Leistungsteils

Die API Variable *Selftest* zeigt Fehler, Warnungen und den aktuellen Status des Selbsttests an.
Details siehe in der API Beschreibung.
Während des Tests blockiert die Systemsoftware die Leistungsendstufe, d.h. die Applikationssoftware kann die Endstufe nicht einschalten, solange der Test nicht erfolgreich abgeschlossen wurde.
Wird ein Test fehlerhaft abgeschlossen, bleibt die Endstufe permanent blockiert.

Tritt während der Selbsttestroutine ein Überspannungsfehler auf, werden die Testschritte abgebrochen und es wird der Fehler "Test nicht bestanden aufgrund Überspannungsschutzes der Hardware (Test not passed because of hardware over voltage protection)" gemeldet.

8.1.1. EEPROM CRC Test

Zuerst wird ein CRC Test der EEPROM Daten ausgeführt. Das EEPROM ist in drei Segmente unterteilt:

Produktionsdaten:	Daten, die während der Produktion des Gerätes in einen geschützten Speicherbereich geschrieben werden, vorwiegend Skalierungsfaktoren und Grenzwerte der aktuellen Hardware
Nutzerdaten:	Speicherbereich, auf den der Nutzer zugreifen kann
Daten der Fehlerhistorie:	Speicherbereich in dem die Fehlerhistorie abgelegt wird

Wenn der CRC Test der Produktionsdaten fehlerhaft ist, wird der Fehler (*Selftest.Error* Bit7=1) gemeldet, da fehlerhafte Daten zu einem Fehlverhalten des Gerätes führen können. Die Selbsttestroutine wird abgebrochen, Leistungsendstufe und Hauptschütz bleiben blockiert.

Wenn der CRC Test nur bei den Nutzerdaten fehlerhaft ist, wird nur eine Warnmeldung abgegeben. Eine sinnvolle Reaktion des Systems muss in der PLUS+1 Applikations-software programmiert werden.

Wenn der CRC Test nur bei den Daten des Fehlerspeichers fehlerhaft ist, wird nur eine Warnmeldung abgegeben. Das Gerät ist funktionsfähig, jedoch kann der Inhalt des Fehlerspeichers beschädigt sein.

8.1. Selbsttest beim Einschalten (Fortsetzung)

8.1.2. Test des Zwischenkreises

Mit dem Zwischenkreistest können Kurzschlüsse innerhalb der Leistungsendstufe oder im Kabel bzw. dem angeschlossenen Motor erkannt werden. Bevor der Hauptschalter geschlossen wird, werden die Zwischenkreiskondensatoren über einen Widerstand vorgeladen, der über die Stromversorgung des Steuerteils (C1p02) gespeist wird.

Testalgorithmus:

- Warte bis die Zwischenkreisspannung über einen Schwellwert angestiegen ist (1.6V – 3.5V).
- Sobald diese Bedingung erfüllt ist, gilt der Test als bestanden.
- Ist diese Bedingung nicht innerhalb 5s nach Einschalten des Gerätes erfüllt, gilt der Test als nicht bestanden. ->
  - *Selftest.Error Bito=1 Fehler im Zwischenkreis (Error Link Circuit)*
  - Der Hauptschützausgang und die Leistungsendstufe werden dauerhaft blockiert (*C1p24.Locked=1 ; PowerStage.Locked=2)*
  - Alle weiteren Tests werden angebrochen.

Wenn solch ein Fehler auftritt:

- Stromversorgung (C1p02) abschalten
- Leistungsanschlüsse an + und – entfernen
- Stromversorgung (C1p02) wieder einschalten

Wenn der Zwischenkreistest bei entfernten Leistungsanschlüssen keinen Fehler mehr zeigt, liegt entweder ein Fehler in der Verkabelung der Leistungsanschlüsse vor, oder andere Lasten in diesem Kreis ziehen die Spannung nach unten.

Tritt der Fehler trotz abgeklemmter Leistungsanschlüsse weiterhin auf, liegt ein Schaden innerhalb des Inverters vor und er muss ausgetauscht werden.

8.1.3. Hardware Watchdog

Zusätzlich zum DSP-internen Watchdog haben die PLUS+1 Inverter einen separaten Hardwarewatchdog-Schaltkreis. Dieser wird von einem Togglesignal getriggert, das von der Systemsoftware generiert wird. Fällt dieses Togglesignal aus, schaltet der Hardwarewatchdog die Leistungsendstufe und alle Ausgänge ab. Die Funktion des Hardwarewatchdogs wird während der Selbsttestroutine nach dem Einschalten des Gerätes ebenfalls überprüft.

Als Resultat kann eine Warnung oder eine Fehlermeldung erzeugt werden:

PLUS+1 Inverter werden nach einem hohen Qualitätsstandard entwickelt und produziert.

Der Hardwarewatchdog ist ein zusätzliches Merkmal, das die Sicherheit über den Watchdog des DSPs hinaus erhöht. Wenn der Test des Hardwarewatchdogs eine Warnmeldung erzeugt, ist die Funktionalität des Inverters auf den DSP-internen Watchdog begrenzt. Wenn sonst kein Fehler vorliegt, ist der Inverter nach wie vor funktionsfähig.
Die PLUS+1 Applikationssoftware muss geeignete Maßnahmen beinhalten, die Sicherheitsanforderungen der Applikation zu erfüllen.

8.1. Selbsttest beim Einschalten (Fortsetzung)

8.1.3. Hardware Watchdog (Fortsetzung)

- *Selftest.Warning* Bito=1: Fehler im Watchdogschaltkreis, begrenzter Betrieb ist möglich. Der Watchdog kann die Endstufe und die Ausgänge nicht abschalten.
- *Selftest.Warning* Bit1=1: Der Watchdog konnte nicht getestet werden, weil die Zwischenkreisspannung zu gering war. Es ist ein Mindestwert der Zwischenkreisspannung notwendig, um den Watchdogtest auszuführen. Wird dieser Wert nicht innerhalb von 5s nach Start des Watchdogtests erreicht, wird der Test abgebrochen und diese Warnung abgegeben.

Nennspannung [V]	**24**	**36 - 48**	**72 - 80**
Inverter Typ: MIxx-	**24/xxx**	**48/xxx**	**80/xxx**
Minimale Zwischenkreis-spannung zum Ausführen des Watchdog Tests [V]	5.2	10	11

Fehler:

- *Selftest.Error* Bit1=1: Watchdogfehler, Betrieb nicht möglich. Die Leistungsendstufe und alle Ausgänge sind deaktiviert. Der Inverter arbeitet nicht. Weitere Selbsttest werden nicht ausgeführt.

8.1.4. Test des Leistungsteils

Der Test des Leistungsteils wird ausgeführt, sobald die Zwischenkreisspannung 90% der an C1p02 eingespeisten Versorgungsspannung überschritten hat. Zu diesem Zeitpunkt läuft bereits die Applikationssoftware, hat in der Regel den Hauptschütz geschlossen und somit sind die Zwischenkreiskondensatoren voll aufgeladen.
Das einzige Kriterium zum Start des Leistungsteiltests ist die Höhe der Zwischenkreisspannung, unabhängig vom Schaltzustand des Hauptschützes.
Einer der Testschritte setzt einen richtig angeschlossenen Motor voraus.

Ein umfangreicher Test der Endstufe wird durchgeführt mit dem Ziel, folgendes zu erkennen:

- Ein kurzgeschlossener Leistungstransistor
- Ein beschädigter Leistungstransistor (der nicht einschalten kann).
  Dieser Fehler kann nur bei korrekt angeschlossenem Motor erkannt werden.
- Der Kurzschluss einer Phase zum Minuspotential des Zwischenkreises
- Der Kurzschluss einer Phase zum Pluspotential des Zwischenkreises
- Der Kurzschluss zwischen zwei Phasen (Kurzschluss in der Motorzuleitung)

Fehler:

Fehlermeldung	**Bedeutung**	**Empfohlene Maßnahmen**	**Anschließender Zustand und Schlussfolgerung**
Kurzschluß zu (Short circuit to) –V_DC_Link: Kurzschluß zu +V_DC_Link: Kurzschluß zweier Phasen (Shorted power output)	Kurzschuss zwischen einem Phasenanschluss und dem Plus- oder Minuspol des Leistungsteils oder zwischen zwei Phasen	Stromzufuhr abschalten; Motorleitungen abklemmen; Stromzufuhr wieder einschalten	Immer noch der gleiche Fehler: Inverter austauschen Nur noch "Fehler in der Motorverdrahtung oder Leistungsendstufe": Motor nicht angeschlossen. Motoranschluss falsch. Motorwicklung unterbrochen.
Fehler in der Motorverdrahtung oder Leistungsendstufe (Error in motor wiring or power stage)	Motor nicht angeschlossen. Motoranschluss falsch. Motorwicklung unterbrochen.	Motoranschluss prüfen. Motor austauschen.	Tritt der Fehler trotz intaktem Motor und korrektem Anschluss auf, ist der Inverter defekt.

Abhängig von den physikalischen Bedingungen ist es nicht möglich, jeden denkbaren Kurzschluss zu erkennen! Abhängig von der Länge der Motorleitung, deren Querschnitt und deren Verlegung kann ein Kurzschluss am Ende der Leitung u.U. nicht vom Verhalten eines richtig angeschlossenen Motors unterschieden werden.

8.2. SCHUTZFUNKTIONEN ZUR LAUFZEIT DES APPLIKATIONSPROGRAMMS

8.2.1. Schutz des Leistungsteils

PLUS+1 Inverter bieten eine Vielzahl von Schutzfunktionen mit Fehler- Warn- und Statusmeldungen. Die meisten dieser Meldungen gelangen über das API zur Applikationssoftware, die so programmiert sein muss, die notwendigen Maßnahmen einzuleiten.
Die Systemsoftware reagiert nur auf solche Fehler, die die Endstufe zerstören könnten.

- Überspannung
- Überstrom
- Übertemperatur sowie Fehler am Temperaturfühler

Wenn einer dieser Fehler auftritt:

- Die Leistungsendstufe wird abgeschaltet (*PowerStage.EnableStatus*=0)
- Die API Variable *PowerStage.Status* zeigt den Fehler bitweise an:
  - *Bit1 = 1: Übertemperatur*
  - *Bit2 = 1: Fehler am Temperatursensor*
  - *Bit3 = 1: Überspannung*
  - *Bit4 = 1: Überstrom*
- Der Fehler wird in den Fehlerspeicher geschrieben
- Für jeden dieser Fehler gibt es zudem einen Zähler der die Gesamtzahl dieser Fehler während der Lebensdauer des Inverters registriert.

Das Erzeugen einer 1-0 Sequenz auf *PowerStage.Enable* löscht die Fehler, deren Ursache nicht mehr vorliegt.

8.2.1.1. Überspannung

Ein Hardwarekomparator vergleicht permanent die Zwischenkreisspannung mit einem maximal zulässigen Wert. Wenn der maximal zulässige Wert überschritten wird:

- Die Leistungsendstufe wird hardwaremäßig abgeschaltet
- Es wird ein Interrupt des höchsten Levels erzeugt
- Die Fehlerbehandlung erfolgt durch die Software
  - Blockierung der Endstufe: *PowerStage.EnableStatus=0*
  - Anzeigen des Fehlers: *PowerStage.Status Bit3=1*
  - Inkrementiere den Fehlerzähler: *ErrorHistory.AbsOVErrors*
  - Eintrag in die Fehlerhistorie

Die aktuelle Zwischenkreisspannung wird ebenso dargestellt anhand *V_DC_Link.Volt*

8.2. Schutzfunktionen zur Laufzeit des Applikationsprogramms (Fortsetzung)

8.2.1.2. Überstrom

Im normalen Betriebsablauf wird der Motorstrom durch den Software-Stromregler begrenzt.
Darüber hinaus wird der Strom jeder einzelnen Phase durch die Hardware limitiert. Sobald der momentane Strom einen maximalen Wert überschreitet, wird die betroffene Phase für ca. 50µs abgeschaltet und dieser Zustand an den DSP gemeldet.
Dieses Signal triggert einen Softwareintegrator. Übersteigt dieser integrierte Wert eine best. Grenze (Überstromsignal liegt länger als 3s vor) wird folgende Fehlerbehandlungsprozedur durchgeführt:

- Abschalten der Endstufe: *PowerStage.EnableStatus*=0
- Anzeigen des Fehlers: *PowerStage.Status Bit4*=1
- Inkrementierung des Fehlerzählers: *ErrorHistory.AbsOCErrors*
- Eintrag in der Fehlerhistorie

8.2.1.3. Übertemperatur

Die Temperatur der Leistungsendstufe (=die der Transistoren) wird mit einem PTC Widerstand gemessen und die Werte werden mit einer Zeitkonstanten von 500ms gefiltert. Die aktuelle Temperatur wird berechnet und dargestellt durch *PowerStage.Temp* im Bereich -60°C bis 170°C. Falls die aktuelle Temperatur die Temperaturgrenze des Gerätes überschreitet (bei den Produktionsdaten im EEPROM abgelegt), erscheint ein Übertemperaturfehler:

- Abschalten der Endstufe: *PowerStage.EnableStatus*=0
- Anzeigen des Fehlers: *PowerStage.Status* Bit1=1
- Inkrementierung des Fehlerzählers: *ErrorHistory.AbsOTErrors*
- Eintrag in Fehlerhistorie

Darüber hinaus haben die Invertertypen MI01 bis MI04 eine zweite interne Temperaturmessung, die die Temperatur der Leiterplatte überwacht. Üblicherweise liegt die Leiterplattentemperatur unterhalb der Temperatur der Transistoren, sodass die oben genannte Temperaturüberwachung bei einer lange andauernden Überlast abschalten wird.
In einigen Sonderfällen (sehr starke forcierte Kühlung) kann es passieren, dass die Leiterplattentemperatur *PowerStage.PCBTemp* früher kritisch hohe Werte erreicht als die Temperatur der Transistoren. In solch einem Fall wird eine Strom-Verringerung (Derating) vorgenommen, beginnend bei 115°C mit 100%, endend bei 135°C mit 0% des Hardware Stromlimits. Dieses Derating wird angezeigt durch

- *MotorControl.Status* Bit12 = 1

Der sehr unwahrscheinliche Fall einer Leiterplattentemperatur oberhalb 135°C wird angezeigt durch

- PowerStage.Status Bit10 = 1

8.2. Schutzfunktionen zur Laufzeit des Applikationsprogramms (Fortsetzung)

8.2.1.4. Fehler am Temperatursensor

Wenn das Resultat der Temperaturberechnung bei Leistungsendstufe oder Leiterplatte außerhalb des Bereiches -60°C bis +170°C ist, liegt ein Temperatursensorfehler vor:

- Solange nicht der ungeschützte Modus aktiviert wurde: Abschalten der Endstufe: *PowerStage.EnableStatus*=0
- Anzeigen des Fehlers: *PowerStage.Status* Bit2=1 für die Endstufe
  PowerStage.Status Bit11=1 für die Leiterplatte
- Inkrementierung des Fehlerzählers: *ErrorHistory.AbsTSensErrors* für die Endstufe
  ErrorHistory.AbsPCBTSensErrors für die Leiterplatte
- Eintrag in Fehlerhistorie

8.2. Schutzfunktionen zur Laufzeit des Applikationsprogramms (Fortsetzung)

Mit Hilfe des ungeschützten Modus´ (siehe 8.2.2.) kann eine "Notlauffunktion (limp home mode)" in der GUIDE programmiert werden. Dieser erlaubt einen begrenzten Betrieb im Falle eines Temperatursensorfehlers.

8.2.2. Ungeschützter Modus

Der ungeschützte Modus erlaubt ein Aktivieren der Endstufe, obwohl ein Temperatursensorfehler sie blockieren würde. Der ungeschützte Modus ist aktiviert, wenn *PowerStage.Unprotected* von 0 auf 1 gesetzt wurde. Um einen unbeabsichtigten Gebrauch des ungeschützten Modus´zu verhindern, setzt der APL den ungeschützten Modus jeweils nach 60s zurück. Innerhalb dieser 60s kann der ungeschützte Modus durch *PowerStage.Unprotected*=0 wieder abgeschaltet, jedoch nicht wieder neu getriggert werden.
Um den Gebrauch des ungeschützten Modus´ im Servicefall sehen zu können, wird dieser jeweils in den Fehlerspeicher geschrieben.

9.1. AKTIVIEREN / DEAKTIVIEREN

Mit der Variablen *PowerStage.Enable* kann die Endstufe ein- und ausgeschaltet werden.

- Das Einschalten der Endstufe ist nur erlaubt, wenn :
  - *PowerStage.Status Bit1=0* (keine Übertemperatur in der Endstufe)
  - *PowerStage.Status Bit3=0* (keine Überspannung)
  - *PowerStage.Status Bit4=0* (kein Überstrom)
  - *PowerStage.Status Bit10=0* (keine Übertemperatur der Leiterplatte)
  - *PowerStage.Locked=0*

  oder
  - *PowerStage.Status Bit2=1* (Fehler am Temperaturfühler der Endstufe)
  - *oder*
  - *PowerStage.Status Bit11=1* (Fehler am Temperaturfühler der Leiterplatte)
  - *und*
  - *PowerStage.Unprotected=1* (ungeschützter Modus aktiviert)
  - *PowerStage.Status Bit3=0* (keine Überspannung)
  - *PowerStage.Status Bit4=0* (kein Überstrom)
  - *PowerStage.Locked=0*

- Eine 1 nach 0 Sequenz an *PowerStage.Enable* setzt die PowerStage Statusbits zurück
  - *PowerStage.Status Bit1* (Übertemperatur der Endstufe)
  - *PowerStage.Status Bit2* (Fehler am Temperaturfühler der Endstufe)
  - *PowerStage.Status Bit3* (Überspannung)
  - *PowerStage.Status Bit4* (Überstrom)
  - *PowerStage.Status Bit10* (Übertemperatur der Leiterplatte)
  - *PowerStage.Status Bit11* (Fehler am Temperaturfühler der Leiterplatte)

Die Endstufe kann aufgrund eines Fehlers blockiert sein, auch wenn *PowerStage.Enable* auf 1 steht. Aus diesem Grund kann der tatsächliche Status der Endstufe mit *PowerStage.EnableStatus* abgerufen werden.

9.2. PWM SCHALTFREQUENZ

Die PWM Schaltfrequenz der Endstufe kann in den Schritten

- 4 kHz
- 8 kHz (Standardwert)
- 12 kHz
- 16 kHz

an der API Variablen *PowerStage.PWMFreq* eingestellt werden.
Aufgrund einer symmetrisch ausgerichteten Modulationsart, durch die am Motor die doppelte Schaltfrequenz wirksam wird, ist bereits bei 8 kHz in den meisten Applikationen eine recht ruhiger Betrieb des Motors gegeben.

Ist trotzdem das Motorgeräusch zu laut, kann die PWM Frequenz erhöht werden.
Eine höhere PWM Frequenz führt zu:

- mehr Verlustleistung
- geringfügig kleinerer maximaler Motorspannung
  (geringere Leistung im Feldschwächbereich –> geringere Maximaldrehzahl)

9.3. DIAGNOSE

Das API bietet für Diagnosezwecke eine Vielzahl von Daten über die Endstufe:

API Variable	Beschreibung
PowerStage.EnableStatus	Zeigt den aktuellen Status der Endstufe (Die Endstufe kann aufgrund eines Fehlers blockiert sein, obwohl *PowerStage.Enable* auf 1 steht) Falsch: Endstufe blockiert Wahr: Endstufe freigegeben
PowerStage.Temp	Aktuelle Temperatur der Endstufe in Grad Celsius
PowerStage.TempLimit	Die Temperaturgrenze der Endstufe
PowerStage.HWCurrLimit	Stromtragfähigkeit der Endstufe Bemerkung: Der Strom kann durch die Anwenderstromgrenze begrenzt sein
PowerStage. Locked	0: nicht blockiert (in Ordnung) 1: die Endstufe ist temporär blockiert (während Initialisierung und Selbsttest) 2: Die Endstufe ist permanent blockiert, weil ein Fehler vorliegt. Der Grund kann unter *Seltest.Error* oder *PowerStage.Status* gefunden werden.
PowerStage.Status	Bit0 0 = OK 1 = unzulässiger Wert für PWMFreq Bit1 0 = OK 1 = Übertemperatur Bit2 0 = OK 1 = Fehler am Temperaturfühler Bit3 0 = OK 1 = Überspannung Bit4 0 = OK 1 = Überstrom Bit5 0 = Ungeschützter Modus nicht aktiv 1 = Ungeschützter Modus aktiv Bit6 0 = OK 1 = Endstufe dauerhaft blockiert aufgrund falscher Motordaten Bit7 0 = OK 1 Endstufe dauerhaft blockiert aufgrund eines Hardware-watchdogfehlers Bit8 0 = OK 1 = Endstufe dauerhaft blockiert aufgrund eines Fehlers an einem Stromsensor Bit9 0 = OK 1 = Endstufe dauerhaft blockiert aufgrund von Unterspannung Bit10 0 = OK 1 = Übertemperatur der Leiterplatte Bit11 0 = OK 1 = Fehler am Temperaturfühler der Leiterplatte

10.1. FEHLERHISTORIE

PLUS+1 Inverter beinhalten einen Speicher für die Fehlerhistorie, der alle Fehler protokolliert, die mit dem Schutz der Endstufe oder dem Selbsttest des Gerätes zu tun haben. Dies ist integraler Bestandteil der Systemsoftware. Die Applikationssoftware kann einen weiteren Speicher für Fehler aus der Applikation verwalten.

Der erste Teil des Fehlerspeichers besteht aus 3 API Datenarrays

- *ErrorHistory.Number[0..7]* : Fehlernummern
- *ErrorHistory.Counter[0..7]* : Anzahl gleicher Fehler nacheinander
- *ErrorHistory.Hour[0..7]* : Stand des Betriebsstundenzählers für den Inverter (*HourCounter.Inverter)* beim Auftreten des letzten von mehreren gleichen Fehlern nacheinander

Jedes Datenarray hat 8 Elemente.
Element 0 zeigt den letzten (neuesten) Fehler.
Element 7 zeigt den ältesten Fehler.

Fehlernummern:

1 = Übertemperatur
2 = Überspannung
3 = Überstrom
4 = Fehler am Temperaturfühler
5 = Ungeschützter Modus aktiviert
6 = Fehler im Zwischenkreis
7 = Watchdogfehler (begrenzter Funktionsumfang möglich)
8 = Watchdogfehler (kein Betrieb möglich)
9 = Fehler im Leistungsteil, Kurzschluss zum Minuspotential
10 = Fehler im Leistungsteil, Kurzschluss zum Pluspotential
11 = Fehler im Motoranschluss oder im Leistungsteil
12 = Kurzschluss am Motoranschluss
13 = Fehlerhafte Produktionsdaten im EEPROM erkannt
14 = Fehler an einem Stromsensor
15 = Unterspannung
16 = Übertemperatur der Leiterplatte
17 = Fehler am Temperaturfühler der Leiterplatte

Der zweite Teil des Fehlerspeichers besteht aus 4 API Variablen zum Zählen der Gesamtzahl erkannter Fehler während der ges. Lebensdauer des Gerätes, die mit dem Schutz der Endstufe zu tun haben.

- *ErrorHistory.AbsOTErrors:* Zeigt die Gesamtzahl aller aufgetretenen Übertemperaturfehler während der Lebensdauer des Inverters.
- *ErrorHistory.AbsOVErrors*: Zeigt die Gesamtzahl aller aufgetretenen Überspannungsfehler während der Lebensdauer des Inverters.
- *ErrorHistory.AbsOCErrors*: Zeigt die Gesamtzahl aller aufgetretenen Überstromfehler während der Lebensdauer des Inverters.
- *ErrorHistory.AbsTSensErrors:* Zeigt die Gesamtzahl aller aufgetretenen Temperatursensorfehler während der Lebensdauer des Inverters.
- *ErrorHistory.AbsPCBOTErrors:* Zeigt die Gesamtzahl aller aufgetretenen Übertemperaturfehler der Leiterplatte während der Lebensdauer des Inverters.
- *ErrorHistory.AbsPCBTSensErrors:* Zeigt die Gesamtzahl aller aufgetretenen Temperatursensorfehler der Leiterplatte während der Lebensdauer des Inverters

10.1. Fehlerhistorie (Fortsetzung)

Die Auflistung der Fehler im Fehlerspeicher ist in folgender Reihenfolge organisiert.

- Wenn der momentane Fehler der gleiche ist, wie der zuletzt in *ErrorHistory.Number[0]* eingetragene:
  - Schreibe den Wert von *HourCounter.Inverter* nach *ErrorHistory.Hour[0]*
  - Erhöhe den Wert des *ErrorHistory.Counter[0]*
  - Erhöhe den Wert des zugehörigen Gesamtfehlerzählers
- Wenn der momentane Fehler sich vom letzten Eintrag in *ErrorHistory.Number[0]* unterscheidet:
  - Verschiebe alle Einträge von *ErrorHistory.Number*, *ErrorHistory.Hour* und *ErrorHistory.Counter* zum nächsten Element.
  - Schreibe die Fehlernummer nach *ErrorHistory.Number[0]*
  - Kopiere den Wert des *HourCounter.Inverter* nach *ErrorHistory.Hour[0]*
  - Schreibe 1 in *ErrorHistory.Counter[0]*
  - Erhöhe den Wert des zugehörigen Gesamtfehlerzählers

Beispiel: Fehler während der Lebensdauer

Fehlerart	Wert des Stundenzählers
Überstrom	1000
Übertemperatur	2050
Übertemperatur	2060
Übertemperatur	2065
Überstrom	3000
Überstrom	3005
Fehler am Temperaturfühler	3100
Fehler am Temperaturfühler	3100
Fehler am Temperaturfühler	3110
Fehler am Temperaturfühler	3120
Ungeschützter Modus aktiviert	3300
Ungeschützter Modus aktiviert	3310
Ungeschützter Modus aktiviert	3316
Fehler am Temperaturfühler	3407
Fehler am Temperaturfühler	3409

Inhalt des Fehlerspeichers:

Element	ErrorHistory Number	ErrorHistory Hour	ErrorHistory Counter
0	4 (Fehler am Temperaturfühler)	3409	2
1	5 (Ungeschützter Modus aktiviert)	3316	3
2	4 (Fehler am Temperaturfühler)	3120	4
3	3 (Überstrom)	3005	2
4	1 (Übertemperatur)	2065	3
5	3 (Überstrom)	1000	1
6	0	0	0
7	0	0	0

10.1. Fehlerhistorie (Fortsetzung)

ErrorHistory.AbsOTErrors:	3
ErrorHistory.AbsOVErrors:	0
ErrorHistory.AbsOCErrors:	3
ErrorHistory.AbsTSensErrors:	6

10.2. BETRIEBSSTUNDENZÄHLER

PLUS+1 Inverter beinhalten einen nicht rücksetzbaren Betriebsstundenzähler als integralen Bestandteil der Systemsoftware. Die Applikationssoftware kann einen weiteren Stundenzähler für Applikationszwecke betreiben.

API Variable	Funktion	Bemerkung
HourCounter.Inverter	Betriebsstundenzähler [0.001h], nicht rücksetzbar	Zählt, sobald der Inverter an C1p02 mit Strom versorgt ist
HourCounter.Power	Betriebsstundenzähler [0.001h], nicht rücksetzbar	Zählt, sobald die Endstufe aktiv ist

10.3. GERÄTEDATEN

Die Datenstruktur über die Geräteinformationen hat folgenden Inhalt.

API Variable	Beschreibung
DeviceInfo.DeadTime	Totzeit der Endstufe 0...6400 [ns]
DeviceInfo.MinTemp	Spezifizierte Minimaltemperatur [°C] bei der das Gerät zuverlässig funktioniert.
DeviceInfo.MinVolt	Spezifizierte Minimalspannung [mV] bei der das Gerät zuverlässig funktioniert.
DeviceInfo.MaxVolt	Spezifizierte Maximalspannung [mV] bei der das Gerät zuverlässig funktioniert.
DeviceInfo.SerialNoA	Erster Teil der Seriennummer
DeviceInfo.SerialNoB	Zweiter Teil der Seriennummer
DeviceInfo.PartNo0	Definiert die Hardware incl. der geladenen Software.
DeviceInfo.PartNo1	Dies ist eine SD Teilenummer, die vergeben wird, wenn bereits bei der Produktion kundenspezifische Software oder Parametersätze geladen werden. Dies ist die Nummer unter der der Kunde das Gerät bestellt.
DeviceInfo.InverterFrameSize	Inverter Baugröße (6 für MI06, 20 für MI20 usw.)

10.4. NVRAM BENUTZERDATEN

PLUS+1 Inverter bieten einen nicht flüchtigen Speicherbereich für Anwenderdaten. Dieser Speicher besteht aus einen RAM Bereich mit EEPROM Backup. Im normalen Betrieb ist der Zugriff auf den Speicher durch die Applikationssoftware nicht anders als der auf andere RAM Bereiche. Wenn die Hardware einen Spannungsausfall erkennt, wird der NVRAM Bereich sofort in das EEPROM kopiert. In der Hardware ist für die dafür notwendige Zeit genügend Energie gepuffert.

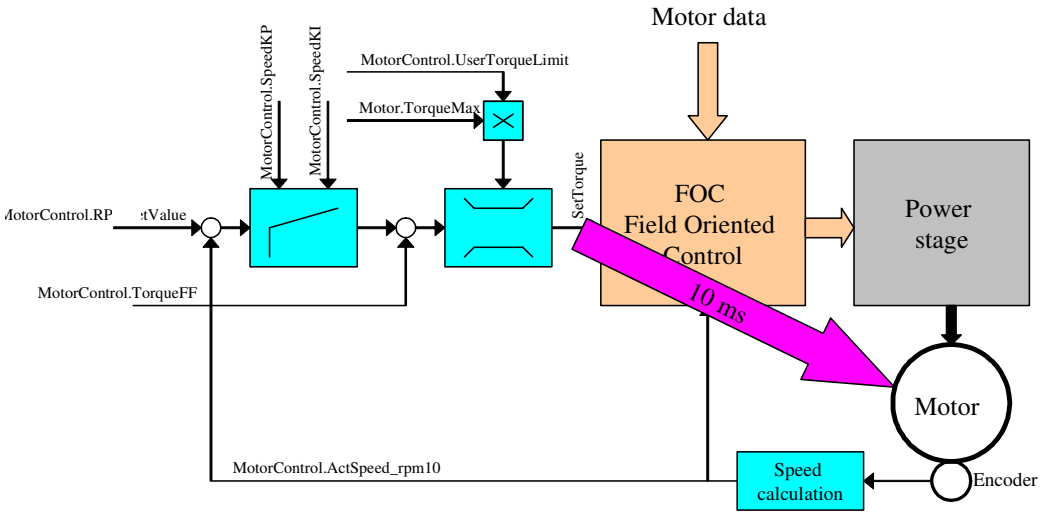
Beim Einschalten des Gerätes werden die Daten ins NVRAM zurück geschrieben bevor die Applikationssoftware startet.

11. Motorsteuerung

PLUS+1 Inverter steuern Dreiphasenasynchronmotoren mit Hilfe einer feldorientierten Regelung. Diese Technologie kombiniert mit vordefinierten Motordaten aus PLUS+1 Motor-Kompatibilitäts-Blöcken (Motor Compliance Blocks) garantiert optimalen Betrieb des Motors.
PLUS+1 Motor Compliance Blocks machen zum erfolgreichen Aufbau der Applikation eine detaillierte Kenntnis über Asynchronmotoren und feldorientierte Regelungen überflüssig. Grundlegende Kenntnisse über Asynchronmotoren sind jedoch hilfreich bei der Fehlersuche.
PLUS+1 Motor Compliance Blocks für spezielle Motoren können im Motorenprüffeld bei Schwarzmüller Inverter erstellt werden.
Ein Datensatz für nicht direkt messbare Motoren kann auch basierend auf den IEEE Standardwerten erstellt werden. (siehe Abschnitt: 11.2 Motor Definition)

11.1. STRUKTUR

11.1.1. Feldorientierte Regelung (Field Oriented Control)



Der wesentliche Teil der MIxx-Kontrolle über den Motor ist die feldorientierte Regelung. Diese Regelung erfordert einen Motordatensatz. Wenn diese Motordaten gründlich ermittelt wurden (Für von Schwarzmüller Inverter getestete Motoren sind die Daten als PLUS+1 Compliance blocks verfügbar), folgt das Drehmoment an der Motorwelle dem Momentensollwert mit einer maximalen Verzögerung von 10ms. Dies erlaubt eine Optimierung des Fahrzeugantriebs ohne auf die Momentenregelung eingehen zu müssen und es ist keine weitere Abstimmung der Motordaten erforderlich, um optimales Fahrverhalten zu realisieren. Nur der Drehzahlregler muss an die Applikation angepasst werden.

11.1. Struktur (Fortsetzung)

11.1.2. Drehzahlregler

Der Drehzahlregler hat eine PI-Struktur mit Weglaufbegrenzung (anti-windup).
Der Ausgang des Drehzahlreglers liefert den Drehmomentsollwert.
Die Proportionalverstärkung *MotorControl.SpeedKP* ist skaliert in Nm/Upm (Drehmoment, das der Motor pro Upm Abweichung aufzubringen hat).
Die Integralverstärkung *MotorControl.SpeedKI* ist skaliert in Nm/Upm/s. (Drehmomentanstieg pro Sekunde, den der Motor pro Upm Abweichung aufzubringen hat). Diese Regelparameter können noch bei der letztendlichen Fahrzeuginbetriebnahme optimiert werden.

Eine Standardvorgehensweise zur Abstimmung des Drehzahlreglers ist:

- Schalte den I-Anteil ab, indem *MotorControl.SpeedKI*=0 gesetzt wird.
- Erhöhe den P-Anteil bis die Regelung zu schwingen beginnt (unbedingt den gesamten Drehzahlbereich beachten)
- Reduziere den P-Anteil etwa auf 70% des vorherigen Wertes
- Belasse den P-Anteil jetzt so und gehe mit dem I-Anteil genauso vor

11.1.3. Drehzahlrückführung

Die feldorientierte Regelung erfordert einen Drehzahlistwert. Die Qualität dieses Istwertsignals ist von entscheidender Bedeutung für das Betriebsverhalten der Regelung. Ungeeignete Gebersignale oder mangelnde Qualität des Drehzahlsensors können zu Oszillationen oder unkontrolliertem Verhalten der Regelung führen.
PLUS+1 Inverter erfordern einen Inkrementalgeber mit einer Auflösung im Bereich 32 bis 1024 Impulse pro Umdrehung, direkt montiert auf der Motorwelle. Der Ausgang des Gebers kann ein Open-Collector- oder ein Push-Pull-Ausgang sein. Es ist absolut wichtig, die API Variable *Motor.EncPulses* auf die richtige Impulszahl des Gebers einzustellen. PLUS+1 Motor Compliance Blocks beinhalten diese Daten bereits.

Die Gebersignale müssen an die Drehrichtung des Motors angepasst sein. Wenn die Phasenfolge des Motorstromes U-V-W lautet, muss das Gebersignal A vor dem Signal B kommen.

Warnungen

Ein falsch eingetragener Wert in *Motor.EncPulses* kann im ungünstigsten Fall zu einer unkontrollierten Beschleunigung führen.
Wenn das Gebersignal fehlt, wird der Motor auf sehr kleiner Drehzahl laufen, kann aber volles Drehmoment entwickeln.
Fehlerhafte Signalzustände können zu einem ruckartigen Verhalten führen.

11.1.4. Drehmomentvorsteuerung

Jeder Lastsprung wird zunächst kurzzeitig eine Drehzahlabweichung zur Folge haben. Diese Drehzahlabweichung wird dann den Drehmomentsollwert auf einen neuen Wert einstellen, um die Drehzahl wieder auf den vorherigen Wert zu bringen. Typischerweise dauert solch ein Ausregelvorgang weniger als 100ms.
Wenn eine sehr schnelle Ausregelung erforderlich und das Lastmoment voraussehbar ist, kann der Eingang zur Drehmomentvorsteuerung (*MotorControl.TorqueFF*) genutzt werden. Ein Signal, das das zu erwartende Motormoment abbildet, muss an diesen Vorsteuerungseingang gelegt werden. Ein Lastwechsel wird dann sofort zum richtigen Motormoment führen, ohne dass die Drehzahl merklich abweicht. Selbst wenn die Drehomentabschätzung nicht sehr genau ist, wird die Drehzahlabweichung minimiert.

11.1. Struktur (Fortsetzung)

11.1.5. Drehmomentbegrenzung

Der Drehmomentgrenzwert für den Motor ist definiert in der Motor-Definitionen-Datenstruktur (motor definition data structure) *Motor.TorqueMax.* Eine weitere Momentenbegrenzung kann in der Motorkontrolle-Datenstruktur (motor control data structure) *MotorControl.UserTorqueLimit eingegeben* werden. Dieser Wert ist ein Prozentwert von *MotorTorqueMax*. Wenn keine extra Momentenbegrenzung notwendig ist, wird *MotorControl.UserTorqueLimit* auf 10000 (=100%) eingestellt.
Mit der Variablen *MotorControl.ActTorqueLimit* kann der aktuell wirksame Momentengrenzwert in 0.001Nm Auflösung ausgelesen werden.

Die Strombegrenzung (siehe 11.1.6.) kann ebenfalls verhindern, dass das Maximalmoment erreicht wird.

11.1.6. Strombegrenzung

Drei verschiedene Strombegrenzungen sind wirksam:
Hardware Stromgrenze: Dies ist die maximale Stromtragfähigkeit der Leistungsendstufe.
Motor Stromgrenze: Dies ist die Begrenzung des Motorstromes, festgelegt in *Motor.CurrentMax*.
Anwender Stromgrenze: Dies ist die Stromgrenze für die vorliegende Applikation, festgelegt in *MotorControl.UserCurrLimit* als Prozentsatz der Hardware Stromgrenze.

Der momentan wirksame Grenzwert kann aus der API Variablen *MotorControl.ActCurrLimit* ausgelesen werden.

Die Momentenbegrenzung (siehe 11.1.5.) kann ebenfalls das Erreichen des Maximalstromes verhindern.

11.1.7. Drehzahlregelung oder Drehmomentregelung

Bei den meisten Applikationen ist die Drehzahlregelung die bevorzugte Wahl. In manchen Applikationen kann jedoch die Drehmomentenregelung Vorteile bieten.
Der Drehzahlregler kann unter Beachtung folgender Punkte zur Regelung des Drehmoments genutzt werden:

- Speise den Absolutwert des Drehmomentsollwertes in den Drehmomentgrenzwert des Drehzahlreglers ein
- Speise einen Drehzahlgrenzwert in den Drehzahlsollwert des Drehzahlreglers ein
- Da der Drehmomentgrenzwert nur absolut definiert ist, muss das Vorzeichen des Drehmomentsollwertes auf den Drehzahlsollwert übertragen werden.

Beispiel:

Werte für die Momentenregelung	Werte für den Drehzahlregler
Momentensollwert = 80% Drehzahlgrenzwert = 2000 Upm	*MotorControl.UserTorqueLimit* = 8000 *MotorControl.RPMSetPoint* = 20000
Momentensollwert = -50% Drehzahlgrenzwert = 2000 rpm	*MotorControl.UserTorqueLimit* = 5000 *MotorControl.RPMSetPoint* = -20000

Die PLUS+1 Inverter Funktionsblock-Bibliothek bietet den Funktionsblock "Momentenreglung (Torque Control)", der die zugehörigen Berechnungen beinhaltet.

11.2. DEFINITION DES MOTORS

Der Algorithmus der feldorientierten Regelung erfordert Motordaten. Dies sind physikalische Daten des Motors, unabhängig vom Anwendungsfall. Es ist nicht erforderlich, bei der abschließenden Inbetriebnahme der Maschine derartige Motordaten zu optimieren.
Die erforderlichen Motordaten müssen der API Variablenstruktur *Motor.xxx* zur Verfügung gestellt werden.
Da der Motor üblicherweise in einer Einheit zusammen mit einem Drehzahlsensor und einem Temperaturfühler zu sehen ist, sind all die zugehörigen Daten in einer gemeinsamen Struktur enthalten. Es gibt drei verschiedene Arten, die Motordaten zur Verfügung zu stellen. Mit Motor Compliance Blocks (=geschlossene Kompatibilitäts-Blöcke) und Open Data Blocks (offene, änderbare Kompatibilitäts-Blöcke) sind die Motordaten Teil des Quellcodes und können nur in der PLUS+1 GUIDE bearbeitet werden. Das Arbeiten mit Motorblöcken in Form von Download-Dateien (*.lhx) erlaubt die unabhängige Handhabung von Applikationssoftware und Motorparametern, indem zwei lhx Dateien mittels PLUS+1 Service tool in den Inverter geladen werden.

11.2.1. Electric Motor Compliance Blocks

Motoren, die bei Schwarzmüller Inverter ausgemessen wurden, werden durch PLUS+1 Compliance Blocks unterstützt, die alle erforderlichen Daten des kompletten Motorpakets beinhalten (Motor, Drehzahlsensor, Temperatursensor) sowie die Berechnung der momentanen Motortemperatur, die Erzeugung von Fehlersignalen bei Übertemperatur und die Überwachung der minimalen und maximalen Stromaufnahme des Drehzahlsensors. Der Name des compliance block gibt die Teilenummer des Motors wieder. Die Compliance-Blöcke werden von Schwarzmüller Inverter erstellt und sind aus Sicherheitsgründen für den Anwender geschlossen, d.h. nicht nachträglich editierbar.

Plug & Perform: Alle Einstellungen und Berechnungen, die mit dem Motor zu tun haben, dem Drehzahlsensor oder dem Temperatursensor, werden erledigt, indem einfach nur der Motor Compliance Block installiert wird.

Folgende Fehlermeldungen können vom Motor Compliance Block erzeugt werden:

MotorData.Motor.MaxTempErr:	Wahr, wenn die aktuelle Temperatur den zulässigen Maximalwert übersteigt (spezifiziert im compliance block)
MotorData.Enc.MaxCurrErr:	Wahr, wenn die Stromaufnahme des Drehzahlsensors den zulässigen Maximalwert übersteigt (spezifiziert im compliance block)
MotorData.Enc.MinCurrErr:	Wahr, wenn die Stromaufnahme des Drehzahlsensors den zulässigen Minimalwert unterschreitet (spezifiziert im compliance block). Dies zeigt an, dass der Sensor nicht angeschlossen ist, dass eine Leitung unterbrochen ist oder auch andere Fehler innerhalb des Drehzahlsensors.

Die Reaktionen auf derartige Fehlermeldungen sind passend zum Anwendungsfall zu programmieren.

11.2.2. Open Electric Motor Data Function Block

Für Motoren, die nicht bei Schwarzmüller Inverter ausgemessen wurden, können die Daten für Motor, Drehzahlsensor und Temperaturfühler über einen offenen Block in der GUIDE-Vorlage bearbeitet werden. Notwendige Motordaten sind IEEE Werte, die vom Motorhersteller zur Verfügung gestellt werden müssen. Basierend auf diesen IEEE kann Schwarzmüller Inverter dann die erforderlichen Motordaten berechnen und zur Verfügung stellen. Achtung, IEEE-Daten können nicht direkt verwendet werden!

11.2. Definition des Motors (Fortsetzung)

11.2.3. Electric Motor Data Download File

Das lhx-File erlaubt das Einstellen der Motordaten (inklusive der Daten für Drehzahlsensor und Temperatursensor) mittels des Service Tools. Dazu muß die PLUS+1 Applikations-Software diese Funktion unterstützen. Auch das lhx-file wird von Schwarzmüller Inverter aus den gemessenen Motordaten oder aus den IEEE-Daten erstellt.

11.2.4. Re-Initialisierung der Motordaten

Werden die Motordaten während der Laufzeit geändert (Umschalten zwischen motor data blocks), werden die Daten erst nach eine Re-Initialisierung gültig. Dies muss erfolgen durch Schreiben einer 0-1 Sequenz auf *Motor.Reinit*. Die Re-Initialisierung wird erst dann ausgeführt, wenn die Endstufe deaktiviert und die aktuelle Drehzahl kleiner als 10Upm ist.
Motor.Status bit23 ist 1, solange die Re-Initialisierung noch nicht ausgeführt wurde.

11.3. TEMPERATURKOMPENSATION

Um bestmögliches Betriebsverhalten zu erzielen, berücksichtigt die feldorientierte Regelung den Einfluss der Motortemperatur. Da die Ermittlung der Motortemperatur von der Applikation abhängt (je nachdem ob ein und welcher Motor-Temperatur-Sensor verwendet wird), muss die PLUS+1 Applikationssoftware den aktuellen Temperaturwert der feldorientierten Regelung über die API Variable *Motor.ActTemp* mitteilen. Ist kein Temperaturfühler vorhanden, wird *Motor.ActTemp* ein konstanter Wert von 20°C zugeführt. In diesem Fall muss mit einem geringfügig schlechteren Betriebsverhalten gerechnet werden.

Plug & Perform: Die erforderlichen Rechenschritte für die Berechnung der Temperatur je nach verwendetem Sensor sind in den Motor Compliance Blocks und den Open Motor Data Block bereits enthalten.

11.4. DIAGNOSE

Die Motorsteuerungs-Systemsoftware bietet eine Vielzahl von Daten für Diagnosezwecke.

11.4.1. Diagnose am Drehzahlsensor

API Variable	Beschreibung
Motor.EncA	Aktueller Status des Hardware-Eingangspins von Gebersignal A High = wahr
Motor.EncB	Aktueller Status des Hardware-Eingangspins von Gebersignal B High = wahr

Eine recht einfache Diagnose des Drehzahlsensors ist anhand der API Variablen *Motor.EncA* und *Motor.EncB* mittels PLUS+1 Service Tool möglich, während der Motor sehr langsam dreht. Beide Variablen müssen ihren Zustand während der Drehung des Motors ständig wechseln. Dieser Test liefert auch eine Information über die Verdrahtung des Drehzahlsensors.
Im Falle eines instabilen Betriebs der Motorsteuerung sollte auch die Signalform der Gebersignale geprüft werden.

11.4.2. Diagnose der Motordaten

Wenn die Motordaten, die dem API zur Verfügung gestellt werden, ungültig sind, zeigt die Variable *Motor.Status* den Status bitweise an.

11.4. Diagnose (Fortsetzung)

11.4.3. Diagnose der Motorsteuerung

API Variable	Beschreibung
MotorControl.ActSpeed	Aktuelle Motordrehzahl
MotorControl.ActStatFreq	Aktuelle Statorfrequenz
MotorControl.ActSlipFreq	Aktueller Schlupf
MotorControl.ActTorque	Aktueller Drehmomentsollwert
MotorControl.ActQCurrent	Aktueller Strom der Q-Achse. Dies ist der drehmomentbildende Stromanteil.
MotorControl.ActDCurrent	Aktueller Strom der D-Achse. Dies ist der flussbildende Stromanteil.
MotorControl.ActCurrent	Aktueller Motorstrom. Dies ist der in den Kabeln messbare Strom.
MotorControl.ActVoltage	Aktuelle Motorspannung (von Phase zu Phase). Da die Motorspannung eine PWM modulierte Spannung ist, kann der Grundschwingungs-anteil nur mit einem geeigneten Tiefpass gemessen werden.
MotorControl.ActTorqueLimit	Aktuell gültiger Drehmomentgrenzwert. Dieser ist das Minimum aus dem berechneten physikalischen Maximalmoment (basierend auf der Strombegrenzung), dem Anwender-Maximalmoment und dem Maximalmoment des Motors.
MotorControl.ActCurrLimit	Aktueller Stromgrenzwert. Dieser ist das Minimum des Maximalstroms der Hardware, des Anwender-Stromgrenzwertes und dem Maximalstrom des Motors
MotorControl.Gen_Mode	Motor- Betriebsmodus: O = motorischer Betrieb Drehzahl und Drehmoment haben das selbe Vorzeichen. Energie fließt vom Inverter zum Motor. 1 = generatorischer Betrieb Drehzahl und Drehmoment haben unterschiedliche Richtungen. Energie fließt vom Motor zum Inverter.

12. CAN (Controller Area Networks) Spezifikationen

12.1. CAN (CONTROLLER AREA NETWORKS) PORTS

Der PLUS+1 Inverter hat eine CAN Schnittstelle konform zu CAN 2.0B. Die 2.0B Version des CAN unterstützt sowohl 11-Bit als auch 29-Bit Identifier. Das Besondere an der Version 2.0B ist, dass sie die volle CAN-Bus-Funktionalität unterstützt. Dies bedeutet eine Filterung der empfangenen CAN-Nachrichten auf HW-Ebene. Dies führt auf der anderen Seite zu einer geringeren CPU Belastung, wodurch mehr Rechenkapazität für die eigentliche Applikation des Anwenders zur Verfügung steht.

Die Inverter haben zweifache CAN Anschlüsse zur Vereinfachung der Verdrahtung.

Die zugehörigen Pins sind folgende:

Anschluss	Pin Name	Pin Nummer
1	CAN H	C1p03
	CAN L	C1p04
2	CAN H	C1p06
	CAN L	C1p07

Die Pins C1p03 und C1p04 sind intern parallel verbunden mit C1p06 und C1p07. Siehe:

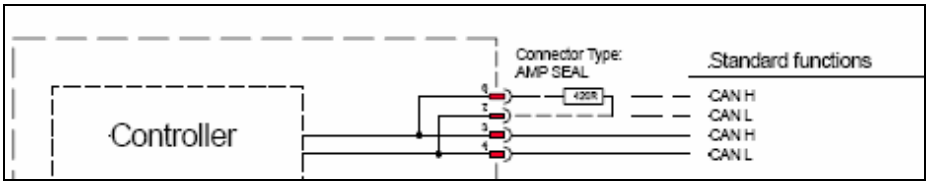


Bild 7: Doppelter CAN Anschluss

Der doppelte CAN Anschluss ermöglicht eine Hintereinander-Anordnung (Reihenschaltung) wie auch eine Anordnung mit Stichleitungen zum Bus. Der Vorteil der Hintereinander-Anordnung ist die geringere Anzahl von Steckverbindungen im Kabelbaum, was der Zuverlässigkeit zugutekommt. Siehe Bild 8.
Bitte die Länge der Stichleitungen beachten, siehe Bild 9 : Bus Stichleitungen

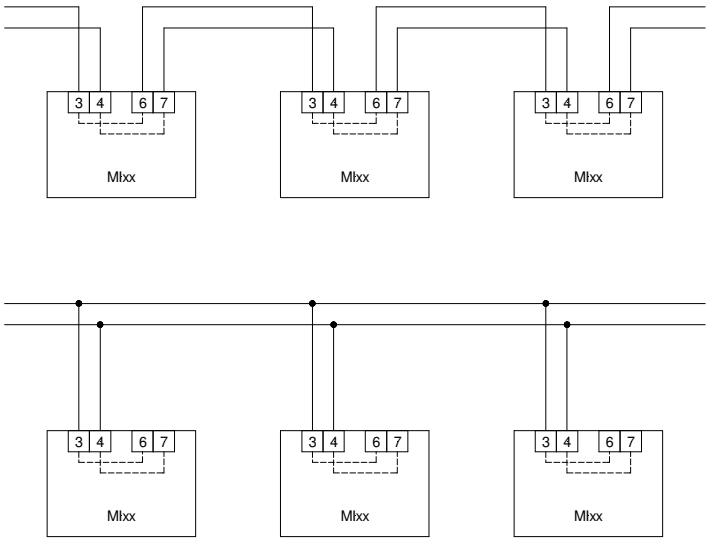


Bild 8: Bus Topologie

12.2. ABSCHLUSSWIDERSTAND

Beide Enden am CAN Bus müssen mit einem geeigneten Widerstand abgeschlossen werden. Diese Abschlusswiderstände müssen folgender Spezifikation entsprechen:

Beschreibung	Einheit	Minimum	Maximum	Nominal	Kommentar
Widerstand	Ohm	110	130	120	Mindestbelastbarkeit: 400 mW

12.3. BUS ABZWEIGUNGEN (VERDRAHTUNG VOM BUS ZUM INVERTER, AUCH STICHLEITUNG GENANNT)

Wenn Stichleitungen gemacht werden, ist unbedingt auf deren Länge zu achten. Maximale Länge bei 1Mbps ist 30 cm (siehe Bild 9 : Bus Stichleitungen) . Bei geringeren Baudraten sind längere Stichleitungen zulässig.

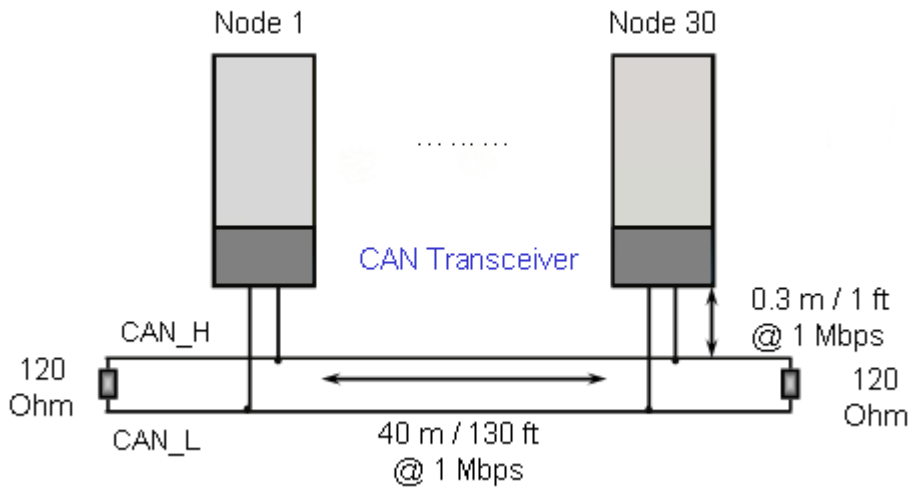


Bild 9 : Bus Stichleitungen

Warnung

Der Programmierer der PLUS+1 Applikationssoftware muss geeignete Maßnahmen für Störungen des CAN Bussystems vorsehen.
Diese hängen wesentlich vom Anwendungsfall ab.

12.4. CAN VERDRAHTUNGSHINWEISE

Obwohl ein CAN Bus recht unempfindlich gegen elektromagnetische Beeinflussung ist, ist es zu empfehlen, geschirmte verdrillte Leitung zu verwenden. Der Schirm muss an die Fahrzeugmasse angeschlossen werden.

12.5. CAN PROTOKOLLE

Bei der Programmierung mit PLUS+1 GUIDE sind verschiedene Protokolle verfügbar, die in Form fertiger Funktionsblöcke vorliegen. Kontaktieren Sie Schwarzmüller Inverter für weiterführende Informationen.

13.1. PRODUKT KENNWERTE

Umgebung

Schaltfrequenz	8kHz Standard; einstellbar 4, 8, 12, 16 kHz
Wirkungsgrad	etwa 95% bei Nennlast
Ausgangsfrequenz	0...300 Hz
Zulässige Spannungseinbrüche	Bis auf 50% der Nennspannung für max. 50ms.
Umgebungstemperaturbereich	-40°C ... 50°C; -40°F ... 122°F (104°F)
Maximale Kühlkörpertemperatur @ Maximalstrom	85°C; 185°F
Abschaltpunkt der Kühlkörpertemperatur	85°C; 185°F
Relative Luftfeuchtigkeit	100%, Kondensation ist zulässig
Betriebszustandsanzeige	2 eingebaute LEDs (rot und grün)
Signal-Steckverbinder	AMP-Seal 35 Pins
IP Schutzart	IP67 mit Membrane
EMV / ESD	EN 12895 / EN 61000-6-2 / EN 61000-6-3 / EN 61000-4-2 / ISO 7637 / 1-3
Sicherheit von Flurförderzeugen – elektrische Anforderungen	EN 1175
Vibration, breitbandiges Rauschen	EN 60068-2-64 / EN 60068-2-28
Schock	EN 60068-2-27
Stoß	EN 60068-2-29
Kälte	EN 60068-2-1
Hitze	EN 60068-2-2
Temperaturwechsel	EN 60068-2-14
Feuchte Wärme, zyklisch	EN 60068-2-30
UL	UL583 anerkannt
Chemische Beständigkeit	ISO 16750-5

Alle PLUS+1 Inverter sind CE konform

14.1. PASSENDE STECKVERBINDER

PLUS+1 Inverter sind mit AMPSEAL Steckverbindern ausgestattet.
Schwarzmüller Inverter hat einen passenden Teilesatz mit den erforderlichen Einzelteilen zusammengestellt.

Informationen zu Teilenummern

Artikelnumber	Komponente
10107896	35 Pin AMPSEAL Beutel mit Buchsengehäuse und Crimpkontakten
10107897	AMPSEAL Crimpwerkzeug 58529-1

Informationen zum AMPSEAL Steckverbinder

Beschreibung	AMPSEAL Referenz
Crimpwerkzeug	AMP PRO-CRIMPER II Hand Tool Assembly 58529-1
Buchsengehäuse	PBT, Black 776164-1
Kontakte	770854-1 (0.5 – 1.4 mm²) (20 – 16 AWG)
Dichtungstifte	770678-1
Abisolierlänge	4.7 bis 5.5 mm [0.185 bis 0.215 in]
Zulässiger Bereich des Isolationsdurchmessers	1.7 bis 2.7 mm [0.067 bis 0.106 in]

14.2. PLUS+1 INVERTER INSTALLATIONSRICHTLINIEN

14.2.1. Montage des Inverters

Obwohl die PLUS+1 Inverter innerhalb des Fahrzeuges an jeder beliebigen Position montiert werden können, sollte der Montageplatz mit Bedacht gewählt werden. Bei der Auswahl des Montageplatzes sollte man beachten, dass die beiden LEDs des Inverters sichtbar bleiben.

Auf jeden Fall ist darauf zu achten, dass sichergestellt ist, dass der Steckverbinder des PLUS+1 Inverters so positioniert ist, dass eventuelle Feuchtigkeit sich nicht sammelt sondern abfließt. Wird der Inverter vertikal montiert, sollte der Steckverbinder unten sein. Eine Zugentlastung für die Steuerleitungen sollte vorgesehen werden.

Für die Plattenversion des Inverters ist es empfehlenswert, dass der Inverter auf einer ebenen, unlackierten Fläche montiert wird, dass eine dünne Schicht wärmeleitenden Materials verwendet wird und dass die vier vorgesehenen Löcher verwendet werden. Die Montagefläche sollte auf einem möglichst großen Metallteil des Fahrzeuges liegen, um ausreichend zu kühlen und somit den maximalen Strom des Inverters zu ermöglichen. Die Montagefläche sollte folgende Anforderungen erfüllen:

Ebenheit = 0,1mm ▱ 0,1

Rauigkeit der Oberfläche Rz = 40µm

Für die Kühlrippenversion der Inverter ist ein Luftstrom von 3m/s durch den gesamten Querschnitt erforderlich.

14.2.2. Anschluss des Leistungsteils

Der Leistungsteil wird mittels Schrauben angeschlossen, die Anschlüsse sind gekennzeichnet mit "+, -" und "U, V, W". Eine weitere Schraube (nicht bei MI01 - MI03 Typen) ermöglicht das Anbringen einer Leistungssicherung direkt auf dem Invertergehäuse.

Die Verbindungen sollten mit flexiblen, wärmebeständigen Leitungen ausreichenden Querschnitts gemacht werden. Die Leitungen sollten mit gecrimpten Kabelschuhen versehen werden.

Die Inverter sind mit Stahlschrauben, -scheiben und –federringen versehen. Benutzen Sie keine weiteren Unterlagscheiben. Es ist sicher zu stellen, dass die Kabelschuhe direkt auf den Messinghülsen der Inverter aufliegen.

Anzugsmomente für die Leistungsanschlüsse:

Schraubengröße	Invertertyp	Anzugsmoment
M6	MI01, MI02, MI03	6 Nm
M8	MI04	9 Nm
M10	MI06....MI20	17 Nm

14.2. PLUS+1 Inverter Installationsrichtlinien (Fortsetzung)

14.2.2.1. Empfohlener Hauptschütz

Ein einpoliger, Ein-Aus-Schütz mit silberlegierten Kontakten, wie z.B. die SW Baureihe von Albright International Ltd. ist erforderlich, Zuordnung wie folgt:

Für Ströme bis 250A - SW 80
Für Ströme bis 400A - SW 180
Für Ströme oberhalb 400A - SW 200

Die Spule sollte für Dauerbetrieb ausgelegt sein.

Wenn Produkte anderer Hersteller eingesetzt werden, ist auf den Spulenstrom sowie die Anzugs- und Abfallverzögerungen zu achten, um ein ähnliches Betriebsverhalten zu gewährleisten.

Ist die Spule des Hauptschützes nicht mit C1p24 (Hauptschützausgang) des PLUS+1 Inverters verbunden, ist dieser nicht in der Lage in ernsthaften Fehlerfällen den Hauptschütz abzuschalten. Außerdem ist der Inverter nicht gegen Verpolung der Batteriespannung geschützt.

14.2.2.2. Empfohlene Hauptsicherung

Das von der Batterie kommende Hauptkabel sollte mit einer entsprechenden Schmelzsicherung versehen sein. Die Größe der Sicherung muss auf den Schutz der Verkabelung und des Motors abgestimmt sein. Für die genaue Auslegung sind die entsprechenden technischen Bestimmungen zu beachten. Aus Sicherheitsgründen ist der Einsatz gekapselter Sicherungen zu empfehlen, um das Herumfliegen von Einzelteilen im Falle eines Durchbrennens der Sicherung zu vermeiden.

14.3. PLUS+1 VERKABELUNGSHINWEISE

- Alle Leitungen müssen gegen mechanische Belastungen geschützt sein.
  Die Leitungen sollten in flexiblen Metall- oder Kunststoffschläuchen geführt werden.
- Verwenden Sie 85° C [185° F] Leitungen mit abriebfester Isolation.
  105° C [221° F] Leitungen sollten in der Nähe heißer Oberflächen verwendet werden.
- Verwenden Sie Querschnitte, die zu den Anschlüssen des Inverters passen.
- Die Leitungen zur Batterie sollten nebeneinander verlegt und so kurz wie möglich ausgeführt werden.
- Sorgen Sie für räumliche Trennung zwischen Hochstromleitungen und Sensorleitungen bzw. anderen störempfindlichen Eingangssignalen.
- Verlegen Sie Leitungen innerhalb oder möglichst nahe am metallischen Maschinengehäuse wo immer es möglich ist. Dies hat eine schirmende Wirkung und minimiert hochfrequente Abstrahlungen.
- Führen Sie Leitungen nicht entlang scharfer metallischer Kanten. Führen Sie die Leitungen durch geeignete Kabeldurchführungen beim Umrunden von Ecken und Kanten.
- Verlegen Sie die Leitungen nicht neben heißen Maschinenteilen.
- Gewährleisten Sie Zugentlastung für alle Leitungen.
- Vermeiden Sie es, Leitungen neben beweglichen oder vibrierenden Teilen zu verlegen.
- Vermeiden Sie längere freie Durchhänge ohne Unterstützung.
- Alle analogen Sensoren sollten aus der Stromversorgung des PLUS+1 Inverters gespeist und die Minusleitung zu einem Minuspin des Inverters zurückgeführt werden
- Sensorleitungen sollten verdrillt sein, etwa eine Umdrehung alle 10 cm (4 in).
- Kabelhalterungen die eine gewisse Bewegung des Kabels erlauben, sind gegenüber festen Halterungen zu bevorzugen.

14.4. SCHWEIßARBEITEN AN EINER MASCHINE, DIE MIT PLUS+1 MODULEN AUSGESTATTET IST

Folgendes ist zu beachten, wenn Schweißarbeiten an Fahrzeugen oder Maschinen ausgeführt werden, die mit PLUS+1 Baugruppen ausgestattet sind:

- Die Energiezufuhr muss abgeschaltet sein.
- Die Batterieanschlüsse sind von der Batterie zu trennen.
- Elektronische Bauteile wie die PLUS+1-Inverter dürfen keinesfalls zur Erdung des Schweißgerätes verwendet werden. Verbinden Sie die Masseleitung des Schweißgerätes so nahe wie möglich mit der zu schweißenden Stelle.

14.5. PLUS+1 USB/CAN GATEWAY

Die Kommunikation (Software Uploads und Downloads sowie die Arbeit mit Service- und Diagnosewerkzeugen) zwischen PLUS+1 Geräten und einem Personal Computer (PC) wird über das PLUS+1 CAN Netzwerk des Fahrzeuges aufgebaut.

Das PLUS+1 CG150 USB/CAN Gateway stellt ein Kommunikationsinterface zwischen dem USB Port eines PCs und dem CAN Bus des Fahrzeuges her. Angeschlossen an einem PC verhält sich das Gateway wie ein USB Slave. In dieser Anordnung erfolgt die nötige Stromversorgung des Gateways durch den PC. Es ist keine weitere Stromversorgung erforderlich.

Beachten Sie bitte das Dokument „**70100012** *CAN Bus Verdrahtungshinweise*" für detaillierte Informationen bezüglich des Anschlusses des CG150 an den Bus.

Beachten Sie das *PLUS+1 GUIDE Software User Manual* **10100824** für Informationen über Einstellungen des Gateways.
Beachten Sie das *CG150 USB/CAN Gateway Datenblatt* **520L0945** bezüglich der elektrischen Spezifikationen und der Pinbelegung.

14.6. INSTALLATIONS- UND INBETRIEBNAHMEHINWEISE

Das Arbeiten an elektrischen Anlagen kann potentiell gefährlich sein. Alle Tests, Fehlersuchen und Einstellarbeiten dürfen nur von fachkundigem Personal ausgeführt werden. Die Antriebsräder des Fahrzeuges sollten zunächst vom Boden angehoben sein und frei drehen können.

Bevor PLUS+1 Inverter ausgetauscht oder repariert werden, muss die Batterie abgetrennt sein.

Bevor an irgendwelchen Schaltungsteilen gearbeitet wird, empfiehlt es sich, die Batterie abzutrennen und zwischen die B+ und B- Anschlüsse des Inverters einen 10 Ohm, 25 Watt Widerstand zu legen, um die Zwischenkreiskondensatoren zu entladen.

Vermeiden Sie es, den Inverter mit der Batterie zu verbinden, solange deren Verschlusskappen offen sind, da wegen der inverterinternen Kapazitäten beim ersten Einschalten ein kleiner Lichtbogen entstehen kann. Tragen Sie jeweils fachgerechte Schutzausrüstung.

Wenn ein Inverter während des Ladevorgangs mit der Batterie verbunden ist, darf die Spannung nicht über den spezifizierten Maximalwert des Inverters ansteigen.

Notizen