Indel SAC-Drives

SAC-Drives mit Safety

Made in Switzerland

Rev 3.44 © Indel AG, 30.09.2022

Inhaltsverzeichnis

1 Sicherheitshinweise 5

1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise 5
1.1.1 Dokumentation 5
1.1.2 Qualifiziertes Personal 5
1.1.3 ESD-Schutz 5
1.1.4 Ausschalten 5
1.1.5 Schutz gegen Berühren elektrischer Teile 5
1.1.6 Impulssperre 6
1.1.7 Handhabung 6
1.1.8 Nicht erkannte Fehler 6
1.1.9 Maximale Bewegung im Fehlerfall 6

1.2 Sicherheitstechnische Auflagen 6
1.2.1 Gefahrenanalyse 7
1.2.2 Stopp-Kategorien 10
1.2.3 Realisierbare Sicherheitsfunktion für Indel Servo-Drives 10
1.2.4 Sicherheitsfunktionen 10
1.2.5 Sicherheits-Kriterien STO 11
1.2.6 EMV 11
1.2.7 Inbetriebnahme 11
1.2.8 Bestimmungsgemässe Verwendung 12
1.2.9 Betriebsdauer 12
1.2.10 Schutz gegen Umgehen auf einfache Weise 12
1.2.11 Verantwortlichkeit 12
1.2.12 Beschädigte Drives 12

2 Beschreibung 13

2.1 Typenschild 13

2.2 Positionsregler 13

3 Technische Daten 14

3.1 Technische Daten Indel Servo-Regler 14

3.2 Abmessungen 21

3.3 Installation 23
3.3.1 Montage 23
3.3.2 24V Spannungsversorgung 23
3.3.3 Kabelführung 23
3.3.4 Weitere Anschlüsse 24

3.4 Kühlung, Lüftung 25
3.4.1 Montage und Kühlung von SAC3x3-Drives 25

3.5 Netz, Netzanschluss 26
3.5.1 Netzformen 26
3.5.2 Schutzleiteranschluss (PE) 26
3.5.3 Netz-Filter 26

3.6 Zwischenkreis parallel schalten 27

3.7 Hochspannungsprüfung, Isolationswiderstandsprüfung 27

3.8 FI-Schutzschalter 27
3.8.1 Hinweise zu UL-Richtlinie 28
3.8.2 Motorüberlastschutz 28
3.9 Wartung, Reinigung, Reparatur 29
3.10 Transport, Lagerung 29

4 Sicherer Halt 30

4.1 Stopp-Funktionen nach EN 60204-1: 30
4.2 Handlungen im Notfall 30
4.3 Funktionsprinzip Sicherer Halt STO 31
4.4 Diagnosefunktionen 31
4.4.1 Diagnosefunktion im Servo-Drive 31
4.4.2 Diagnosefunktion im Feldbus-Controller 32
4.5 Reaktionszeiten 33

5 Steckerbelegung 34

5.1 Steckerbelegung SAC2-, SAC3-Drives 34
5.1.1 Stecker Anordnung SAC2-, SAC3-Drives 34
5.1.2 Motoren, Energieversorgung SAC Drives 35
5.1.3 Einspeisung, Encoder-Anschlüsse SAC Drives 35
5.1.4 Digitale IO's SAC-Drives 36
5.1.5 Serielle Schnittstelle SAC-Drives 37
5.2 Steckerbelegung SAC3x3-Drives 38
5.2.1 Motoren, Energieversorgung SAC3x3-Drives 39
5.2.2 Einspeisung, Encoder-Anschlüsse SAC3x3 Drives 40
5.2.3 Digitale IO's SAC3x3-Drives 40
5.2.4 Inkrementalgeber 41
5.2.5 Kombination der Feedback Systeme 41
5.2.6 Serielle Schnittstelle SAC3x3-Drives 43

6 Feldbus-Systeme 43

6.1 GinLink 43
6.2 Info-Link 45

7 Status-LEDs 46

7.1 SAC3 Indikator LEDs 46
7.2 SAC3 Fehler LEDs 47
7.3 Notsystem 50
7.4 Fehlermeldungen 50
7.5 Warnungen 50

8 Normen 51

9 Vertrieb und Service 51

9.1 Hersteller 51
9.2 Entsorgung 52

10 Weiterführende Dokumentationen 52

10.1 Handbücher ... **52**
10.2 Baumusterbescheinigung für SAC3-Drives ... **53**
10.3 Baumusterbescheinigung für SAC3x3-Drives ... **54**
10.4 Konformitätserklärung ... **55**

11 Anhänge (informativ) ... **56**

11.1 Anforderungen an Sicherheitsschaltgeräte ... **56**
11.2 Vorgehen für Risikoanalyse und -bewertung ... **57**
11.3 Abgrenzung der Maschine ... **57**
11.4 Identifizieren der Gefährdungen ... **58**
11.4.1 Beispiele von Gefährdungen ... *60*
11.5 Risikoeinschätzung ... **61**
11.6 Risikobewertung ... **63**
11.6.1 Beispiele Risikobewertung ... *63*
11.7 Risikominderung ... **64**
11.7.1 Beispiele Schutzmassnahmen zur Risikominderung ... *65*
11.8 Realisieren der Sicherheitsfunktionen ... **66**
11.8.1 Performance Level des Sicherheitssystems ... *66*
11.8.2 Mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall jedes Kanals (MTTFd) ... *66*
11.8.3 Diagnosedeckungsgrad DC ... *67*
11.8.4 Fehler gemeinsamer Ursache Common Cause Failure CCF ... *67*
11.9 Die Kategorien und deren Beziehung zur MTTFd jedes Kanals, DC und CCF ... **68**
11.9.1 Kategorie B ... *68*
11.9.2 Kategorie 1 ... *69*
11.9.3 Kategorie 2 ... *70*
11.9.4 Kategorie 3 ... *71*
11.9.5 Kategorie 4 ... *72*
11.9.6 Beziehung MTTFd, DC, PL und Kategorien ... *73*
11.9.7 Kombinieren von Sicherheitsgeräten ... *73*
11.10 Methoden zur Fehleranalyse ... **75**
11.11 Verifikation, Validierung der Sicherheitsfunktion ... **76**
11.11.1 Verifikation ... *76*
11.11.2 Validierung ... *76*
11.12 Technische Dokumentation ... **76**
11.13 Anschlussbeispiele ... **77**
11.13.1 STO mit verriegelter Schutztüre ... *77*
11.13.2 STO mit einem Sicherheitsschaltgerät ... *78*
11.13.3 STO mit Zustimmschalter ... *79*

12 Abbildungsverzeichnis ... **80**

1 Sicherheitshinweise

Rückfragen
Mit diesen Sicherheitshinweisen wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Bei Fragen und Problemen rufen Sie uns bitte an. (Tel. +41 44 956 20 00)

1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise

1.1.1 Dokumentation

Lesen Sie vor Installation und Inbetriebnahme diese Dokumentation sowie Dokumentationen auf die verwiesen wird, vollständig durch. Falsches Handhaben der Module kann zu Personen- oder Sachschäden führen. Halten Sie die technischen Daten und die Angaben zu den Anschlussbedingungen unbedingt ein.

1.1.2 Qualifiziertes Personal

Nur qualifiziertes Fachpersonal darf Arbeiten wie Transport, Montage, Installation, Inbetriebnahme, Service und Wartung ausführen.

Nationale Unfallverhütungsvorschriften sind zu beachten.

1.1.3 ESD-Schutz

Die Module beinhalten elektrostatisch gefährdete Bauelemente, die durch unsachgemässe Behandlung beschädigt werden können. Entladen Sie Ihren Körper bevor Sie die Module berühren. Vermeiden Sie Kontakt mit hochisolierenden Stoffen (Kunstfaser, Kunststoff-Folien, etc.). Legen Sie die Module im spannungslosen Zustand auf eine leitfähige Unterlage.

Kontakte von Steckverbinder am Drive und an angeschlossenen Kabeln, sowie Kontaktzungen an Leiterbahnen nicht berühren.

1.1.4 Ausschalten

Steuer- und Leistungsanschlüsse können Spannung führen, auch wenn sich der Motor nicht dreht. Nach Ausschalten der Betriebsspannung können Restspannungen während mehreren Minuten anliegen. Messen Sie die Zwischenkreisspannung und warten Sie, bis die Spannung unter 50V abgesunken ist.

Bei unzulässigem Entfernen der erforderlichen Abdeckungen, bei unsachgemässem Einsatz, bei falscher Installation, Bedienung oder Handhabung besteht die Gefahr von schweren Personen- oder Sachschäden.

1.1.5 Schutz gegen Berühren elektrischer Teile

Zum Betrieb der Servo-Drives ist es notwendig, dass bestimmte Teile Spannungen von mehr als 48V führen. Werden solche Teile berührt, kann es zu lebensgefährlichen elektrischen Schlägen kommen. Es besteht die Gefahr von Tod oder schweren gesundheitlichen oder materiellen Schäden.

Vor dem Einschalten eines Drives muss sichergestellt werden, dass das Gerät ordnungsgemäss mit dem PE-Leiter verbunden ist. Die Erdverbindung muss immer angebracht werden, auch wenn der Drive nur kurzzeitig in Betrieb gesetzt wird.

Vor dem Einschalten sind spannungsführende Teile mit mehr als 48V gegen mit geeigneten Massnahmen direktes Berühren abzusichern.

Anschlüsse können auch gefährliche Spannungen führen wenn sich der Motor nicht dreht. Das Berühren der Anschlüsse in eingeschaltetem Zustand ist deshalb verboten.

Vor Arbeiten am Drive ist dieser vom Netz zu trennen und gegen Wiedereinschalten zu sichern.

1.1.6 Impulssperre

Die Sicherheitsfunktion Safe Torque Off ist als sichere Impulssperre ausgeführt.

Nach Deakivieren der Impulssperre kann es je nach Applikation zu einem Wiederanlaufen des Antriebes kommen.

Das Aktivieren der Sicherheitsfunktionen ist nicht geeignet um den Drive spannungsfrei zu schalten.
Das aktivieren der Sicherheitsfunktionen bietet keinen Schutz gegen elektrischen Schlag.

1.1.7 Handhabung

Falsches handhaben des Drives kann zu schweren Personen- und Sachschäden führen.

1.1.8 Nicht erkannte Fehler

Nicht erkannte Fehler können zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen. Es sind geeignete Massnahmen zu ergreifen, um einen Fehlerausschluss für einen bestimmten Fehler zu rechtfertigen.

Es muss sichergestellt werden, dass ein einzelner Fehler nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt. (Für Sicherheitskategorie 3, SIL 2, PL d)

1.1.9 Maximale Bewegung im Fehlerfall

Es ist zu beachten, dass durch einen Mehrfachfehler in der IGBT Brücke ein kurzzeitiges Anrucken des Motors möglich ist. Der bei der Anruckbewegung auftretende maximale Drehwinkel der Motorwelle ist abhängig von der Polpaarzahl des verwendeten Motors.

Für permanenterregte Servomotoren (PM-Synchron-Motoren) gilt:

$$\varphi = \frac{360\,°}{2 * p}$$

φ Drehwinkel
p Polpaarzahl

Für Linearmotoren gilt:

$$d = \frac{P}{2}$$

d Distanz der Motor-Bewegung
P Polabstand

1.2 Sicherheitstechnische Auflagen

Bei der Installation und dem Betrieb von Indel Drives in Anwendungen mit sicherheitsgerichteter Abschaltung des Antriebs nach Stopp-Kategorie 0 oder 1 gemäss EN 60204-1 und fehlersicherem Schutz gegen Wiederanlauf gemäss EN ISO 13849-1 Kat.3/PL d sind alle Auflagen in diesem Handbuch sowie Auflagen auf die verwiesen werden zwingend einzuhalten.

Bei ununterbrochenem Betrieb müssen die Sicherheitsfunktionen in periodischen Abständen überprüft werden.

Häufigkeit des Testzyklus:

Die IEC 61800-5-2 2016 definiert neu folgende maximale zeitliche Abstände zwischen Testzyklen in Abhängikeit des sicherheitstechnisch benötigten PL und der Kategorie:

- Für SIL2, PL d Kategorie 3 mindestens 1 Test pro Jahr
- Für SIL3, PL e Kategorie 3 mindestens 1 Test alle 3 Monate
- Für SIL3, PL e Kategorie 4 mindestens 1 Test pro Tag

Die Indel Servo-Drives mit der Funktion STO sind nach den einschlägigen Normen entwickelt worden.

1.2.1 Gefahrenanalyse

Der Maschinenhersteller muss eine Gefahrenanalyse für die Maschine erstellen und geeignete Massnahmen treffen, sodass unvorhergesehene Bewegungen nicht zu Schäden an Personen oder Sachen führen können.

Es sind auch an anderen Stellen in diesem Dokument Hinweise auf mögliche Gefahren beschreiben. Sämtliche Hinweise auf Gefahren, Warnungen, Vorsichtsmassnahmen und Informationen müssen beachtet werden.

Nachlaufen

Wenn durch das Nachlaufen applikationsabhängig Gefahren entstehen, müssen zusätzliche Schutzmassnahmen (z. B. bewegliche Verdeckungen mit Zuhaltung) getroffen werden, die die Gefahrenstelle solange abdecken, bis keine Gefahr mehr für Personen oder Sachen besteht.

Es ist zu berücksichtigen, dass ohne mechanische Bremse oder defekte Bremse ein Nachlaufen des Antriebs möglich ist. Die Festhaltebremse wird von den Indel Servo-Drives nicht sicher angesteuert. (Active-Ausgang)

Bremswiderstand

Der Bremswiderstand wird von den Indel Servo-Drives nicht sicher angesteuert. Ein defekter oder nicht korrekt angeschlossener Bremswiderstand hat zur Folge, dass der Motor nicht in der erwarteten Zeitspanne stoppt. Dies kann im ungünstigen Fall zu Personen- und Sachschäden führen.

Schutz vor Verbrennungen

Die SAC3x3-Drives können am Kühlkörper bis zu 80°C heiss werden. Die SAC3x3-Drives sind mit folgendem Warnschild gekennzeichnet:

Abbildung 1: Warnhinweis "Heisse Oberfläche"

Die Oberfläche der SAC3-Drives bleibt unterhalb von 70°C.

Rest-Energie, Kondensatorentladung

Rest-Energie in den Zwischenkreis-Kondensatoren kann bis zu 5 Minuten nach Abschalten der Energieversorgung (Öffnen des Hauptschützen bzw. Motorschützen) erhalten bleiben. Es ist möglich mit dieser Rest-Energie den Motor zu bewegen. Werden zusätzliche externe Kondensator-Module verwendet, dauert es entsprechend länger, bis die Rest-Energie entladen ist.

Caution! Hazardous voltage remains for 5 minutes after removing main power supply.

Schutzabdeckungen

Zusätzlichen Schutzabdeckungen müssen entsprechend der für die Maschine geforderten Sicherheitskategorie gemäss EN ISO 13849-1 ausgelegt und integriert sein. Nach dem Auslösen des Anhaltebefehls muss je nach Gefährdung der Zugang so lange verriegelt (Zuhaltung) bleiben, bis der Antrieb zum Stillstand gekommen ist, oder es muss die Zugangs- bzw. Zugriffszeit ermittelt werden, um den daraus resultierenden Sicherheitsabstand einzuhalten.

Schutz vor gefährlichen Bewegungen

Durch fehlerhafte Ansteuerung von Motoren können ungewollte und gefährliche Bewegungen ausgelöst werden.

Ein solches Verhalten kann hervorgerufen werden durch z.B::

- Fehlerhafte Installation
- Fehlerhafte Konfiguration
- Fehlerhafte oder unvollständige Verdrahtung
- Defekte Geräte oder Kabel
- Fehlerhafte Ansteuerung durch die Software

Grundsätzlich ist nach dem Einschalten des Drives mit einer Bewegung des Motors zu rechnen. Ein Schutz von Personen und Maschine kann nur durch übergeordnete Massnahmen gewährleistet werden.

Der Bewegungsbereich von Maschinen ist gegen unbeabsichtigten Zutritt von Personen mit geeigneten Massnahmen zu schützen.

Das Entfernen, Überbrücken oder Umgehen von Sicherheitseinrichtungen ist strengstens verboten.

Leicht zugängliche Not-Aus Schalter sind in ausreichender Anzahl an der Maschine anzubringen.

Halten Sie während des Betriebes alle Abdeckungen und Schaltschranktüren geschlossen. Bei Berührung von spannungsführenden Teilen (z.B. Klemmen) besteht die Gefahr von Tod oder schweren gesundheitlichen oder materiellen Schäden.

Trennen Sie die elektrischen Anschlüsse der Module nie unter Spannung. In ungünstigen Fällen können Lichtbögen entstehen und Personen und Material wie Kontakte schädigen.

Hängende Lasten

Bei hängenden Lasten muss die Festhaltung der Achse mit zusätzlichen Massnahmen sichergestellt werden. Die Indel Servo-Drives bieten keine Ausgänge um Festhaltebremsen sicher ansteuern zu können. Haltebremsen bieten keinen Schutz beim Abbremsen des Motors.

Weitere Hinweise

Die Funktion Not-Halt, Not-Stopp muss nicht zwingend zum Abschalten der Energieversorgung führen. Es kann sein, dass Antriebe weiter in Betrieb gehalten werden. Ein Schutz vor Berührung von spannungsführenden Teilen ist dadurch nicht zwingend gewährleistet.

Positions-Schalter und Betätigunseinrichtungen sind gemäss EN1088 gegen Lageveränderung zu sichern.

Das Verhalten bei Stromausfall muss berücksichtigt werden.

Spannungsausfall der 24V Versorgung

Bei Spannungsausfall der 24V Spannungsversorgung am Drive kann der Motor austrudeln. Falls dies nicht zulässig ist, müssen

externe Massnahmen ergriffen werden um ein Austrudeln der Achse zu verhindern.

Spannungsausfall der 3x400V Versorgung

Bei Spannungsausfall der 3x400V Versorgung für die Motoren kann der Motor austrudeln. Sinkt die Zwischenkreisspannung U_{CC} unter die konfigurierte Limite $U_{CC\ MIN}$, geht die Motor-Regelung auf Fehler und der Motor wird spannungslos geschaltet.

1.2.2 Stopp-Kategorien

Indel Servo-Drives mit der Bestelloption STO können mit entsprechenden externen Sicherheitsschaltgeräten einen Stopp der Kategorie 0 oder 1 gemäss EN 60204-1 ausführen.

Hinweis zu den Stopp-Kategorien

Bei Stopp-Kategorie 0 kann die 24 V für die beiden Sicherheits-Relais auf dem Servo-Drive (nachfolgend sicherheitsgerichtete 24V-Spannungsversorgung genannt) unabhängig von den Sollwerten zu jedem Zeitpunkt abgeschaltet werden. Es ist zu beachten, dass der Motor in diesem Fall austrudelt.

Bei Stopp-Kategorie 1 muss folgender Ablauf eingehalten werden:

- Den Externe Enable ausschalten
  Der Drive löst die Bremsrampe selbständig aus, sofern dies korrekt konfiguriert wurde
- Das Sicherheitsschaltgerät trennt zeitverzögert die sicherheitsgerichtete 24V Spannungsversorgung für die beiden Sicherheitsrelais
- Verhindern von unbeabsichtigtem Wiederanlauf muss mit dem externen Sicherheitsschaltgerät gelöst werden.

1.2.3 Realisierbare Sicherheitsfunktion für Indel Servo-Drives

Bestellnummer	Option	Typ	Sicherheits-Kategorie
610838842	16A/STO	GIN-SAC3	1)
610838844	24A/STO	GIN-SAC3	1)
610838845	2.5A/STO	GIN-SAC3	1)
610838846	4A/230V/STO	GIN-SAC3	1)
610838848	5A/STO	GIN-SAC3	1)
610736940	5A/230V/STO	GIN-SAC3x3	1)
610941700	5A/400V/STO	GIN-SAC3x3	1)

1) Siehe Kapitel 1.2.4 Sicherheitsfunktionen und 1.2.5 Sicherheits-Kriterien STO

1.2.4 Sicherheitsfunktionen

EN 61800-5-2	**EN 60204-1**
STO (Safe Torque off)	Stop Kategorie 0 Abschalten der Energieezufuhr
SS1 (Safe Stop	Stop Kategorei 1 Einleiten einer aktiven Bremsung und Aktivierung der STO Funktion nach Ablauf einer definierten Zeit. 1)

1.2.5 Sicherheits-Kriterien STO

Kriterium	Kennwert
Max. Performance Level gem. EN ISO 13849	PL e, Kat. 4
Max. Safety integrity Level gem. IEC 62061	SIL 3
PFH (Probability of dangerous Failure per Hour)	2.47E-008
DC (Diagnostic Coverage)	99% (hoch)
CCF (Common Cause Failure)	30.00%
MTTFd (Mean Time To Failure dangerous)	100 Jahre

Eine detaillierte STO Schaltung ist im Kapitel 4.3 Funktionsprinzip Sicherer Halt STO zu finden.

1.2.6 EMV

Für EMV-gerechte Verdrahtung siehe Indel Verdrahtungs-Richtlinie, sowie Verdrahtungs-Anweisungen in diesem Dokument.

Der Hersteller von Maschinen bzw. Anlagen hat zusätzliche EMV-Schutzmassnahmen zu treffen,
falls die für seine Maschine zutreffende Produktnorm niedrigere Grenzwerte enthält. Bei Maschinen, die viele Indel Servo Drives enthalten, können ebenfalls zusätzliche EMV-Schutzmassnahmen erforderlich sein. Der Einbau eines zentralen Netzfilters ist in solchen Fällen meist ausreichend.

Beim Einsatz von Indel Servo Drives in Wohnbereichen oder beim Anschluss von Indel Servo Drives an ein Niederspannungsnetz, das ohne Zwischentransformatoren Gebäude in Wohnbereichen versorgt, müssen zusätzliche Massnahmen zur Filterung von Störungen implementiert werden.

Um EMV-Störungen zu reduzieren empfiehlt es sich direkt neben den Drives ein entsprechendes Filter zu platzieren, die Kabellänge zwischen Filter und Drives sollte nicht länger als 30cm sein.

1.2.7 Inbetriebnahme

Vor dem Einschalten eines Servo-Drives muss sichergestellt werden, dass das Gerät ordnungsgemäss mit dem Erdpotential verbunden ist. Die Erdverbindungen müssen in jedem Fall angebracht werden, auch wenn der Drive nur zu Versuchszwecken in Betrieb gesetzt wird.

Steuer- und Leistungsanschlüsse können Spannung führen, auch wenn sich der Motor nicht bewegt. Das Berühren der Anschlüsse in eingeschaltetem Zustand ist verboten.

Vor Arbeiten an den Servo-Drives sind diese vom Netz zu trennen und gegen wiedereinschalten zu sichern.

Es muss eine dokumentierte Inbetriebnahme und ein Nachweis der Sicherheitsfunktionen erfolgen.

Für Indel Servo-Drive Anwendungen mit sicherheitsgerichteter Abschaltung des Antriebs nach Stopp-Kategorie 0 oder 1 gemäss EN 60204-1 und fehlersicherem Schutz gegen Wiederanlauf gemäss EN ISO 13849 Kat. 3 sind grundsätzlich Inbetriebnahme Prüfungen der Abschalteinrichtung und der korrekten Verdrahtung durchzuführen und zu protokollieren.

Bei der Inbetriebnahme muss die Signalerkennung in die Funktionsprüfung mit aufgenommen werden. Der Zustand der Hilfskontakte der Sicherheits-Relais ist in den Actual-Parametern im Servo-Drive ersichtlich (Diese Anzeige ist nicht sicherheitsgerichtet).

1.2.8 Bestimmungsgemässe Verwendung

Die Indel Servo-Drives dürfen nur innerhalb der spezifizierten Angaben aus diesem Dokument und Dokumenten, auf die verwiesen wird, verwendet werden.

Die bestimmungsgemässe Verwendung ist solange untersagt, bis festgestellt wurde, dass die Maschine den Bestimmungen der EG-Richtlinie 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie) sowie der Richtlinie 2004/108/EWG (EMV-Richtlinie) entspricht, bzw. dem aktuellen Stand der erwähnten Richtlinien. Ansonsten dürfen die Indel Servo-Regler nicht in Verkehr gebracht werden.

Die Indel Servo-Drives sind zum Einbau in ortsfeste elektrische Maschinen/Anlagen bestimmt, diese Maschinen/Anlagen müssen die Maschinenrichtlinie, Niederspannungsrichtlinie sowie die EMV-Richtlinie erfüllen.

Indel Servo-Drives müssen in einem Schaltschrank eingebaut werden, der nur mit einem Werkzeug geöffnet werden kann. Die Drives müssen so eingebaut werden, dass keine spannungsführenden Teile berührt werden können.

Für einen Betrieb in explosionsgefärdeten Bereichen sind zusätzliche Massnahmen erforderlich, wie z.B. Druckfeste Kapselung gemäss EN 50014 und EN 50018.

1.2.9 Betriebsdauer

Spätestens 15 Jahre nach Auslieferung muss das Safety-Modul in den Indel Servo-Drives ausgetauscht werden. Bei einem Einsatz länger als 15 Jahre ist der sichere Betrieb nicht mehr gewährleistet. Dies gilt nicht nur die Betriebszeit, sondern auch für die Stillstandszeit und Lagerzeit.

1.2.10 Schutz gegen Umgehen auf einfache Weise

Es sind Massnahmen gegen Umgehen der Sicherheitsfunktionen gemäss EN ISO 13849-1 Kat.3/PL d vorzusehen.

1.2.11 Verantwortlichkeit

Die Servo-Drives sind grundsätzlich nicht ausfallsicher, insbesondere die Sicherheitsfunktionen. Bei einem Ausfall ist der Betreiber dafür verantwortlich, dass die Maschine/Anlage in einen sicheren Zustand geführt wird.

Sämtliche Diagnose- und Überwachungs-Funktionen können lediglich die Ansteuerung des Motors unterbrechen. Dies hat zur Folge, dass der Motor stromlos wird und nicht mehr kontrolliert, bzw. gebremst werden kann!

Je nach Anwendung ist es erforderlich zusätzliche Massnahmen zum Abbremsen oder Halten des Motors zu ergreifen.

Der Betreiber ist für die Sicherheit verantwortlich.

1.2.12 Beschädigte Drives

Beschädigte Drives dürfen unter keinen Umständen in Betrieb genommen werden. Dies kann zu schweren Personen- und Sachschäden führen.

2 Beschreibung

2.1 Typenschild

Abb 1: Typenschild

2.2 Positionsregler

PID-Regler

Dem Benutzer stehen 3 verschiedene PID2-Parametersätze (Vorwärts, Rückwärts, Stand-By) zur freien Verfügung. Damit kann auf Lastwechsel optimal eingegangen werden.

Rechenleistung

Der PowerPC 405-300MHz übernimmt im 8 ... 32kHz Takt folgende Aufgaben:

- PID-Lageregler, Geschwindigkeitsregelung, Wirkstromregelung
- 2. Sollwert: Drehmoment-Regelung
- Messrad-Korrektur (Inc-Geber)
- Begrenzung für: I_{MAX}, I^2t , Regler, Motor-Temperaturen
- Logger von 64 frei wählbaren Parametern
- Kundenspezifische Applikation

Positionserfassung

- Resolver: Ein- oder Mehrpolig, 16-Bit Auflösung pro Resolver-Umdrehung
- SinCos Geber: 4096 Perioden pro Umdrehung, 16-Bit Auflösung
- Inkrementalgeber: Bis zu 20'000 Inkremente (inkl. 4Q-Auflösung)
- SSI-, Endat-, Hiperface-Interface

Betriebssicherheit

Diverse Grössen der Servo-Drives werden ständig überwacht: Kurzschluss-Überwachungen schalten den Regler bei Motor- oder Masse-Schlüssen ab.

In den einzelnen Phasen schützen schnelle Überstromabschaltungen Motor und Endstufe. Diese greifen ein, wenn der Antrieb festsitzt oder ruckartig gestoppt wird.

Motor und Endstufe werden auf Übertemperatur überwacht.

3 Technische Daten

Die Einhaltung der Betriebs- und Umgebungsbedingungen sowie sämtlicher technischen Daten liegt in der Verantwortung des Benutzers. Indel lehnt jegliche Haftung bei Nichteinhaltung ab.

3.1 Technische Daten Indel Servo-Regler

Umgebungsbedingungen

Umgebungsbedingungen		SAC-Drives
Versorgungsspannung 1-phasiger Betrieb	VAC	1 x 110 … 230 ± 10%
Versorgungsspannung 3-phasiger Betrieb (nicht alle Servo-Drives sind bis 400VAC zugelassen)	VAC	3 x 110 … 400 ± 10%
Netzasymmetrie max.		± 3%
Netzfrequenz	Hz	50 / 60
Zwischenkreisspannung bei 230V Einspeisung	VDC	325
Überspannungs-Abschaltung bei 230V Einspeisung	VDC	400 ±5V
Zwischenkreisspannung bei 400V Einspeisung	VDC	565
Überspannungs-Abschaltung bei 400V Einspeisung	VDC	800 ±10V
Übertemperatur-Abschaltung	°C	80
Zulässige Netzarten mit geerdetem Sternpunkt		TT, TN
Einschaltintervall	S	> 10
Einschaltstrom	A	< 2
Umgebungstemperatur: Lager	°C	-20 … 80
Umgebungstemperatur: Betrieb [1)]	°C	0 … 40
Kühlkörpertemperatur max.	°C	80
Relative Luftfeuchtigkeit, keine Kondensation	°C	80.00%
Schutzart		IP-20
Verschmutzungsgrad		2 (EN 50178)
Überspannungskategorie		II (EN 50178)
Zulässige Aufstellhöhe ohne Leistungsreduzierung	müM	1000
Zulässige Aufstellhöhe mit Leistungsreduzierung	müM	2000 -1.0 % / 100m
Einbaulage		Vertikal, stehend
Vibration nach IEC 68-2-6 Amplitude, Frequenzgang	mm Hz	0.35 10 … 120
Schock	g	1
Störaussendung, Industriebereich		EN 61000-6-4
Störfestigkeit, mit Netzfilter, Industriebereich		EN 61000-6-2
Elektrische Sicherheit (Spannungsabstände)		EN 50178

1) Um die Umgebungstemperatur / Schaltschranktemperatur im Betrieb auf unter 40°C zu halten, sind allenfalls Belüftungs- und/oder Kühlungsmassnahmen nötig.

24V Speisung

Logik Speisung		GIN-SAC3	INFO-SAC3	INFO-SAC3x3	GINSAC3x3
Betriebsspannung, galvanische Trennung im Drive	VDC	24V -5% +15%			
Externe Absicherung, Flink	A	8			
Max Potential zwischen Erde und 0V	VDC	50			
Stromaufnahme an 24V	mA	480	380	500	400

Motor

Motor		SAC-Drives	SAC3x3-Drives
Minimale Induktivität	mH	1	1
Minimaler Widerstand	Ohm	0.2	0.2
Max. Leitungslänge bei Leitungslängen > 20m Drossel verwenden 0.5 … 1mH	m	20	20
Motor Überwachung (Bi-Metall Sensor muss in Motor-Kabel sein)		Bi-Metall KTX-84 100 / 110 PTC 10k GT2	KTX-84 100 / 110 PTC 10k GT2
Genauigkeit analoge Temperatur-Fühler	°C	± 2	± 2
Motor Kabel		geschirmt	geschirmt
Motor Nennspannung bei 230VAC Einspeisung, Minimum	VDC	325	325
Motor Nennspannung bei 400VAC Einspeisung, Minimum	VDC	565	565
Motortypen: - Bürstenlose Asynchronmotoren und Synchron-Servomotoren - DC-Motoren - Linear-Motoren Die Motoren müssen für Betrieb an digitalen Servo-Drives ausgelegt sein			

Absolut-Wegmesssysteme

Digitale Encoder		SAC-Drives
Endat 2.1		☑
Endat 2.2		a.A.
Synchron Serielles Interface, max. Telegramm-Länge	Bit	32
Hiperface		☑
Bizz		a.A.

An den Absolut-Wegmess Eingängen kann auch ein Inkrementalgeber angeschlossen werden.

Resolver

Resolver Eingänge		GIN-SAC3 INFO-SAC3	GIN-SAC3x3 INFO-SAC3x3
Auflösung	Bit	16	16
Referenz, Brückenschaltung	Vrms	4	4
Sinus/Cosinus Eingang	Vrms	2	2
Mehrpolige Resolver		☑	☑
Resolver Kabel		Paar-verdrillt doppelt geschirmt	

Inkrementalgeber

Inkrementalgeber können an unterschiedlichen Interfaces angeschlossen werden. Je nach Eingang werden entsprechende Pegel und Abtastraten unterstützt. Wir empfehlen Grundlegend den Einsatz eines Inkremental-Encoders mit RS422 Pegal nach heutigem Industriestandart.

Inkrementalgeber Eingänge		INFO-SAC3	GIN-SAC3	GIN-SAC3x3 INFO-SAC3x3
Pegel an Inkrementalgeber Eingängen		RS422[1] / 5V	RS422[1] / 5V	-
Max. Zählfrequenz Inkrementalgeber-Spur	MHz	2.5	2.5	-
Pegel an SinCos Eingängen		RS422[1]	RS422[1]	RS422[1]
Max. Zählfrequenz für Inkremental-geber an SinCos Eingang	kHz	250	250	250
Pegel an Absolut-Wegmesssystem		-	RS422[1]	RS422[1]
Max. Zählfrequenz für Inkremental-geber an Absolut-Wegmesssystem Ein-gängen	MHz	-	2.5	2.5
Spannungsversorgung für Encoder		5V / 200mA	5V / 200mA	5V / 200mA
Encoder Kabel		geschirmt	geschirmt	geschirmt

1) Gemäss RS422 Standard ist jeder Eingang mit einem 120 Ohm Widerstand abgeschlossen. Der Geber muss in der Lage sein diese Last treiben zu können.

SinCos Geber

Sin/Cos Eingänge		GIN-SAC3 INFO-SAC3	GIN-SAC3x3 INFO-SAC3x3
Pegel	Vrms	1	1
Differentieller Eingangswiderstand	Ohm	120	120
Max. Perioden / s [1), 2)]	kHz	200	200
Spannungsversorgung für Encoder		5V + 10% / 200-mA	5V + 10% / 200mA
Spannungsversorgung für Encoder		10V + 10% / 100mA	10V + 10% / 100-mA
Resolver Kabel		paar-verdrillt doppelt ge-schirmt	paar-verdrillt doppelt ge-schirmt

1) Analoge Eingänge: Die maximale Abtastrate für die analogen Eingänge beträgt 450kHz, bzw 250kHz mit Multiplexer.

2) Inkrementalgeber an Sin/Cos Eingang, siehe Tabelle „Inkrementalgeber“.

Digitale Ein- und Ausgänge

Digitale Ein- Ausgänge		GIN-SAC3	INFO-SAC3	INFO-SAC3x3	GINSAC3x3
Optokoppler-Ausgänge	V_{OFF}	48	48		
24V Ausgänge (kurzschlussfest)	V_{OUT}			18 … 32	18 … 32
Dauerstrom 24V Ausgänge	A	0.5	0.5	1	1
Extern Enable Eingang U_{ON}	V	18 … 32	18 … 32	18 … 32	18 … 32
Extern Enable Eingang I_{ON} @ 24V	mA	15	15	1	1
Digitale Eingänge U_{ON}	V			18 … 32	18 … 32
Digitale Eingänge I_{ON} @ 24V	mA			1	1
Eingangs-Filter	us	250	250	250	250
Schaltverzögerung Ausgänge	ms	2	2	0.5	0.5
Galvanische Trennung Ein- und Ausgänge		☑	☑	☐	☐

Sicherer Halt STO

Sicherer Halt STO (Stecker X100)		SAC-Drives
Elesta Relais		SIS 212
Speisung der 24V_R1 / 24V_R2	VDC	24 ± 10%
Nennstrom bei 24V (pro Relais)	mA	25
Schaltstrom (K1, K2)		5mA … 6A
Absicherung der Kontakte und Relais	A	6
Reaktionszeit t_{ON}	ms	10
Reaktionszeit t_{OFF}	ms	15
Lebensdauer, 24VDC/0.3A ohmsche Last (Schaltspiele)		10×10^6
Lebensdauer, 24VDC/6A ohmsche Last (Schaltspiele)		300'000
Prellzeit	ms	2 … 15

Versorgungsspannung, Nennströme SAC-Drives

Nenndaten GIN-SAC3 INFO-SAC3 INFO-SAC2		2.5A	5A	16A	24A	4A/230V
I_{NENN} bei 8kHz Abtastrate	Arms	2.5	5	16	24	4
I_{MAX} bei 8kHz Abtastrate	Arms	7.5	15	32	48	12
I_{NENN} bei 12kHz Abtastrate	Arms	2.1	4.2	13.7	20.6	4
I_{MAX} bei 12kHz Abtastrate	Arms	6.3	12.6	26.4	41.2	12
I_{NENN} bei 16kHz Abtastrate	Arms	1.8	3.7	12	18	3.4
I_{MAX} bei 16kHz Abtastrate	Arms	5.6	11.2	24	26	10.3
I_{NENN} bei 24kHz Abtastrate	Arms	1.5	3	9.6	14.4	3
I_{MAX} bei 24kHz Abtastrate	Arms	4.5	9	19.2	28.8	9
I_{NENN} bei 32kHz Abtastrate	Arms	1.2	2.5	8	12	2.4
I_{MAX} bei 32kHz Abtastrate	Arms	3.7	7.5	16	24	7.2
I_{MAX} Brems IGBT	Arms	7.5	15	32	48	12
Externer Bremswiderstand	Ohm	60	30	25	15	30
Einspeisung	VAC	110 … 400	110 … 400	110 … 400	110 … 400	110 … 230
Phasen		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Externe Absicherung, Auslöse-Charakteristik: Träge, C	A	6	10	25	40	10
Verlustleistung	W	30	60	180	200	30
Zwischenkreis-Kapazität	uF	160	240	590	590	720
Gewicht	Kg	2.4	2.5	4.1	4.1	2.4

Versorgungsspannung, Nennströme SAC3x3

Nenndaten [1] GIN-SAC3x3 INFO-SAC3x3		15A/230V	15A/400V [2]	15A/400V		
Anzahl Endstufen		3	3	3		
I_{NENN} bei 8kHz Abtastrate	Arms	15	15	7.5		
I_{MAX} bei 8kHz Abtastrate	Arms	21	21	10.5		
I_{NENN} bei 12kHz Abtastrate	Arms	12.9	12.9	6.5		
I_{MAX} bei 12kHz Abtastrate	Arms	20.5	20.5	10		
I_{NENN} bei 16kHz Abtastrate	Arms	11.2	11.2	5.6		
I_{MAX} bei 16kHz Abtastrate	Arms	18	18	9		
I_{NENN} bei 24kHz Abtastrate	Arms	9	9	4.5		
I_{MAX} bei 24kHz Abtastrate	Arms	14.4	14.4	7.2		
I_{NENN} bei 32kHz Abtastrate	Arms	7.5	7.5	3.8		
I_{MAX} bei 32kHz Abtastrate	Arms	12	12	6		
Einspeisung	VAC	110 … 230	110 … 400	110 … 400		
I_{MAX} Brems IGBT	Arms	24	24	24		
Externer Bremswiderstand	Ohm	15	30	30		
Phasen		1,3	1,3	1,3		
Externe Absicherung, Auslöse-Charakteristik: Träge, C	A	20	20	20		
Verlustleistung	W	120	250	120		
Zwischenkreis-Kapazität	uF	1410	940	940		
Gewicht	Kg	4.2	4.2	4.2		

1) Gilt für alle Drives
Die Drives können 5s lang mit I_{MAX} betrieben werden.

Jede einzelne Endstufe der SAC3x3 kann die Ströme in der Tabelle liefern. Die Summe der Ströme von allen 3 Endstufen kann die Werte in der Tabelle nicht übersteigen.

Bei Abtastraten über 12kHz können nicht mehr alle 3 Endstufen der SAC3x3 Drives betrieben werden, da die Rechenleistung nicht mehr reicht.

Die Stromreduktions-Werte bei höheren Abtastraten sind lediglich Richtwerte, sie können je nach Applikation variieren.

2) Spezifikationen nur mit zusätzlicher Belüftung des Kühlkörpers erreichbar.

3.2 Abmessungen

Abmessungen INFO-SAC3 / GIN-SAC3

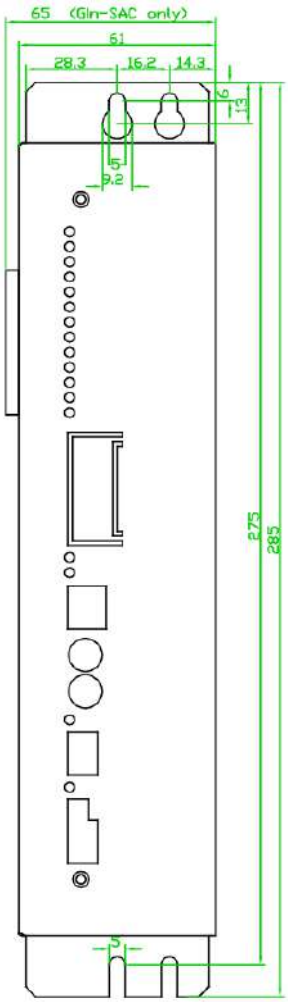


Abb 2: SAC 2.5A, 4A/230V

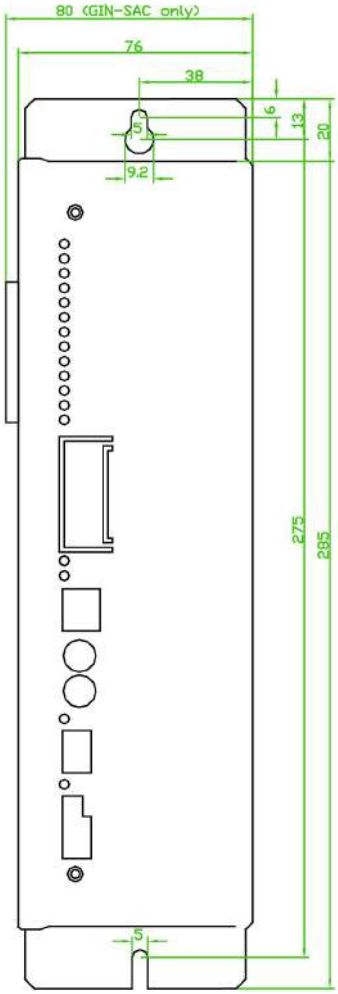


Abb 3: SAC 5A

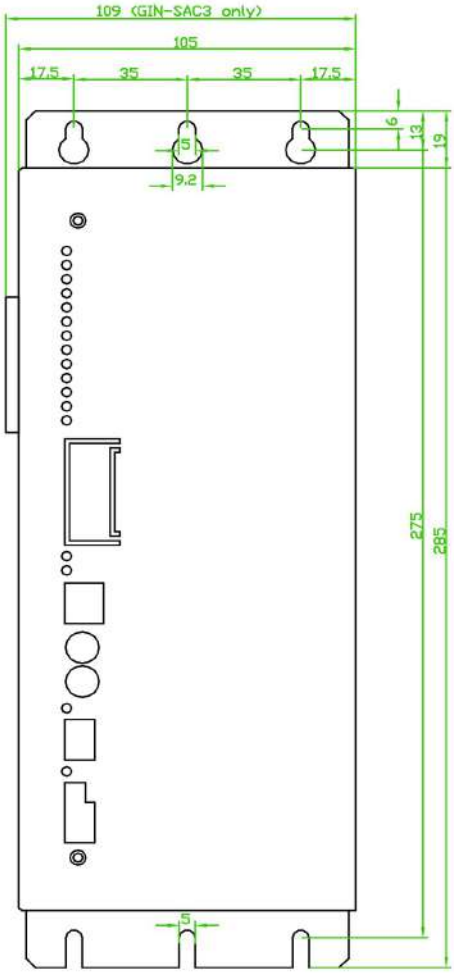


Abb 4: SAC 16/24A

GIN-SAC3	2.5A	GIN-SAC3	5A	GIN-SAC3	16A / 24A
GIN-SAC3	4A/230V	INFO-SAC3	5A	INFO-SAC3	16A / 24A
INFO-SAC3	2.5A				
INFO-SAC3	4A/230V				

Abmessungen INFO-SAC3

Version	Breite x Tiefe x Höhe		
2.5A	61 x 168 x 285 mm		
4A/230V	61 x 168 x 285 mm	4A/230V	65 x 168 x 285 mm
5A	76 x 168 x 285 mm	5A	80 x 168 x 285 mm
16A	105 x 168 x 285 mm	16A	109 x 168 x 285 mm
24A	105 x 168 x 285 mm	24A	109 x 168 x 285 mm

Abmessungen GIN-SAC3

Version	Breite x Tiefe x Höhe
2.5A	65 x 168 x 285 mm
4A/230V	65 x 168 x 285 mm
5A	80 x 168 x 285 mm
16A	109 x 168 x 285 mm
24A	109 x 168 x 285 mm

Der Abstand zwischen den einzelnen Servo-Drives ist je nach Auslastung und Luftzufuhr den Gegebenheiten anzupassen. Ein minimaler Abstand von 10mm muss jedoch in jedem Fall eingehalten werden.

Abmessungen GIN-SAC3x3 / INFO-SAC3x3

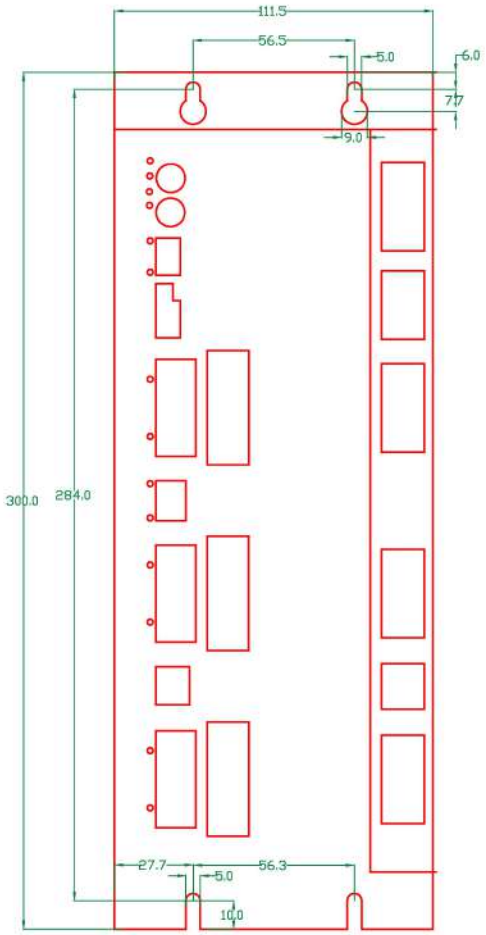


Abb 5: SAC3x3
Tiefe: 175mm

Der Abstand zwischen den einzelnen Servo-Drives ist je nach Auslastung und Luftzufuhr den Gegebenheiten anzupassen. Ein minimaler Abstand von 10mm muss jedoch in jedem Fall eingehalten werden.

3.3 Installation

3.3.1 Montage

Die Montage muss gemäss Dokumentation und mit geeigneten Werkzeugen erfolgen. Die Montage der Geräte darf nur im spannungsfreien Zustand erfolgen. Bei Verdrahtungsarbeiten am Drive ist der Schaltschrank gegen Wiedereinschalten zu sichern. Die nationalen geltenden Unfallverhütungsvorschriften sind einzuhalten. Die elektrische Installation ist gemäss nationalen Vorschriften (Leiterfarben, -Querschnitte, Absicherungen, Schutzleiteranschluss, usw.) auszuführen.

3.3.2 24V Spannungsversorgung

Kartenspeisung

Für die Kartenspeisung wird eine geregelte 24V Speisung mit genügend Reserve-Leistung empfohlen. Die 24V Speisung muss mit einem Netzfilter versehen werden.

Versorgung der sicherheitsgerichteten Abschaltung

Die Versorgung der sicherheitsgerichteten 24V Spannungsversorgung muss den maximalen Strom auf 6A begrenzen.

Bei Spannungsausfall der 24V Spannungsversorgung am Drive kann der Motor austrudeln. Falls dies nicht zulässig ist, müssen externe Massnahmen ergriffen werden um ein Austrudeln der Achse zu verhindern.

3.3.3 Kabelführung

Kabelführung der sicherheitsgerichteten Abschaltung

Für Anwendungen mit sicherheitsgerichteter Abschaltung des Antriebs nach Stopp-Kategorie 0 oder 1 gemäss EN 60204-1 und fehlersicherem Schutz gegen Wiederanlauf gemäss EN ISO 13849 Kategorie 3 der Servo-Regler müssen die Energieleitungen und die sicherheitsgerichtete 24V-Spannungsversorgung in getrennten Kabeln verlegt werden. Das Kabel für die sicherheitsgerichtete 24 V-Spannungsversorgung muss zur Vermeidung von Spannungen wie folgt ausgeführt sein:

- Geschirmte Kabel verwenden
- Den Schirm beidseitig auflegen (Siehe Indel Verdrahtungs-Richtlinie)
- Verlegung der Kabel in metallischen Kabelkanälen oder Rohren
- Die maximale Leitungslänge auf 100 m begrenzen

Kabelführung

Motorleitung müssen getrennt von Signal- und Netzleitung verlegt werden. Motorleitungen nicht über Klemmen führen, falls nötig metallische Steckverbinder verwenden. Der Schirm muss im Stecker rundum kontaktierend befestigt werden.

Siehe auch INDEL-Verdrahtungsrichtlinie und INDEL-Aufbaurichtlinie.

Geschirmte Leitungen

Die Signale des Resolvers und SinCos-Interfaces sind äusserst störanfällig, deshalb müssen diese Leitungen mit einem paarverdrillten und doppelt abgeschirmten Kabel verlegt werden.
Die INC-Geber und die serielle Schnittstelle sowie Motorkabel sind unbedingt mit geschirmten Leitungen zu verlegen!

Die Geberkabel dürfen nicht aufgetrennt werden, um über Klemmen in den Schaltschrank zu gelangen. Die D-SUB Stecker der Geberkabel müssen am Drive festgeschraubt werden.

Das Schirmgeflecht der Geber- und Motorkabel muss mindestens 85% der Fläche bedecken. Bei Umgebungen mit erhöhten EMV-Störungen müssen Schirmgeflechte mit höherer Deckung verwendet werden.

Schirme müssen immer beidseitig aufgelegt werden.

Das Motor-Kabel muss geschirmt verlegt werden. Es ist ein vier-adriges Kabel mit Erdleiter zu verwenden.

Für den Temperatur-Fühler muss ein abgeschirmtes Kabel verwendet werden. Es ist sicherzustellen, dass der verwendete Temperatur-Fühler eine ausreichende Isolierung zur Motorwicklung besitzt.

Potentialausgleich

Alle Schirme immer beidseitig auflegen. Um ungewollte Ableitströme über die Schirmung zu vermeiden, muss gegebenenfalls ein Potentialausgleichsleiter vorgesehen werden, insbesondere bei grösseren Distanzen oder bei verschiedener Einspeisung. Siehe "Indel Verdrahtungs-Richtlinie".

Schirmschiene

Im Schaltschrank muss eine Schirmschiene vorgesehen werden, auf die alle geschirmten Kabel aufgelegt werden. Metallische Stecker mit Rundumkontaktierung des Schirms eignen sich ebenfalls für die Kabel-Einführung.

Die Servo-Regler müssen gut leitend auf die Montageplatte montiert werden. Alle geschirmten Kabel müssen beidseitig

aufgelegt sein.

Steckverbindungen

Unterbrüche in den Resolver- und Motorkabeln bei der Schrankeinführung o.ä. sollten durch metallische Steckverbindungen und nicht durch Klemmenverbindungen ausgeführt werden. Damit wird gewährleistet, dass die Schirmung der Kabel nicht unnötig unterbrochen wird.

3.3.4 Weitere Anschlüsse

Ein- Ausgänge

Die zusätzlichen digitalen Ein- und Ausgänge dürfen nur innerhalb des Schaltschrankes verdrahtet werden. Wird die Verkabelung länger als 1m, müssen diese Ein- und Ausgänge ebenfalls geschirmt verlegt werden.

Motortemperatur

Die Motortemperatur kann wahlweise mit einem Bi-Metall Schalter (T-Switch) im Motor oder mit einem NTC (MTemp) gemessen werden. Der Bi-Metall Schalter darf nur mit den Motorenleitungen verdrahtet werden. Der NTC darf nur in den Resolverleitungen verdrahtet werden. (Isolationsklasse beachten!)

3.4 Kühlung, Lüftung

Es muss mit geeigneten Massnahmen und Mitteln dafür gesorgt werden, dass die Temperatur im Schaltschrank nicht über das spezifizierte Maximum ansteigt. Dazu sind Lüfter oder Klimageräte an geeigneten Stellen im Schaltschrank zu platzieren.

Indel lehnt jegliche Haftung aufgrund von ungenügender Kühlung und der daraus entstehenden Übertemperatur im Schaltschrank ab!
Die Einhaltung der Betriebs- und Umgebungsbedingungen liegt in der Verantwortung des Benutzers.

Wenn Klimageräte verwendet werden, ist darauf zu achten, dass durch zu tiefe Temperaturen keine Kondensation entsteht.

Nur gut abgedichtete Schaltschränke verwenden um zu vermeiden, dass verschmutzte Umgebungsluft in den Schaltschrank dringt.

Es sollte vermieden werden, dass die ausströmende kalte Luft aus dem Klimagerät direkt an die Gehäusewand eines Servo-Drives geblasen wird. Dies kann im ungünstigsten Fall, insbesondere bei hoher Luftfeuchtigkeit zu Kondensation im inneren des Gerätes führen.

3.4.1 Montage und Kühlung von SAC3x3-Drives

Beim SAC3x3 ist der Kühlkörper freistehend hinten am Regler montiert. Dies ermöglicht eine Montage des Reglers, bei welcher der Kühlkörper hinten aus dem Schaltschrank ragt. Somit kann die Wärmequelle des Leistungsteils gezielt aus dem Schaltschrank entfernt werden. Dadurch wird der zusätzliche Temperaturanstieg innerhalb des Schaltschrankes durch den SAC3x3 verringert. Wenn immer möglich sollte der SAC3x3 auf diese Art und Weise montiert werden.

Steigt die Kühlkörper-Temperatur von SAC3x3-Drives über 70°C an muss der Kühlkörper zusätzlich belüftet werden. Dazu kann der vorhandene Lüfteranschluss, wie in Abb 6 zu sehen ist, verwendet werden. Der Anschluss für den Lüfter befindet sich unterhalb des SAC3x3 neben dem X100 Stecker. An diesem PWM Ausgang kann direkt ein beliebiger 24V Lüfter angeschlossen werden. Die maximale Strombelastbarkeit beträgt 2A. Der Lüfter kann mittels 2-Poliger Kabelbuchse im 2.54mm Rastermass angeschlossen werden.

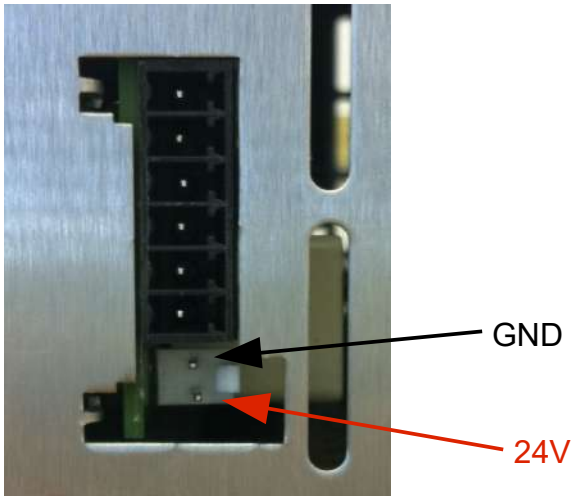


Abb 6: Lüfteranschluss SAC3x3

3.5 Netz, Netzanschluss

3.5.1 Netzformen

Der Betrieb der Indel Servo-Regler ist nur an geerdeten TN-, TT-Netzen erlaubt.

Der Betrieb an Delta-Netzen (TN-S Netze mit geerdeter Phase) oder IT-Netzen (isolierte Erde) ist nicht erlaubt. Für einen Betrieb an Netzen ausser TN oder TT ist ein Trenntransformator einzusetzen, wobei der sekundärseitige Sternpunkt geerdet werden muss.

3.5.2 Schutzleiteranschluss (PE)

Der Schutzleiter muss gemäss EN 61800-5-1 ausgelegt werden:

Querschnitt der Aussenleiter [mm^2]	Mindestquerschnitt des entsprechenden Schutzerdungsleiters S_p [mm^2]
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 16$	16
$35 < S$	S/2

Tabelle 1

Schutzleiter, die nicht Bestandteil eines Kabels sind, müssen einen Mindestquerschnitt von 4mm2 aufweisen.

3.5.3 Netz-Filter

Die Leistungs-Einspeisung muss mit einem Filter versehen werden. Der optimale Filter und die Platzierung muss evtl. mit einer Emissions-Messung bestimmt werden, da die ausgestrahlten Störungen unter anderem von der Motorkabel-Länge abhängig sind. Ohne richtig dimensionierten Filter kann das Produkt hochfrequente Störungen verursachen.

3.6 Zwischenkreis parallel schalten

Der Betrieb der Indel Servo-Regler ist nur an geerdeten TN-, TT-Netzen erlaubt. Der Betrieb an Delta-Netzen (geerdete Phase) oder IT-Netzen (isolierte Erde) ist nicht erlaubt.

Die Zwischenkreise verschiedener Drives dürfen miteinander verbunden werden. Jedoch nur bei Zwischenkreise mit gleicher Spannung und maximal 5 Drives.

Auf den SAC3-Drives sind im Regler zwei 0.033 Ohm (4W) Widerstände vorhanden, die Ausgleichsströme zwischen den einzelnen Drives im Zwischenkreis limitieren.

Auf den SAC3x3-Drives sind keine Widerstände im Zwischenkreis vorhanden. Werden die Zwischenkreise der SAC3x3-Drives miteinander verbunden müssen externe Widerstände montiert werden um Ausgleichsströme zu limitieren.

Die Zwischenkreise von einphasig gespiesenen Drives dürfen nur verbunden werden wenn alle Drives an der gleichen Phase angeschlossen sind. Ansonsten erhöht sich die Zwischenkreisspannung und die Drives werden zerstört!

3.7 Hochspannungsprüfung, Isolationswiderstandsprüfung

Am Netzanschluss und am Motoranschluss der Drives darf auf keinen Fall eine Hochspannugsprüfung oder eine Isolationswiderstandsprüfung durchgeführt werden, ansonsten wird der Drive zerstört.

3.8 FI-Schutzschalter

Es dürfen nur allstromsensitive FI-Schutzschalter Typ B verwendet werden.

Weiterführende Dokumentation

Siehe auch INDEL-Verdrahtungsrichtlinie und INDEL-Aufbaurichtlinie.

3.8.1 Hinweise zu UL-Richtlinie

UL-Sicherungen und Leitungsquerschnitte

Der Regler benötigt eine Absicherung in der Zuleitung. Nur UL-approbierte Sicherungen und Sicherungshalter verwenden. Auslösecharakteristik "K".

Regler	Schmelz-Sicherung *A*	Leitungs-querschnitt *mm²*	*AWG*
SAC-2.5A	5	1	17
SAC-4A	10	1	17
SAC-5A	10	1	17
SAC-16A	25	6	9
SAC-24A	25	6	9

Hersteller von UL-approbierten Schmelzsicherungen:

- FS Ferraz Shawmut
- Limitron KTK von Bussmann

Nur UL-approbierte Kupfer-Leitungen für 75°C verwenden.

3.8.2 Motorüberlastschutz

Motorüberlastschutz

Ein externer Motorüberlastschutz muss vom Anwender bereitgestellt werden.

Ein zusätzlicher Überlastschutz für Motoren mittels Temperaturfühler in der Feldwicklung ist vorgesehen. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders, diesen Überlastschutz anzuwenden.

I²t-Abschaltung

Ein zusätzlicher Schutz gegen Überlastung des Motors bietet die I²t Abschaltung. Siehe dazu „Drive-Inbetriebnahme-Manual.pdf“

Bremswiderstand

Der Bremswiderstand muss gegen thermische Überlast gesichert sein. Am Bremswiderstand können Spannungen von bis zu 800V entstehen. Der Bremswiderstand muss dafür ausgelegt sein.

Die Ansteuerung des Bremswiderstandes ist nicht sicher ausgeführt.

3.9 Wartung, Reinigung, Reparatur

Die Indel Servo Drives sind wartungsfrei. Bei Öffnen des Gehäuses erlischt jegliche Gewährleistung.

Gehäuse nicht tauchen oder ab sprühen. Bei Verschmutzung im inneren des Gerätes: Reinigung durch den Hersteller.

Reparaturen dürfen nur durch autorisiertes Fachpersonal durchgeführt werden. Bei unbefugten Eingriffen erlischt jede Gewährleistung durch Indel AG.

3.10 Transport, Lagerung

Bei Lagerung bis zu 12 Monaten: keine Einschränkung.

Bei Lagerung von mehr als 12 Monaten müssen die Kondensatoren vor der Inbetriebnahme des Servo-Drives neu formiert werden. Trennen Sie dazu alle elektrischen Anschlüsse und speisen Sie an L1 / L2 während 20 min. 230V AC ein.

Bitte Umweltbedingungen für Lagerung beachten: unzulässige Beanspruchungen wie mechanische Belastung, Temperatur, Feuchtigkeit, aggressive Atmosphäre vermeiden.

4 Sicherer Halt

Hinweise aus Kapitel 1. Sicherheitshinweise sind bindend.

4.1 Stopp-Funktionen nach EN 60204-1:

Kategorie 0: Sicherer Halt, Sichere Anlaufsperre

Stillsetzen durch sofortiges Ausschalten der Energiezufuhr zu den Maschinenantrieben (d.h. ein ungesteuertes Stillsetzen)

Kategorie 1: Sicheres Stillsetzen

Ein gesteuertes Stillsetzen, wobei die Energiezufuhr zu den Maschinenantrieben beibehalten wird, um das Stillsetzen zu erzielen und die Energiezufuhr erst dann unterbrochen wird, wenn der Stillstand erreicht ist. Z.B. nach einer definierten Zeit.

Kategorie 2: Sicherer Betriebshalt

Ein gesteuertes Stillsetzen, bei dem die Energiezufuhr zu den Maschinenantrieben erhalten bleibt. Die Bremsrampe wird überwacht und der Stillstand wird überwacht.

4.2 Handlungen im Notfall

Not-Halt, Not-Stopp

NOT-HALT muss entweder entsprechend Stopp-Kategorie 0 oder Stopp-Kategorie 1 funktionieren.
Die Wahl der Stopp-Kategorie des NOT-HALT ist abhängig von den Ergebnissen einer Risikobeurteilung der Maschine. Siehe auch EN ISO 14121-1, EN 13850.

Zusätzlich zu den Anforderungen für Stopp gelten für die NOT-HALT-Funktion folgende Anforderungen:

- sie muss gegenüber allen anderen Funktionen und Betätigungen in allen Betriebsarten Vorrang haben
- die Energiezufuhr zu den Maschinenantrieben, die eine gefahrbringende Situation (gefahrbringende Situationen) verursachen können, muss ohne Erzeugung anderer Gefährdungen entweder unverzüglich unterbrochen werden (Stopp-Kategorie 0) oder so gesteuert werden, dass die gefahrbringende Bewegung so schnell wie möglich angehalten wird (Stopp-Kategorie 1)
- das Rücksetzen darf keinen Wiederanlauf einleiten.

Not-Aus

NOT-AUS sollte vorgesehen werden, wo:

- **Schutz gegen direktes Berühren** (z. B. mit Schleifleitungen, Schleifringkörpern, Schaltgeräten in elektrischen Betriebsräumen) nur durch Abstand oder Hindernisse erreicht wird oder
- es die Möglichkeit anderer Gefährdungen oder Beschädigungen durch elektrische Energie gibt.

NOT-AUS wird durch das Abschalten der entsprechenden Energieeinspeisung mit **elektromechanischen Schaltgeräten** erreicht, mit der Folge einer Stopp-Kategorie 0 der an diese Energieversorgung angeschlossenen Maschinenantriebe. Wenn für eine Maschine diese Stopp-Kategorie 0 nicht zulässig ist, kann es notwendig sein, andere Massnahmen vorzusehen, z. B. Schutz gegen direktes Berühren, sodass NOT-AUS nicht notwendig ist. Siehe auch EN 60204.

4.3 Funktionsprinzip Sicherer Halt STO

Der sichere Halt auf den Indel Servo-Drives ist mit einer „Sicheren Impuls-Sperre“ realisiert.

Blockschaltbilder sichere Impuls-Sperre

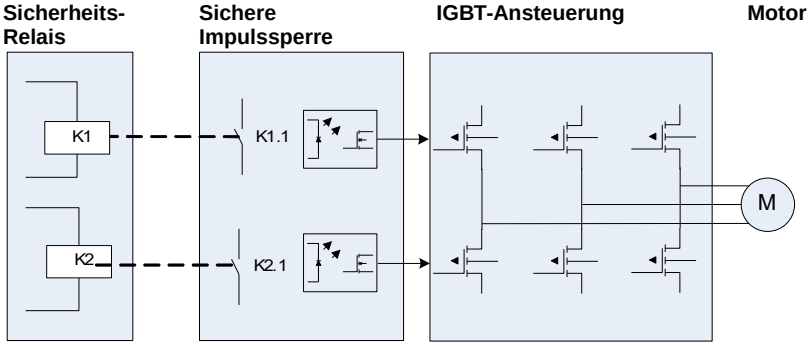


Abb 7: Funktionsprinzip Sicherer Halt

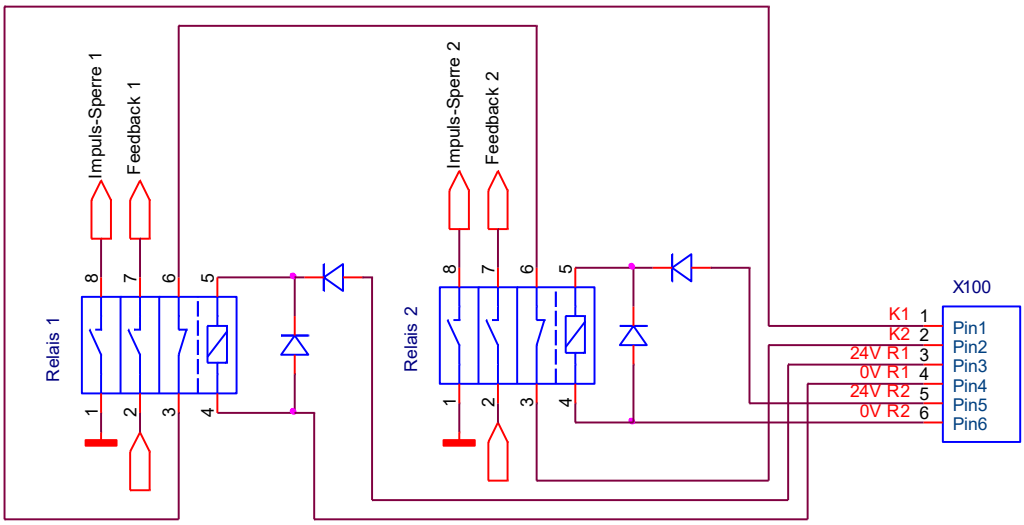


Abb 8: Sicherer Halt

Die beiden Impuls-Sperren wirken jeweils auf die oberen, bzw. unteren IGBTs.

Der Zustand der beiden Sicherheitsrelais kann über entsprechende nicht sichere Variablen eingesehen werden. Alle Kontakte von Relais 1 und Relais 2 sind zwangsgeführt.

Der Zustand der beiden Sicherheitsrelais muss von der Anwendersoftware überwacht werden. Wird ein unzulässiger Zustand erkannt, muss die Software die Leistungsversorgung trennen (Hauptschütz oder Motorschütz)

Querschlüsse zwischen 24V_R1 und 24_R2 müssen ausgeschlossen werden.

Pinbelegung X100

1	K1		Hilfskontakt
2	K2		Hilfskontakt
3	24V_R1	Speisung	Relais 1
4	0V_R1		Gnd Relais 1
5	24V_R2	Speisung	Relais 2
6	0V_R2		Gnd Relais 2

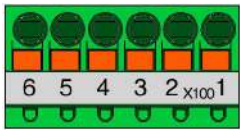


Abb 9: Stecker X100

4.4 Diagnosefunktionen

4.4.1 Diagnosefunktion im Servo-Drive

Die beiden Hilfskontakte der Sicherheitsrelais werden im Servo-Drive ausgewertet. Die beiden Kontakte dürfen während max. 50ms einen unterschiedlichen Zustand aufweisen.

Bei unterschiedlichen Schalterstellungen wird die Regelung deaktiviert und ein entsprechender Fehler angezeigt.

Wird der Drive aktiviert, ohne dass die Sicherheitsrelais angezogen sind, wird ein Fehler ausgegeben.

Im Feldbus-Controller muss eine geeignete Software die Energieeinspeisung unterbrechen.

4.4.2 Diagnosefunktion im Feldbus-Controller

Reglerfreigabe testen

Im Feldbus-Controller muss eine Testung der Reglerfreigabe implementiert werden:

- Beide Relais R1, R2 ausschalten, danach den Regler aktivieren und versuchen den Motor zu bewegen.
- Relais R1 einschalten und versuchen den Motor zu bewegen (Alternative: Blindstrom einprägen, mit Strommessung testen.)
- Relais R2 einschalten und versuchen den Motor zu bewegen (Alternative: Blindstrom einprägen, mit Strommessung testen.)

Während der Testung der Reglerfreigabe ist auch die Plausibilität der Hilfskontakte von R1, R2 zu überprüfen.

Falls sich der Motor während der Reglerfreigabe-Testung bewegen lässt,
oder die Plausibilität der Hilfskontakte einen Fehler anzeigt, liegt ein Defekt in der Sicherheitsfunktion vor.

In diesem Falle darf der Servo-Drive nicht mehr in Betrieb genommen werden!
Dies muss durch die Applikations-Software sichergestellt werden.

4.5 Reaktionszeiten

Reaktionszeiten bei Anforderungen der Sicherheitsfunktion

Die Reaktionszeit der Sicherheitsfunktion ist im Gesamtsystem zu betrachten:

- Ansprechzeit der Sensoren wie Lichtvorhang, Endschalter unsw.
- Verzögerung der Eingänge auf dem Sicherheitsschaltgerät
- Interne Verarbeitungszeit des Sicherheitsschaltgerätes
- Verzögerungszeit Extern Enable auf SAC-Drive
- Zeitverzögerung für STO Kategorie 1
- Verzögerungszeit Sicherheitsrelais auf SAC-Drive
- Verzögerungszeit durch weitere Baugrueen

Reaktionszeiten bei anfordern der Sicherheitsfunktion			
Verzögerungszeit Sensor	ms	…	t_{SF}
Verzögerungszeit Eingangsstufe von Sicherheitsschaltgerät	ms	…	t_{INP}
Verarbeitungszeit im Sicherheitsschaltgerät	ms	…	t_{SSD}
Verzögerungszeit für STO (applikationsabhängig)	ms	…	t_D
Abfallen der Safety Relais	ms	15	t_{SIS}
Weitere Verzögerungszeiten	ms	…	t_N

Zeit für Stillsetzen = $t_{SF} + t_{INP} + t_{SSD} + t_D + t_{SIF} + t_N$

Reaktionszeiten im Fehlerfall

Die Diagnosefunktionen im Servo-Drive und im Feldbus Controller können die Energieversorgung mit nicht sicheren Ausgängen abschalten.

Reaktionszeiten im Fehlerfall			
Verzögerungszeit Eingangsstufe der Hilfskontakte	ms	0.25	t_{CON}
Reaktionszeit Servo-Drive (Worst case: 8kHz)	ms	0.13	t_{SD}
Verzögerung Vergleich beider Kontakte	ms	50	t_C
Feldbus Übertragung (Worst case: 1kHz)	ms	1	t_{FB}
Verarbeitungszeit im Feldbus Controller (Worst case)	ms	1	t_{FC}
Verzögerungszeit für STO (applikationsabhängig)	ms	…	t_D
Verzögerungszeit digitaler Ausgang	ms	0.2	t_{OUT}
Abfallen der Schützenkontakte	ms	…	t_{PS}

Zeit für Stillsetzen = $t_{CON} + t_{SD} + t_C + t_{FB} + t_{FC} + t_{FB} + t_{OUT} + t_D + t_{PS}$

5 Steckerbelegung

Sämtliche Stecker an den Drives dürfen nur im Stromlosen Zustand ein- bzw. ausgesteckt werden.
Nach dem Abschalten der Energie-Versorgung können während 5 Minuten noch Restspannungen bestehen bleiben!

Motor-, Netz-, Ballast- und Zwischenkreisstecker führen Spannungen grösser als 50V.

5.1 Steckerbelegung SAC2-, SAC3-Drives

5.1.1 Stecker Anordnung SAC2-, SAC3-Drives

SAC 2.5A, SAC 4A/230V, SAC 5A

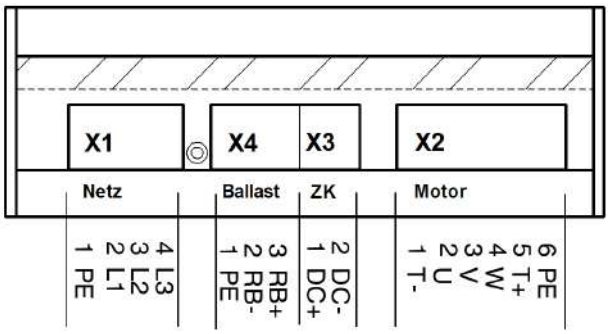


Abb 10: Steckerbelegung 1

Steckerbelegung SAC 16A, SAC 24A

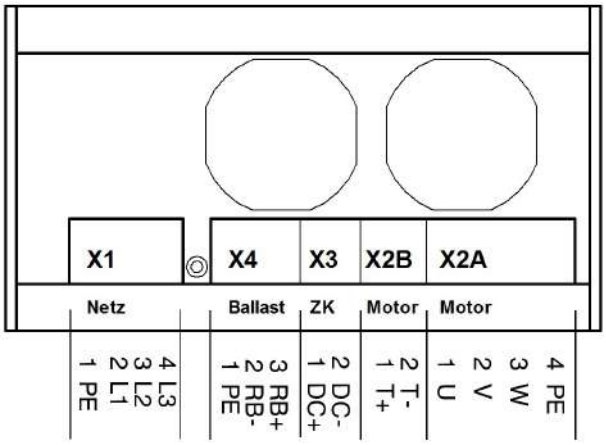


Abb 11: Steckerbelegung 2

5.1.2 Motoren, Energieversorgung SAC Drives

SAC 2.5A, SAC 4A/230V, SAC 5A

X1	1	I	PE	Erde
Netz	2	I	L1	Phase 1
	3	I	L2	Phase 2
	4	I	L3	Phase 3
X2	1	I	T -	Temperatur Switch (Bi-Metall)
Motor	2	O	U	Wicklung U
	3	O	V	Wicklung V
	4	O	W	Wicklung W
	5	I	T +	Offen Übertemperatur Zu Ok
	6	O	PE	Erde
X3	1	O	DC +	Zwischenkreis U_{CC} +
Zwischenkreis U_{CC}	2	O	DC -	Zwischenkreis U_{CC} -
X4	1	I	PE	Erde
Ballastwiderstand	2	I	RB -	Ballastwiderstand -
	3	I	RB +	Ballastwiderstand + (entspricht U_{CC} +)

SAC 16A, SAC 24A

X1	1	I	PE	Erde
Netz	2	I	L1	Phase 1
	3	I	L2	Phase 2
	4	I	L3	Phase 3
X2A	1	O	U	Wicklung U
Motor	2	O	V	Wicklung V
	3	O	W	Wicklung W
	4	O	PE	Erde
X2B	1	I	T -	Temperatur Switch (Bi-Metall)
Temperatur Sensor	2	I	T +	Offen Übertemperatur Zu Ok
X3	1	O	DC +	Zwischenkreis U_{CC} +
Zwischenkreis U_{CC}	2	O	DC -	Zwischenkreis U_{CC} -
X4	1	I	PE	Erde
Ballastwiderstand	2	I	RB -	Ballastwiderstand -
	3	I	RB +	Ballastwiderstand + (entspricht U_{CC} +)

O: Output
I: Input

5.1.3 Einspeisung, Encoder-Anschlüsse SAC Drives

X15	1	I	24V	24V Einspeisung

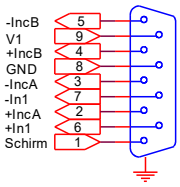
Speisung

2	I	0V	Ground
3	I	+ En	Extern Enable Eingang + (24V DC)
4	I	- EN	Extern Enable Eingang - (Ground)
5	O	+ O	Ausgang 1
6	O	- O	Ausgang 1
7	O	+ Act	Ausgang 0 (Aktive)
8	O	- Act	Ausgang 0

X100
Safety
Siehe auch: Kap. 4.3

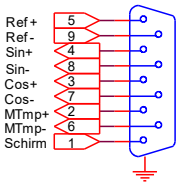
1	O	K1	Hilfskontakt
2	O	K2	Hilfskontakt
3	I	24V_R1	Speisung Relais 1
4	I	0V_R1	Gnd Relais 1
5	I	24V_R2	Speisung Relais 2
6	I	0V_R2	Gnd Relais 2

X12
Inkrementalgeber
D-Sub 9-polig
Female



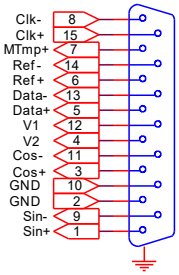
V1 = 5V DC

X13
Resolver
D-Sub 9-polig
Female



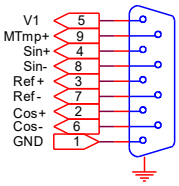
X14A

SinCos Interface
D-Sub 15-polig
Female



V1 = 5 VDC
V2 = 5 VDC oder 10VDC
Bei allen SAC3-Drives gibt es auf der Seite des Gehäuses einen Jumper, mit diesem Jumper kann die Spannung an V2 auf 5 VDC oder auf 10 VDC eingestellt werden.
Wichtig: Für 5V Versorgung Pin 12 verwenden, für 10V Versorgung Pin 4 verwenden! Siehe Seite 40

X14B
SinCos Interface
D-Sub 9-polig
Female

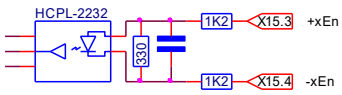


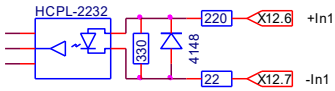
V1 = 5 VDC

Unterbrüche in den Resolver- und Motorkabeln bei der Schrankeinführung o.ä sollten durch metallische Steckverbindungen und nicht durch Klemmenverbindungen ausgeführt werden.

5.1.4 Digitale IO's SAC-Drives

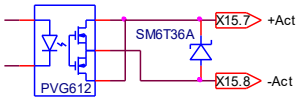
Extern Enable:





Inkrementalgeber Eingänge:
A, B, Nullimpuls

Ausgang 0 (Active):
Ausgang 1

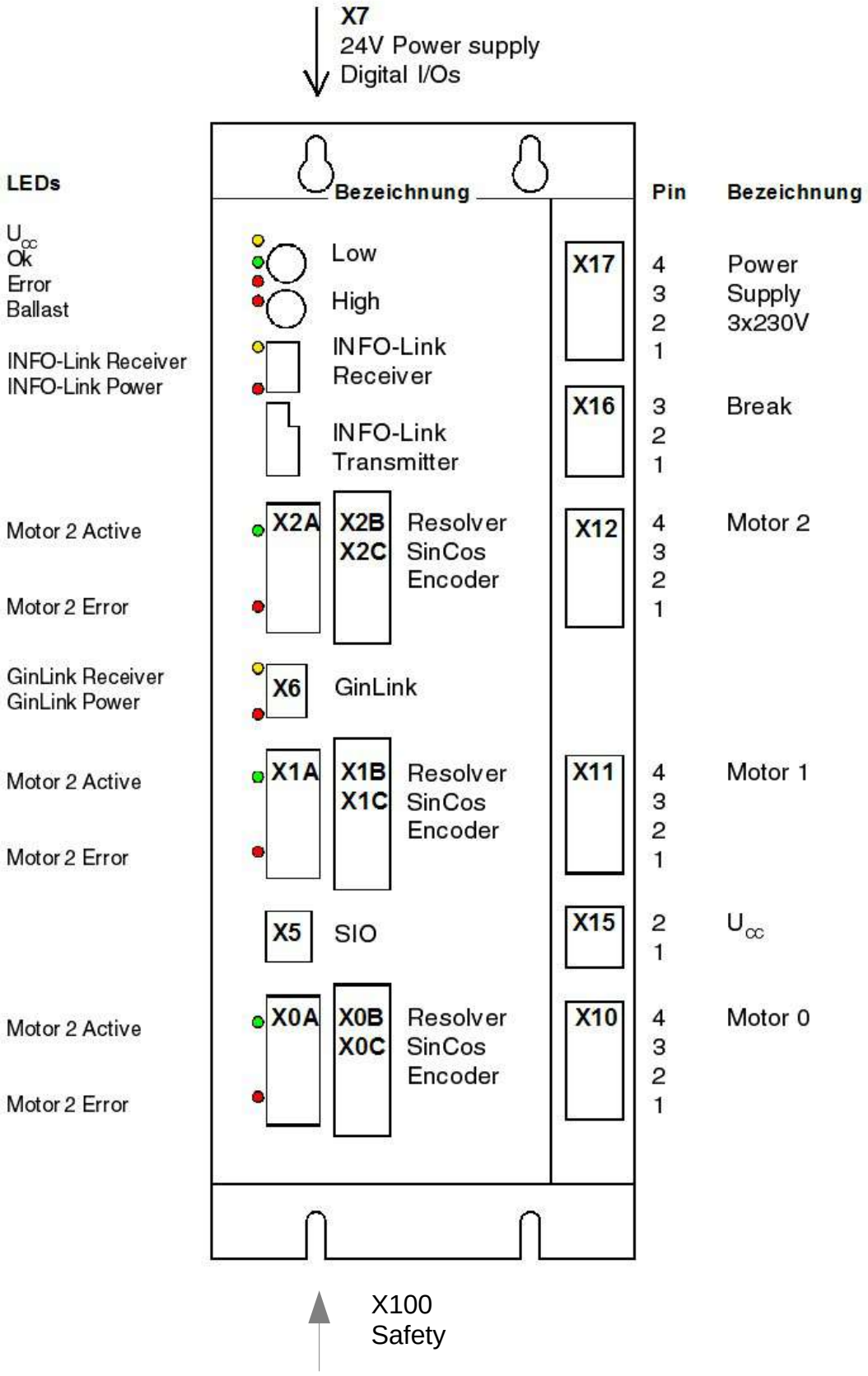


5.1.5 Serielle Schnittstelle SAC-Drives

X5, SIO

SAC-Drive		**SAC-Drive**	**Kabel**		**PC (9-pol Stecker)**
Pin 1	nc			nc	Pin 1
Pin 2	Rx	Eingang		Rx	Pin 2
Pin 3	Tx	Ausgang		Tx	Pin 3
Pin 4	DTR	Ausgang		DTR	Pin 4
Pin 5	Gnd			Gnd	Pin 5
Pin 6	DSR	Eingang		DSR	Pin 6
Pin 7	nc			nc	Pin 7
Pin 8	nc			nc	Pin 8
Pin 9	nc			nc	Pin 9
Gehäuse	Schirm			Schirm	Gehäuse

5.2 Steckerbelegung SAC3x3-Drives



5.2.1 Motoren, Energieversorgung SAC3x3-Drives

X10	1	I	PE	Erde
Motor 0	2	O	U	Wicklung U
	3	O	V	Wicklung V
	4	O	W	Wicklung W
X11	1	I	PE	Erde
Motor 1	2	O	U	Wicklung U
	3	O	V	Wicklung V
	4	O	W	Wicklung W
X12	1	I	PE	Erde
Motor 2	2	O	U	Wicklung U
	3	O	V	Wicklung V
	4	O	W	Wicklung W
X15	1	O	DC +	Zwischenkreis U_{CC} +
Zwischenkreis U_{CC}	2	O	DC -	Zwischenkreis U_{CC} -
X16	1	I	PE	Erde
Ballastwiderstand	2	I	RB -	Ballastwiderstand -
	3	I	RB +	Ballastwiderstand + (entspricht U_{CC} +)
X17	1	I	PE	Erde
Netz	2	I	L1	Phase 1
	3	I	L2	Phase 2
	4	I	L3	Phase 3
X100	1	O	K1	Hilfskontakt
Safety	2	O	K2	Hilfskontakt
Siehe auch: Kap. 4.3	3	I	24V_R1	Speisung Relais 1
	4	I	0V_R1	Gnd Relais 1
	5	I	24V_R2	Speisung Relais 2
	6	I	0V_R2	Gnd Relais 2

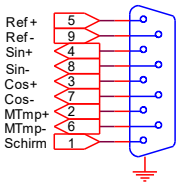
O: Output
I: Input

5.2.2 Einspeisung, Encoder-Anschlüsse SAC3x3 Drives

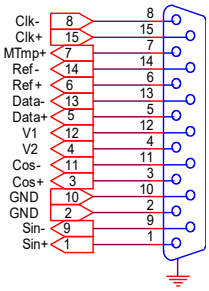
X7
Speisung

1	I	24V	24V Einspeisung
2	I	0V	Ground
3	I	IN 3	Input 3
4	I	IN 2	Input 2
5	I	IN 1	Input 1
6	I	Ext En	Extern Enable Eingang (24VDC)
7	O	OUT 3	Output 3
8	O	OUT 2	Output 2
9	O	OUT 1	Output 1
10	O	Active	Drive Aktive / Output 0
11	I	24V Dout	Speisung der 24V Ausgänge
12	I	0V Dout	Ground der 24V Ausgänge

X0A, X1A, X2A
Resolver
D-Sub 9-polig
Female



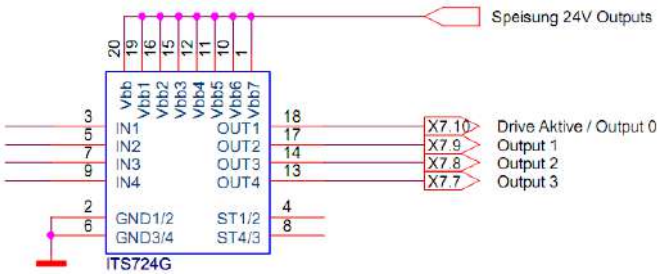
X0C, X1C, X2C
SinCos Interface
D-Sub 15-polig
Female



V1 = 5V DC
V2 = 10V DC

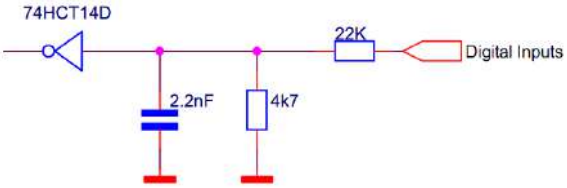
5.2.3 Digitale IO's SAC3x3-Drives

Digital Outputs:



In dem Motoren Config-File kann das “Achse Aktive“ Flag und “I cmd“ Flag den Outputs zugewiesen werden.

Digital Inputs / Extern Enable:



5.2.4 Inkrementalgeber

Der SAC3x3 bietet kein eigenes Interface mehr für Inkrementalgeber. Diese können jedoch an der SinCos oder Absolut-Wegmesssystem Schnittstelle angeschlossen und betrieben werden. Wir empfehlen den Anschluss an die Absolut-Wegmess Schnittstelle, da dort wesentlich höhere Abtastraten erreicht werden als bei der SinCos Schnittstelle.

Inkrementalgeber an SinCos Eingängen

X.A, X.C	+IncA = Cos+
Anstelle von SinCos	-IncA = Cos-
Gebern können auch	+IncB = Sin+
Inkrementalgeber	-IncB = Sin-
verwendet werden	+Ref = Ref+
	-Ref = Ref-

Inkrementalgeber an Absolut-Wegmess Eingängen

An den Eingängen für das Absolut-Wegmess-System können auch Inkrementalgeber an-geschlossen werden.	+IncA = Clk+
	-IncA = Clk-
	+IncB = Data+
	-IncB = Data-
	+Ref = Ref+
	-Ref = Ref-

Damit können wesentlich höhere Signal-Frequenzen erreicht werden, siehe dazu:
Kap. 3.1 Technische Daten Indel Servo-Regler, Unterkapitel: Inkrementalgeber

Unterbrüche in den Resolver- und Motorkabeln bei der Schrankeinführung o.ä sollten durch metallische Steckverbindungen und nicht durch Klemmenverbindungen ausgeführt werden.

Der Extern Enable wirkt auf alle Achsen gleichzeitig.

5.2.5 Kombination der Feedback Systeme

Beim SAC3x3 kann am Interface XB/XC Nur ein Feedbacksystem betrieben werden. Das heisst entweder ein SinCos oder ein Inkrementalgeber.
Eine Kombination eines der Systeme mit einem Resolver ist hingegen möglich.

Single-Ended Inkrementalgeber

Falls Single-Ended Inkrementalgeber verwendet werden, wird eine zusätzliche Pegelanpassung benötigt. Der Anschluss muss zwingend an der Absolut-Wegmess Schnittstelle erfolgen. **Wir empfehlen jedoch generell die Verwendung von Inkrementalgeber mit RS422 Interface nach heutigem Industriestandart.**

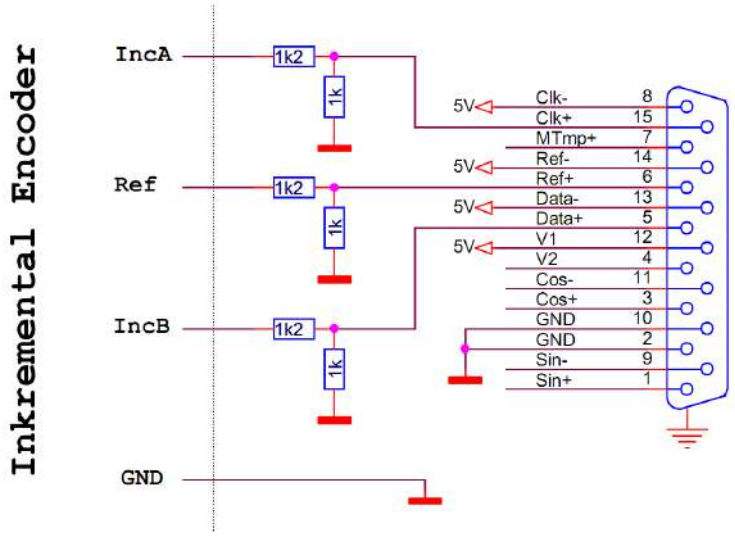


Abb 12: Anschlussbeispiel 24V Single-Ended Inkremental Encoder

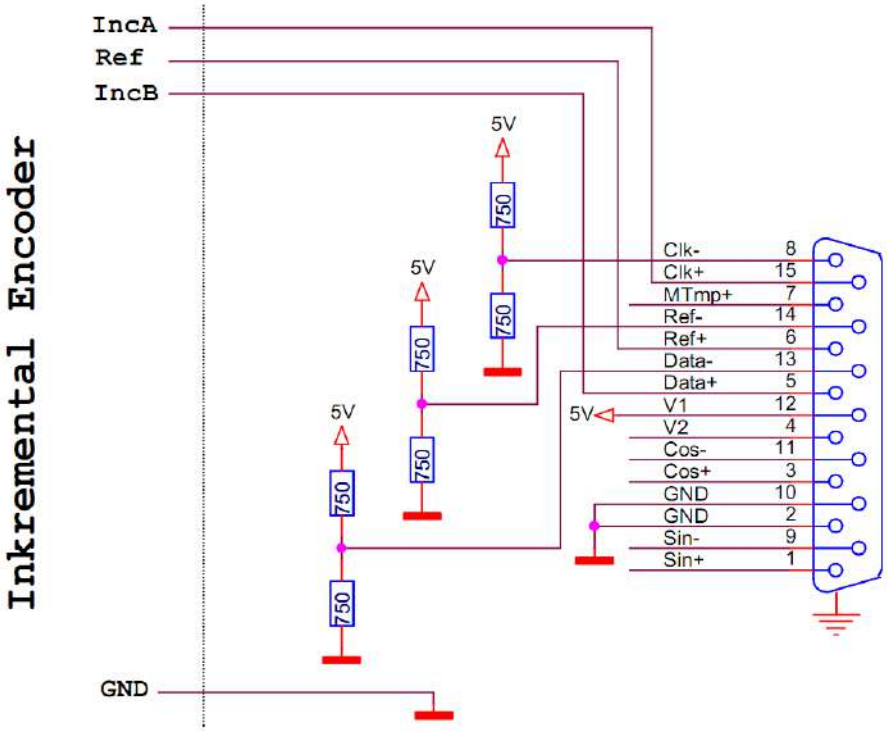


Abb 13: Anschlussbeispiel 5V Single-Ended Inkremental Encoder

5.2.6 Serielle Schnittstelle SAC3x3-Drives

X5, SIO	RJ-45					
Norm	**SAC3x3**		**SAC3x3**	**Kabel**		**PC (9-pol Stecker)**
Pin 1	-				nc	Pin 1
Pin 2	Pin 1	Tx	Ausgang	→	Rx	Pin 2
Pin 3	Pin 2	Rx	Eingang	←	Tx	Pin 3
Pin 4	Pin 3	DTR	Ausgang	↘↗	DTR	Pin 4
Pin 5	Pin 4	DSR	Eingang	↗↘	DSR	Pin 6
Pin 6	Pin 5	Gnd		↔	Gnd	Pin 5
Pin 7	Pin 6	nc			nc	Pin 7
Pin 8	-				nc	Pin 8
					nc	Pin 9
					Schirm	Gehäuse

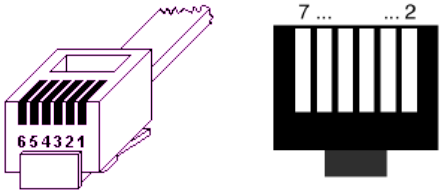
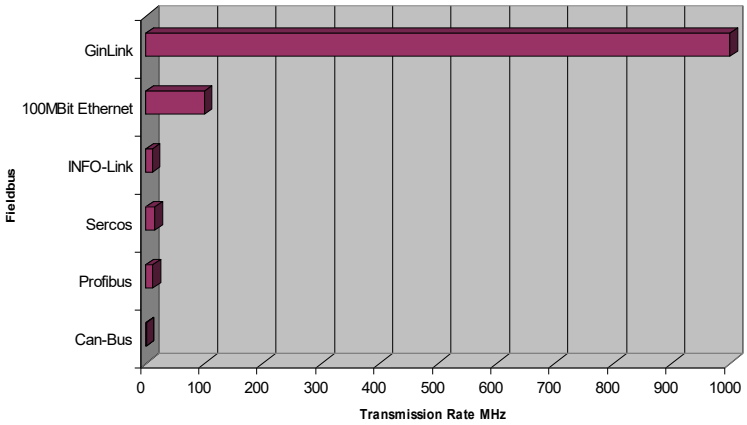


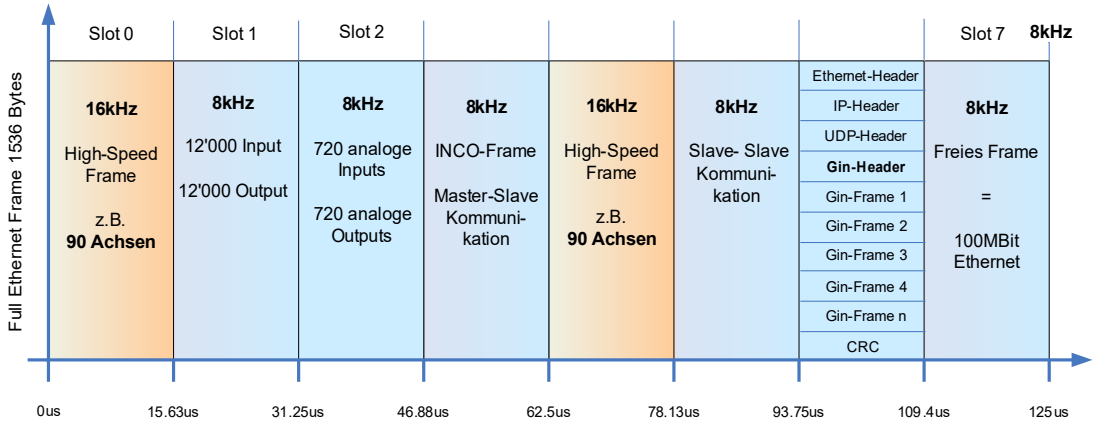
Abb 14: RJ Stecker

6 Feldbus-Systeme

6.1 GinLink



- GHz Fieldbus, max. 32kHz cycle time
- Ethernet, bis zu 100m Segment Länge
- GinLink-Frames verpackt in Ethernet Frames
- Standard Ethernet Frames: Kameras PowerLink, EtherCat
- Deterministische Übertragung
- Jitter <70ns



	Anzahl	Sampling-Rate	Daten
Axes	90	16kHz	4 x 32 Bit
Digital Inputs	12000	8kHz	1 Bit
Digital Outputs	12000	8kHz	1 Bit
Analog Inputs	720	8kHz	16 Bit
Analog Outputs	720	8kHz	16 Bit
Kommunikation			
Slave to Master	1	8kHz	11.5 MByte/s
Slave to Slave	1	8kHz	11.5 MByte/s
Standard Ethernet Frames	2	8kHz	23.0 MByte/s

6.2 Info-Link

Adressierung

S1,S2 (HI,LO) Adr. (Y0,0X)	Achse (Kanal)	mit 2. Messsystem (Kanal)
0x00 ... 0x03	0 ... 3	
0x10 ... 0x13	4 ... 7	
...		
0x70 ... 0x73	28 ... 31	
0x80, 0x82	0, 2	1, 3
0x90, 0x92	4, 6	5, 7
...		
0xF0, 0xF2	28, 30	29, 31

Ein zweites Messsystem (z.B. Inkrementalgeber) kann direkt in den Regelalgorithmus integriert werden. Wird zur aktuellen Achsennummer 0x80 addiert, (Drehschalter Y0 um 8 erhöhen) meldet sich das zweite Messsystem jeweils auf der nächst folgenden Kanalnummer.

In diesem Zusammenhang sind für den Regler nur gerade Adressen zulässig, so dass der Inc-Geber immer auf eine ungerade Adresse zu liegen kommt.

LEDs am Receiver Modul

Power (rot)	+5V Speisung
Rec (gelb)	INFO-Link Receiver-Signal OK
Rec (gelb)	blinkende gelbe LED: INFO-Link Diagnose eingeschalten.

LEDs
Die Funktion der restlichen LEDs auf der Frontplatte sind ab Seite 10 beschrieben.

Jumper

Die Jumper beeinflussen die Leuchtstärke der Sende-LED und damit die Segmentlänge des Fiberkabels bis zur nächsten Karte.

Segment-Länge	Jumper-Position
0 ... 10 m	kein Jumper
8 ... 30 m	>10 m
20 ... 50 m	>30 m

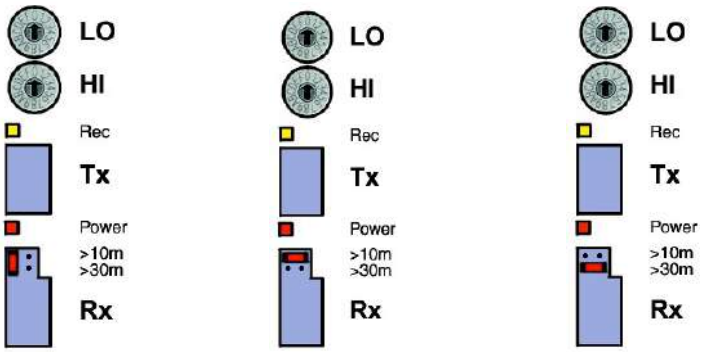


Abb 15: Kein Jumper, 10m Jumper, 30m Jumper

7 Status-LEDs

7.1 SAC3 Indikator LEDs

Active
Motorregelung aktiv (Out 0)
Externe Freigabe vorhanden (Ext En, INP-0). Endstufe EIN, Motor unter Strom und Positions-Regelung auf Active oder Simulation. Tritt ein Fehler auf, verlässt der Regler den Zustand aktiv.

Output
Mode Stromreduzierung aktiv (Out 1)

In dieser Betriebsart begrenzt der Regler den maximalen Strom auf I_{RED}.

Extern Enable
Externe Regler-Freigabe (INPUT 0)
Verriegelt die Endstufe hardwaremässig, d.h. der Regler kann ohne externe Freigabe nicht aktiv geschaltet werden.
INP-0 kann in den Notauskreis aufgenommen werden.

Input
Freier Eingang (INPUT 1)
Freier 5V Eingang. (Siehe Softwaremanual)

Inc A, IncB
Encoder Spur A (INPUT 2)
Encoder Spur B (INPUT 3)
Standardmässig als Encoder -Eingang A belegt (zusätzliches Messrad).
5V Pegel oder RS 422-Schnittstelle

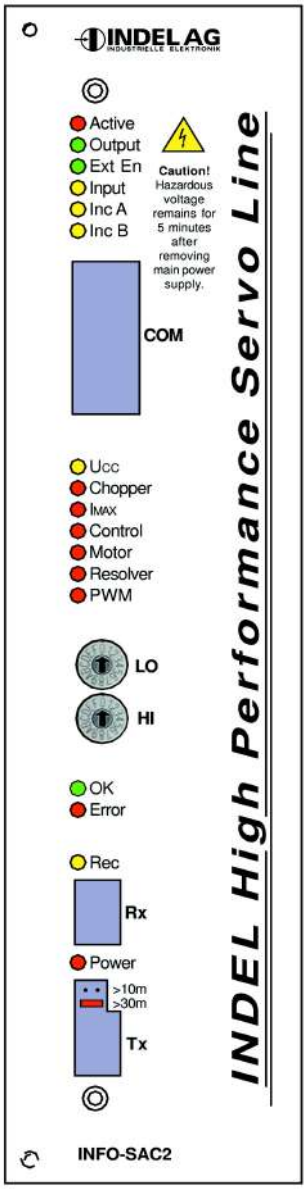


Abb 16: Status LEDs SAC-Drives

7.2 SAC3 Fehler LEDs

Die SAC3x3 Drives haben pro Achse eine Error LED. Sämtliche Fehlermeldungen und Warnungen werden an dieser LED angezeigt.

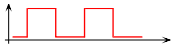
Blink-Code

Die LEDs zeigen durch Leuchten oder schnelles/ langsames Blinken den Status verschiedener Funktionen des Reglers an. Für die folgende Skizzierung gilt:

E	=	Error (Error löschen aus Software: Inactive, Accept Error, Active)
W	=	Warnung

Bitte benützen Sie das Programm "ACS-Show" als zusätzliche Hilfe um den Fehler zu verifizieren.

gleicher Rhythmus wie OK-LED am Regler


ca. 3 mal pro Sekunde

ca. 1.5 mal pro Sekunde

U_{CC} LED — Zwischenkreisspannung (565 VDC)

(siehe auch Modulation, PWM-LED)

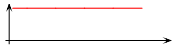
= E Zwischenkreis-Spannung kleiner 20V ($U_{CC\ MIN}$)

= E Zwischenkreis-Spannung grösser 800V ($U_{CC\ MAX}$)

Bremsen funktioniert nicht, siehe "Ballast Widerstand"

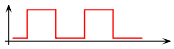
= E Phasen Fehler, zusammen mit Ballast LED, siehe weiter unten

= W Zwischenkreis-Spannung kleiner 500V ($U_{CC\ OK}$)


= Zwischenkreis-Spannung 501 ... 799V

Ballast LED: — Ballast Widerstand

Dimmen = Ballast-Widerstand wird ein-ausgeschaltet (PWM-Ausgang)


= E Entladen funktioniert nicht: U_{CC} wird nicht kleiner obwohl Ballastwiderstand eingeschaltet ist.

(U_{CC} blinkt, Ballast LED ist aus)

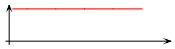
Mögliche Ursachen

- kein Ballastwiderstand angeschlossen
- Fremdeinspeisung duch parallelgeschaltete Regler (U_{CC} gebrückt)

Ballast und U_{CC} LED — Phasenfehler

= E Eine Phase ist ausgefallen.

I_{MAX} LED: — Motorstrom


= E I^2t überschritten ($I^2t \geq$ 120%)

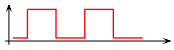
= E Safety Input von Relais nicht vorhanden
Die Sichere Abschaltung STO ist defekt.
Der Drive darf nicht weiter betrieben werden!

= W I^2t überschritten, Motorstrom wird auf I_{NENN} begrenzt
(I^2t = 100 ... 119%)

= W I_{MAX} erreicht; wird der Regler im Strombegrenzungsbetrieb betrieben, erscheint diese Warnung wenn I_{RED} erreicht ist.

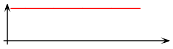
Control LED: *Temperatur Endstufe*

= E Endstufe überhitzt (ab (80°C)



= W Endstufe heiss (ab 75° C)

Motor LED: *Übertemperatur, Kurzschluss*



= E
- Motor Kurzschluss oder Endstufe defekt
- Motor überlastet oder blockiert (zu grosse Last bei zu grossem Anlaufstrom). Überstrom-Zeit überschritten

= E Motortemperatur Schalter mehr als 10s angesprochen

= W Motortemperatur Schalter angesprochen

Resolver LED: *Resolver, SinCos Interface*

= E Resolver Anschluss defekt oder nicht korrekt. Dieser Fehler tritt auch auf, wenn sich der Rotor dreht, während die Achse Aktiv geschaltet wird.

Signale von SinCos Geber defekt oder nicht korrekt. Häufige Ursachen bei Geber-Fehlern:

- Zu geringes Signal aufgrund von verschmutzten Massstäben.
  Die untere / obere Limite für Sin2Cos2 spricht an.
- Zu grosser Abstand zwischen Massstab und Sensor

Bei Achsen mit Auto-Kommutierung: Wenn ein Resolver- bzw. SinCos Error auftritt und die Achse wieder aktiviert werden soll, erscheint zusätzlich der Fehler "Current Offset Failure" (PWM-LED leuchtet). Der Grund ist folgender: Bei Geber-Fehler verliert der Regler die Position des Feldes und muss deshalb neu kommutiert werden.

Zur Kontrolle der Qualität der Geber-Signale kann die Variable "Resolver.Sin2Cos2" bzw. "SinCos.Sin2Cos2" verwendet werden. Standardmässig muss dieser Wert bei Resolvern zwischen 40 ... 80 und bei SinCos Gebern zwischen 20 ... 80 liegen.

PWM LED: *Auto-Kommutierung*

= E Strom-Offset zu gross (Test vor Active), Zuwenig Weg bei Auto-Kommutierung
Auto-Kommutierung nicht ausgeführt

PWM LED: *Modulation*

= E Maximale Mechanische Drehzahl überschritten

= E Strom-Messbereich überschritten

= W PWM 100% Modulation erreicht (evtl. U_{CC} zu klein?)

Wird der Motor mit hoher Drehzahl betrieben, beginnt die PWM-LED zu blinken. U_{CC} ist ausmoduliert, d.h. die volle Zwischenkreis-Spannung liegt am Motor. Dies ist eine zulässige Betriebsart.

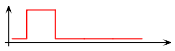
Bei hoher Leistung (Strom) und hoher Drehzahl sinkt die Zwischenkreisspannung und die U_{CC} LED, sowie die PWM-LED beginnen zu blinken. In diesem Zustand darf der Regler dauernd im Betrieb sein. Erst wenn der Regler den maximal erlaubten Wegfehler (Inkrement-, Schlepp-Fehler) überschreitet, ist die Belastungs Limite erreicht und der Regler geht auf Error.

Wichtig!
Kann die maximale Drehzahl nicht erreicht werden weil Wegfehler, Schleppfehler entstehen, während die U_{CC} -LED blinkt, müssen folgende Ursachen überprüft werden:

- Zu leistungsschwaches Stromversorgungsnetz (400V). Zu klein dimensionierter oder zu hochohmiger Trafo. Leitungslänge und Querschnitt der Zuführung beachten.
- Überlasteter Motor

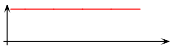
Abhilfe:
- Mit zusätzlichen Windungen am Trafo die Zwischenkreisspannung erhöhen U_{MAX} beachten!
- Wenn mehrere Regler vorhanden sind, Zwischenkreise parallel schalten.

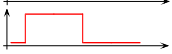
OK, Error LED: *CPU-OK, Regler aktiv*


Regler inaktiv, AUS, CPU ok

Regler aktiv, EIN, CPU ok

Error LED: *Extern Enable, Software-Fehler*

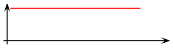

= E Software-Fehler, CPU auf Trap


= E Externer Enable liegt nicht an.

Error, Control LED: *Falsche Controller-Parameter*

= E Nach Einschalten des Reglers (inaktiv) zeigt die Control-LED zusammen mit der Error-LED unplausible oder fehlende **Controller**-Parameter an. Mit den werksmässig eingestellten Parametern erscheint diese Statusanzeige.

Error, Motor LED: *Falsche Motor-Parameter*


= E Nach Einschalten des Reglers (inaktiv) zeigt die Motor LED zusammen mit der Error-LED unplausible oder fehlende **Motor**-Parameter an. Mit den werksmässig eingestellten Parametern erscheint diese Statusanzeige.

RAM-Fehler

= E Erscheint diese Fehlermeldung, muss der Regler einer Hardware-Revision unterzogen werden. Bitte setzten Sie sich mit Indel AG in Verbindung.

7.3 Notsystem

Falls beim Brennen der Motor-Parameter ein Fehler auftritt und das Flash-Prom zerstört wird, kann der Drive immer noch im Notsystem gestartet werden.

Um den Drive im Notsystem starten zu können, muss ein Kurzschlussstecker auf die serielle Schnittstelle (Frontplatte) gesteckt werden.Im Notsystem wird Flash-PROM brennen unterstützt.

Verbindungen:

Signale	Pin	SAC2/3 D-SUB 9-pol.	SAC3x3 RJ-45
RxD, TxD		2, 3	1, 2
DSR, DTR		6, 4	3, 4

Nachdem der Regler aufgestartet ist, kann der Kurzschlussstecker entfernt und das serielle Kabel zum PC wieder eingesteckt werden.

7.4 Fehlermeldungen

Stopp, deaktiviert	0x0000'0001
Ucc kleiner Ucc min	0x0000'0002
Ucc grösser Ucc max	0x0000'0004
I^2t überschritten > 120%	0x0000'0008
Endstufe überhitzt (80°C)	0x0000'0010
Motor-Temp überschritten	0x0000'0020
Motor Kurzschluss	0x0000'0040
Resolver- SinCos-Fehler	0x0000'0080
Maximale Drehzahl überschritten	0x0000'0100
Safety Relais nicht eingeschaltet	0x0000'0200
Auto-Kommutierungs Fehler	0x0000'0400
Strom-Endanschlag erreicht	0x0000'0800
Phasen-Fehler	0x0000'1000
PWM Watchdog: Interrupt Overrun	0x0000'2000
missing Exteral Enable	0x0000'4000
missing (Motor) configuration	0x0000'8000
Feldbus Watchdog	0x0001'0000

7.5 Warnungen

Ucc ist kleiner Ucc ok	0x0000'0001	
Ucc ist angelegt und OK	0x0000'0002	
Warnung Iq erreicht	0x0000'0004	1)
Warnung Endstufe heiss (75°C)	0x0000'0010	
Warnung I2t überschritten	0x0000'0020	
Motor-Temp überschritten	0x0000'0040	
100% Modulation überschritten	0x0000'0080	
Warnung Entlade-Zeit überschritten	0x0000'0100	

1) Diese Warnung tritt auch auf, wenn das Safety-Relais nicht eingeschaltet ist.

8 Normen

Folgende Normen sind angewendet worden:

2014/35/EU	Niederspannungsrichtlinie
2014/30/EU	EMV-Richtlinie
2011/65/EU	RoHS-Richtlinie
2006/42/EG	Maschinenrichtlinie

EN 60204-1: 2006
Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen
Teil 1: Allgemeine Anforderungen Sicherheitsgerichtete Abschaltung nach Stopp-Kategorie 1 und Sicherstellung des Schutzes gegen Wiederanlauf

EN 50178: 1997
Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln

EN ISO 13849-1
Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen
Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze

EN ISO 13849-2: 2003
Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen
Teil 2: Validierung

EN 61508: 2002
Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer / elektronischer / programmierbarer elektronischer Systeme SIL 2

EN 61000-6-2: 2001
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Fachgrundnormen Störfestigkeit für Industriebereiche

EN 61000-6-4: 2007
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Fachgrundnorm Störaussendung für Industriebereich

IEC 68-2-6
Environmental testing - Vibration

IEC 68-2-29
Environmental testing – Bump

EN 1088
Sicherheit von Maschinen - Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen - Leitsätze für Gestaltung und Auswahl

EN 61800-5-1: 2007
Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl - Teil 5-1: Anforderungen an die Sicherheit - Elektrische, thermische und energetische Anforderungen

EN 61800-5-2: 2007
Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl –
Teil 5-2: Anforderungen an die Sicherheit – Funktionale Sicherheit

EN ISO 12100-1: 2003
Sicherheit von Maschinen - Grundbegriffe, allgemeine Leitsätze für die Gestaltung -
Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodik

EN ISO 12100-2: 2003
Sicherheit von Maschinen - Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsatze
Teil 2: Technische Leitsatze

EN ISO 14121-1:2007
Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung
Teil 1: Leitsätze

EN 62061: 2005
Sicherheit von Maschinen – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer und elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme

9 Vertrieb und Service

9.1 Hersteller

Indel AG
Tüfiwis 26
CH-8332 Russikon
Switzerland

info@indel.ch
www.indel.ch

Tel. +41 / 44 956 20 00
Fax +41 / 44 956 20 09

9.2 Entsorgung

Die Indel Servo-Drives bestehen aus verschiedenen Materialien:
Stahl Gehäuse, Aluminium-Kühlkörper, Elektronische Boards

Die einzelnen Komponenten müssen fachgerecht entsorgt werden. Alle Indel Servo-Drives können zu Indel AG zur fachgerechten Entsorgung zurückgesendet werden. Die Transportkosten gehen zu Lasten des Absenders.

10 Weiterführende Dokumentationen

10.1 Handbücher

Drive-Inbetriebnahme-Manual.pdf
Hardware-Manual-Motion-Boards.pdf
Hardware-Manual-SAC3.pdf
Verdrahtungsrichtlinie.pdf
Aufbaurichtlinie.pdf

10.2 Baumusterbescheinigung für SAC3-Drives

suva
CERTIFICATION

Baumusterprüfbescheinigung Nr. E 6929/2.d

Objekt:	Elektrisches Leistungsantriebssystem
Marke:	Indel
Typenbezeichnung:	Servo Regler SAC3
Sicherheitstechnische Angaben:	Die Sicherheitsfunktion STO gemäss EN 61800-5-2 erfüllt die Anforderungen von EN ISO 13849-1, Kategorie 4, PL e.
Herstelleradresse:	Indel AG Tüfiwis 26 CH-8332 Russikon
Adresse des Antragstellers:	Indel AG Tüfiwis 26 CH-8332 Russikon
Besondere Bedingungen, Beilagen:	Weitere Angaben siehe Beilageblatt 1/1
Ablauf der Gültigkeit:	28. Februar 2027

Das überprüfte Baumuster entspricht den grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG und deren Änderungen des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 17. Mai 2006 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen.
Diese Bescheinigung gilt in Verbindung mit den auf der Rückseite aufgeführten allgemeinen Bestimmungen und den allenfalls vorstehend erwähnten Beilagen.

Europäisch notifiziert, Kenn-Nr. 1246

Ort und Datum:
Luzern, 22. Februar 2022

Suva
Zertifizierungsstelle SCESp 0008
Bereich Technik

Der Sicherheitsingenieur
Daniel Vock

Der Zertifizierungsleiter
Guido Schmitter

Abb 17: Baumusterbescheinigung SAC3-Drives

10.3 Baumusterbescheinigung für SAC3x3-Drives

suvapro
CERTIFICATION

Baumusterprüfbescheinigung Nr. E 6930/1.d

Objekt:	Elektrisches Leistungsantriebssystem
Marke:	Indel
Typenbezeichnung:	Servo Regler SAC3x3
Sicherheitstechnische Angaben:	Die Sicherheitsfunktion STO gemäss EN 61800-5-2 erfüllt die Anforderungen von EN ISO 13849-1, Kategorie 4, PLe.
Herstelleradresse:	Indel AG Tüfiwis 26 CH-8332 Russikon
Adresse des Antragstellers:	Indel AG Tüfiwis 26 CH-8332 Russikon
Besondere Bedingungen, Beilagen:	Weitere Angaben siehe Beilageblatt 1/1
Ablauf der Gültigkeit:	28. Februar 2022

Das überprüfte Baumuster entspricht den grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG und deren Änderungen des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 17. Mai 2006 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen.

Diese Bescheinigung gilt in Verbindung mit den auf der Rückseite aufgeführten allgemeinen Bestimmungen und den allenfalls vorstehend erwähnten Beilagen.

Europäisch notifiziert, Kenn-Nr. 1246

Ort und Datum:
Luzern, 20. Februar 2017

Suva
Zertifizierungsstelle SCESp 0008
Bereich Technik

Der Sicherheitsingenieur
Urs Bühlmann

Der Zertifizierungsleiter
Guido Schmitter

Abb 18: Baumusterbescheinigung SAC3x3-Drives

10.4 Konformitätserklärung

INDEL

EG-Konformitätserklärung

(Original-EG-Konformitätserklärung)

Wir,	**INDEL AG** **Tüfiwis 26** **CH-8332 Russikon**
Erklären hiermit, dass die Produkte	**Servo Regler** **GIN-SAC3** **Art.-Nr. 6108388XX** **Snr. 122400000 - 123399999** **Servo Regler** **GIN-SAC3x3** **Art.-Nr. 6107369XX** **Snr. 122400000 - 123399999**
allen grundlegenden Anforderungen der nebenstehenden Richtlinien entspricht	**2014/35/EU (Niederspannungsrichtlinie)** **2014/30/EU (EMV-Richtlinie)** **2011/65/EU (RoHS-Richtlinie)** **2006/42/EG (Maschinenrichtlinie)**
Bevollmächtigte Person	**Arthur Jericke** **Indel AG** **Tüfiwis 26** **CH-8332 Russikon** **Switzerland**
Konformitätsbewertungsstelle für die Durchführung der Baumusterprüfung:	**Suva** **Bereich Technik** **Zertifizierungsstelle SCESp 0008** **Europäisch notifiziert, Kenn-Nr. 1246** **Postfach 4358** **CH-6002 Luzern**
Baumusterprüfbescheinigung Nr.:	**E 6929/2.d**
Angewendete harmonisierte Normen	**EN 61800-5-1: 2007 + A1:2017** **EN 61800-5-2: 2017** **EN 61800-3: 2004 + A1:2012** **EN 50581: 2012**

Russikon, 06.09.2022

Arthur Jericke
CEO

Die technische Dokumentation für das Produkt ist erhältlich von:
Indel AG, Tüfiwis 26, CH-8332 Russikon / info@indel.ch

www.indel.ch
info@indel.ch
Tel: +41 44 956 20 00
Fax: +41 44 956 20 09

Indel AG
Tüfiwis 26
CH -8332 Russikon
Schweiz

11 Anhänge (informativ)

Sämtliche Anhänge sind rein informativ und nicht verbindlich.

11.1 Anforderungen an Sicherheitsschaltgeräte

Das Sicherheitsschaltgerät muss mindestens der Kategorie 3 nach EN ISO 13849 entsprechen.

Es muss eine Querschlusserkennung der Befehlseinrichtung vorhanden sein.

Die Verdrahtung der Befehlseinrichtung muss zweikanalig mit Querschlusserkennung ausgeführt werden.

Die Sicherheitsschaltgeräte müssen eine Möglichkeit zur Signalisierung der Querschlusserkennung und zur Auslösungserkennung besitzen.

Das Schaltvermögen der Sicherheitsschaltgeräte muss mindestens dem maximal zulässigen,begrenzten Ausgangsstrom der 24 V DC -Spannungsversorgung entsprechen. Die Herstellerhinweise der Sicherheitsschaltgeräte hinsichtlich der zulässigen Kontaktbelastungen und eventuell erforderlicher Absicherungen für die Sicherheitskontakte sind zu beachten. Liegen diesbezüglich keine Herstellerhinweise vor, sind die Kontakte mit dem 0,6 fachem Nennwert der vom Hersteller angegebenen maximalen Kontaktbelastung abzusichern.

Zur Auslösung einer sicherheitsgerichteten Abschaltung des Antriebs nach Stopp-Kategorie 0 oder 1 gemäss EN 60204-1 und fehlersicherem Schutz gegen Wiederanlauf gemäss EN ISO 13849 Kategorie 3 müssen Befehlseinrichtungen mit zwangsöffnenden Kontakten mit Verrastfunktion (gemäß EN 60947-5-1) verwendet werden.

Die Sicherheitsschaltgeräte müssen so konzipiert sein und angeschlossen werden, dass das Rückstellen des Befehlsgerätes allein zu keinem Wiederanlauf führt. Das heisst, ein Wiederanlauf darf nur nach einem zusätzlichen Reset des Sicherheitsschaltgerätes erfolgen. Die Indel Servo-Drives bieten von sich aus keinen hinreichenden Schutz gegen unbeabsichtigten Wiederanlauf, dieser muss durch das Sicherheitsschaltgerät verhindert werden.

Reihenschaltung von Sensoren bei Kategorie 3

- NOT-HALT: dürfen immer in Reihe geschaltet werden: das gleichzeitige Versagen der Befehlsgeräte kann ausgeschlossen werden.

- Schutztürüberwachung: Positionsschalter dürfen in Reihe geschaltet werden, wenn Schutztüren gleichzeitig und regelmässig geöffnet werden (da sonst keine Fehleraufdeckung erfolgen kann).

Reihenschaltung von Sensoren bei Kategorie 4

- NOT-HALT: dürfen immer in Reihe geschaltet werden: das Versagen und gleichzeitige der Befehlsgeräte kann ausgeschlossen werden.

- Schutztürüberwachung: Positionsschalter dürfen nie in Reihe geschaltet werden, weil gefährliche Fehler aufgedeckt werden müssen (unabhängig vom Bedienpersonal).

11.2 Vorgehen für Risikoanalyse und -bewertung

Jeder Hersteller einer Maschine ist dazu verpflichtet eine Risikoanalyse gemäss Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) durchzuführen. Diese Analyse ist Bestandteil der Konformitätserklärung

Die Risiken und Ursachen der Risiken die vom Betrieb der Maschine/Anlage für Mensch und Umwelt ausgehen, werden durch die Risikoanalyse identifiziert. Bei der Identifizierung der Risiken und deren Ursache wird der gesamte Lebenszyklus von der Entwicklung über Transport, Inbetriebnahme, Betrieb, Wartung bis Entsorgung betrachtet.

Zur Reduktion der erkannten Sicherheitslücken bzw. Risiken werden Massnahmen zur Risikominderung erarbeitet. Zum Schluss erfolgt eine Bewertung des verbleibenden Restrisikos.

11.3 Abgrenzung der Maschine

Risikobeurteilung beginnt mit der Festlegung der Grenzen der Maschine unter Berücksichtigung sämtlicher Phasen der Lebensdauer der Maschine.

Ein vorhersehbarer Missbrauch oder ein Fehlverhalten müssen ebenfalls betrachtet werden.
(EN ISO 14121-1, Kapitel 5; EN ISO 12100-1, Kapitel 5.2)

Verwendungsgrenzen

- Betriebsarten der Maschine
- Technische Spezifikationen mit Angaben zur maximalen Auslastung, Belastung, Kapazität
- Einsatzbereich der Maschine (Industie, Gewerbe, Haushalt)
- Ausbildung des Bedieners

Räumliche Grenzen

- Schnittstellen zu angrenzenden Systemen und Bediener
- Bewegungsraum
- Platzbedarf von Personen, die mit der Maschine umgehen

Zeitliche Grenzen

- Lebensdauer der Maschine
- Lebensdauer der Sicherheitseinrichtungen
- Lebensdauer von Verschleissteilen
- Wartungsinterwalle

Weitere Grenzen

- Umgebungsbezogene Grenzen wie Betrieb in Innenräume, Aufstellungshöhe, klimatische Bedingungen, Höchsttemperaturen
- „Housekeeping“: erforderlicher Grad an Sauberkeit (Reinräume)

11.4 Identifizieren der Gefährdungen

Die Ermittlung der Gefahren und deren Ursache erfolgt mit vernünftigem Ermessen, bei bestimmungsgemässer Verwendung der Maschine.

Die Analyse der Gefährdungen einer Maschine umfasst den gesamten Lebenszyklus.
(EN ISO 14121-1 Kapitel 6; EN ISO 14121-1 A.3; EN ISO 12100-1 Kapitel 4, 5.3)

Phase der Lebensdauer der Maschine	**Gefahrenpotentiale**
Entwicklung, Konstruktion	• Materialauswahl • Dimensionierung von Bauteilen, Maschinenteilen • Spezifikation der Funktionen • Einfluss von Umweltbedingungen • Lebensdauer • Einhalten von geltenden Normen • Stand der Technik • Dokumentation
Transport	• Einhalten von zulässigen maximal Gewichten von Transport- und Hebeeinrichtungen (beim Be- und Entladen) • Verpacksmaterialien, Transportsicherungen • Transportwege: Luft, Wasser, Land • Klimatische Bedingungen bei Transport, Lagerung am Zielort
Zusammenbau und Installation, Inbetriebnahme	• Vorbereitungen für die Installation (z. B. Fundamente, Schwingungsdämpfer) • Einhalten von geltenden Bestimmungen, Normen am Aufstellungsort • Anschluss an die Entsorgungsanlage (z. B. Abluftsystem, Abwasseranlage) • Anschluss an die Energieversorgung (z. B. Stromversorgung, Druckluft) • Qualität der Energieversorgung, Energieausfälle • Konfiguration, Programmierung der Steuerung und Geräte • Beschicken, Befüllen, Einbringen von Hilfsflüssigkeiten (z. B. Schmierstoff, Fett, Klebstoff) • Anbringen von Schutzelementen: Schutzgitter, Lichtvorhang, Fussmatten • Befestigen, Verankern • Inbetriebnahme Checklisten • Betrieb der Maschine ohne Last • Betrieb der Maschine unter Last und Volllast
Einrichten, Einlernen, Umrüsten	• Einstellen und Einrichten von Schutzeinrichtungen und weiteren Bauteilen • Einstellen und Einrichten oder Überprüfen der funktionalen Parameter der Maschine (z. B. Geschwindigkeit, Druck, Kraft, Fahrbegrenzungen) • Funktionsprüfungen, Versuche • Einsetzen oder Auswechseln von Werkzeugen, Werkzeugeinstellung • Überprüfen der Programmierung • Überprüfen des Endproduktes
Betrieb	• Steuerung/Inspektion • Antreiben der Maschine • Beschicken, Befüllen, Einbringen der Rohstoffe; • manuelles Beladen/Entladen • geringfügige Einstellungs- und Einrichtvorgänge bei den Funktionsparametern der Maschine (z. B. Geschwindigkeit, Druck,

	Kraft, Fahrbegrenzungen) • geringfügige Eingriffe während des Betriebs (z. B. Entnahme von Abfallprodukten, Beseitigen von Blockierungen, lokale Reinigung) • Betreiben der manuellen Steuerungseinrichtungen • Neustarten der Maschine nach Stillsetzen/Unterbrechung • Überwachen • Überprüfen des Endproduktes • Massnahmen zur Umgehung von Sicherheitsfunktionen
Reinigung, Installation, Wartung	• Einstellungen • Reinigung, Desinfektion • Austausch von Teilen, Bauteilen, Einrichtungen der Maschine • Austausch von Werkzeugen • Austausch von Verschleissteilen • Energietrennung und -ableitung • Umgang mit Restenergie: mechanisch, elektrisch • Schmieren • erneutes Einrichten • Nachfüllen von Betriebsflüssigkeiten • Überprüfen von Teilen, Bauteilen, Einrichtungen der Maschine • Wiederanlauf nach Service, Wartung
Fehlersuche, Fehlerbeseitigung	• Demontage/Ausbau von Teilen, Bauteilen Einrichtungen der Maschine • Energietrennung und -ableitung • Wiederanlauf nach Blockierung • Wiederanlauf nach Ausfall der Steuerungseinrichtungen und Schutzeinrichtungen • Austausch von sicherheitsrelevanten Teilen • Verfügbarkeit von Ersatzteilen • Ersatz von Teilen, Bauteilen, Einrichtungen der Maschine • Rettung gefangener Personen • erneutes Einrichten • Überprüfen von Teilen, Bauteilen, Einrichtungen der Maschine
Ausserbetriebnahme, Demontage, Entsorgung	• Trennen von der Energieversorgung und Energieableitung • Demontage • Anheben • Beladen • Verpacken • Transportieren • Entladen • Entsorgen

11.4.1 Beispiele von Gefährdungen

Restenergie im Zwischenkreis

Gefährdung durch Restenergie in den Kondensatoren vom Zwischenkreis der Servo-Regler.
Bei Trennung der 3-phasigen Einspeisung bleibt die Energie im Zwischenkreis erhalten.

Diese Energie kann ausreichen um im ausgeschalteten Zustand (Trennung der Energie durch Schütz bei Not-Aus) eine Masse zu beschleunigen, die Personen- und Sachschäden verursachen kann.

Austausch eines Drives mit Sicherheitsfunktionen

Gefahr beim Austausch von Geräten mit Sicherheitsfunktionen. Während des Betriebs der Maschine wird ein Drive mit Sicherheitsfunktionen z.B. Sicherer Halt wegen eines Defektes ausgetauscht. Es besteht die Gefahr, dass ein Ersatzdrive ohne Sicherheitsfunktion eingebaut wird.

Hängende Lasten, Massen

Gefahr durch hängende Massen. Spricht der Sichere Halt (STO) einer Achse mit einer hängenden Masse an, wird die Ansteuerung des Motors unterbrochen. Somit kann der Motor nicht mehr bestromt werden und die Masse fällt nach unten.

Anfordern der Impulssperre bei laufenden Achsen

Wird die sichere Impulssperre bei sich drehenden Achsen angefordert, kann der Motor nicht mehr positioniert werden und damit nicht mehr kontrolliert gebremst werden. Austrudelnde Achsen können zu Sach- und Personenschäden führen.

Manipulation von Schutzeinrichtungen

Gefahr durch Manipulation von Schutzeinrichtungen aufgrund von Zeitersparnis, Ergonomie, Produktivität, usw.

11.5 Risikoeinschätzung

Für jede Gefahrensituation werden die Schwere, Vermeidbarkeit, Häufigkeit und Einwirkungsdauer abgeschätzt.

Ziel der Risikoeinschätzung ist die Bestimmung des erforderlichen Performance Levels für jede Gefahrensituation.
(EN ISO 14121-1 Kapitel 7; EN ISO 62061 Anhang A; EN ISO 13849-1 Bild A.1)

Der so ermittelte geforderte Performance Level (PLr) ist die Grundlage für die Festlegung der Sicherheitsarchitektur und Auswahl der Geräte die die geforderte Sicherheit gewährleisten.

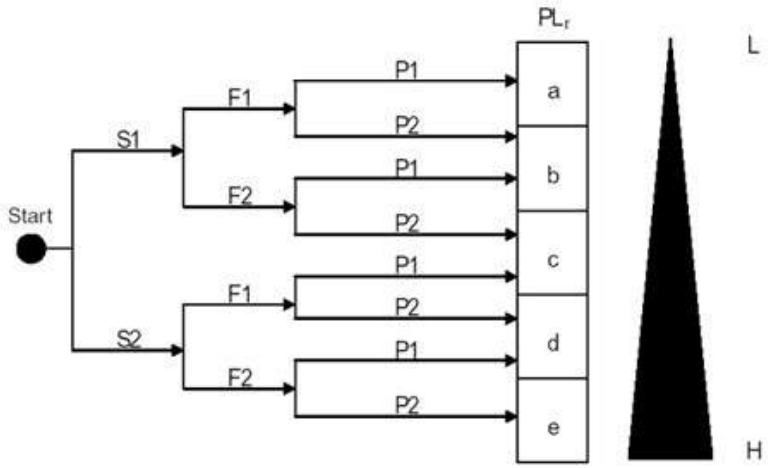


Abb 19: Risikograph

Legende

Startpunkt zur Bewertung des Beitrags der Risikominderung

L	niedriger Beitrag zur Risikoreduzierung
H	hoher Beitrag zur Risikominderung
PLr	erforderlicher Performance Level

Risikoparameter

S	Schwere der Verletzung
S1	leichte (üblicherweise reversible Verletzung)
S2	ernste (üblicherweise irreversible Verletzung einschließlich Tod)

F	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexpositon
F1	selten bis weniger häufig und/oder die Zeit der Gefährdungsexpositon ist kurz
F2	häufig bis dauernd und/oder die Zeit der Gefährdungsexpositon ist lang

P	Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens
P1	möglich unter bestimmten Bedingungen
P2	kaum möglich

Performance Level, SIL Level

Der Performance Level gibt die Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls / Stunde an.

Um eine Gefahr mit dieser Risikoeinschätzung:
S2 ernste (üblicherweise irreversible Verletzung einschließlich Tod)
F1 selten bis weniger häufig und/oder die Zeit der Gefährdungsexpositon ist kurz
P1 möglich unter bestimmten Bedingungen
-> erforderlicher **PLr = c**

auf ein akzeptierbares Risiko reduzieren zu können, muss ein Sicherheitssystem mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit kleiner 3*10E-6 zur Risikominderung verwendet werden.

Kategorien nach EN-954-1	SIL Level nach IEC 61508	Wahrscheinlichkeit eines Ausfalles 1/h 1)	Performance Level
B	keine Anf.	>= 10E-5 ... < 10E-4	a
1	SIL1	>= 3*10E-6 ... < 10E-5	b
2	SIL1	>= 10E-6 ... < 3*10E-6	c
3	SIL2	>= 10E-7 ... < 10E-6	d
4	SIL3	>= 10E-8 ... < 10E-7	e
	SIL4	>= 10E-9 ... < 10E-8	

Abb 20: Performance Level - SIL Level

SIL-Level, Ausfallwahrscheinlichkeit und Betriebsart

In der EN 61508-1 werden Applikationen mit niedrigen Anforderungen und Applikationen mit hohen oder kontinuierlichen Anforderungen unterschieden.

Sicherheits-Integritätslevel	Betriebsart mit niedrigen Anforderungen (PFD) Ausfallwahrscheinlichkeit bei Anforderung
SIL1	>= 10E-2 ... < 10E-1
SIL2	>= 10E-3 ... < 10E-2
SIL3	>= 10E-4 ... < 10E-3

Sicherheits-Integritätslevel	Betriebsart mit hoher, kontinuierlicher Anforderungen (PFH) Ausfallwahrscheinlichkeit / Stunde
SIL1	>= 10E-6 ... < 10E-5
SIL2	>= 10E-7 ... < 10E-6
SIL3	>= 10E-8 ... < 10E-7

Abb 21: SIL Level mit niedriger und hoher Anforderung

Betriebsart mit niedrigen Anforderungen (PFD): Das sicherheitsbezogene System wird
nicht mehr als einmal pro Jahr betätigt. Der SIL-Level bezeichnet die Ausfallwahrscheinlichkeit bei Anfordern der Funktion

Betriebsart mit hoher Anforderungsrate oder kontinuierlicher Anforderung (PFH):
Das sicherheitsbezogene System wird mehr als einmal pro Jahr betätigt. Die kontinuierliche Anforderung betrifft sicherheitsbezogene Systeme die eine kontinuierliche Steuerung oder Regelung durchführen, um die funktionale Sicherheit aufrechtzuerhalten.

11.6 Risikobewertung

Im Anschluss an die Risikoeinschätzung muss eine Risikobewertung durchgeführt werden, um zu entscheiden, ob überhaupt eine Risikominderung notwendig ist.

Falls eine Risikominderung notwendig ist, sind geeignete Massnahmen auszuwählen und anzuwenden.

Dabei muss auch beachtet werden, dass durch eine Massnahme zur Risikominderung wiederum ein Potential an neuen Risiken birgt.

Falls zusätzliche Gefährdungen auftreten, sind diese der Liste der identifizierten Gefährdungen hinzuzufügen und geeignete Schutzmassnahmen werden notwendig, um sich damit zu befassen.

(EN ISO 14121-1 Kapitel. 8)

11.6.1 Beispiele Risikobewertung

Hängende Lasten, Massen

Die Gefahr die von der hängenden Last ausgeht wird mit einer mechanischen Blockierung gemindert.

→ Dabei entsteht wiederum eine Gefahr die von einer defekten mechanischen Blockierung ausgeht.

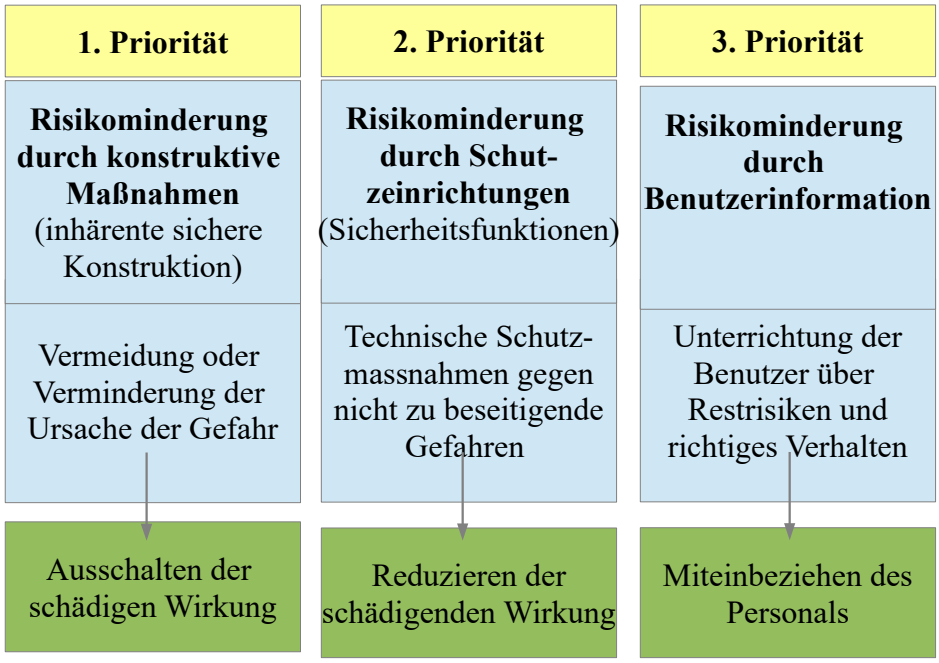
Restenergie im Zwischenkreis

Die Gefährdung durch Restenergie in den Kondensatoren vom Zwischenkreis der Servo-Regler wird mit einem Bremswiderstand reduziert. Dieser Widerstand soll die Energie im Zwischenkreis vernichten, wenn der Drive energielos geschaltet wird.

→ Die Gefahr bleibt jedoch bestehen wenn der Bremswiderstand defekt ist oder nicht angeschlossen ist.

11.7 Risikominderung

Die erkannten Risiken und Gefahren mit ihren nicht akzeptierenbaren Auswirkungen werden nach dem 3-Schritte-Verfahren reduziert:



Häufig lassen sich die ursächlichen Gefahren nicht vermeiden oder vermindern, da sie dem Verwendungszweck der Maschine dienen.

Risiken, die von einem drehenden Futter eines Drehbankes ausgehen, können nicht durch nicht-drehen des Futters beseitigt werden.

Technische Schutzmassnamen wie verriegelte Hauben und Abdeckungen reduzieren die Gefahr.

Ein Restrisiko wie z.B. Späne die sich vom Werkstück lösen, können nur durch richtiges Verhalten des Bedienpersonals eliminiert werden.

(EN ISO 12100-1, Kapitel 5.4, 5.5, EN ISO 14121-1 Kapitel 8.2, EN ISO 13849-1, Kapitel 4.2)

11.7.1 Beispiele Schutzmassnahmen zur Risikominderung

Restenergie im Zwischenkreis

Gefährdung durch Restenergie in den Kondensatoren vom Zwischenkreis der Servo-Regler.
Bei Trennung der 3-phasigen Einspeisung bleibt die Energie im Zwischenkreis erhalten.

- Überwachung der Zwischenkreisspannung
- Vernichtung der Energie mit Bremswiderstand
- Mechanische Bremsen
- Sichere Impulssperre (STO)

Austausch eines Drives mit Sicherheitsfunktionen

Gefahr beim Austausch von Geräten mit Sicherheitsfunktionen. Während des Betriebs der Maschine wird ein Drive mit Sicherheitsfunktionen z.B. Sicherer Halt wegen eines Defektes ausgetauscht. Es besteht die Gefahr, dass ein Ersatzdrive ohne Sicherheitsfunktion eingebaut wird.

- Schulung des Service-Personals
- Periodische Testung der Sicherheitsfunktion während dem Betrieb durch Software
- Identifikation der Sicherheitsfunktion vor Einschalten durch die Software

Hängende Lasten, Massen

Gefahr durch hängende Massen. Spricht der Sichere Halt (STO) einer Achse mit einer hängenden Masse an, wird die Ansteuerung des Motors unterbrochen. Somit kann der Motor nicht mehr bestromt werden und die Masse fällt nach unten.

- Mechanische Bremsen, Verriegelung
- STO nur in sicherer Parkposition anfordern

Einrichtbetrieb mit Schlüsselschalter anfordern

- Schulung des Service-Personals
- Sicher reduzierte Geschwindigkeit während Einrichtbetrieb
- Zweihand-Betätigung während Einrichtbetrieb
- Zustimmtaster für Einrichtbetrieb
- Lichtvorhang

11.8 Realisieren der Sicherheitsfunktionen

Ausgehend vom geforderten Performance Level (PLr) der bei der Risikoeinschätzung für jede einzelne Gefahr ermittelt wurde, wird das Sicherheitssystem ausgewählt.

Dabei kann mit einem Sicherheitssystem, das einen Performance Level PL=e aufweist, eine Gefahr die einen PLr=e entspricht eliminieren.

11.8.1 Performance Level des Sicherheitssystems

Der PL des Sicherheitssystems wird durch die Abschätzung folgender Aspekte bestimmt:

- des MTTFd -Wertes einzelner Bauteile (EN ISO 13849-1, Anhänge C und D);
- der DC (EN ISO 13849-1, Anhang E);
- des CCF (EN ISO 13849-1, Anhang F);
- der Struktur (EN ISO 13849-1, Abschnitt 6);
- des Verhaltens der Sicherheitsfunktion unter Fehlerbedingung(en) (EN ISO 13849-1, Abschnitt 6);
- sicherheitsbezogener Software (EN ISO 13849-1, Kap. 4.6 und Anhang J);
- systematischer Ausfälle (EN ISO 13849-1, Anhang G);
- der Fähigkeit, eine Sicherheitsfunktion unter vohersehbaren Umgebungsbedingungen auszuführen.

11.8.2 Mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall jedes Kanals (MTTFd)

Der Wert der MTTFd jedes Kanals wird in drei Stufen angegeben und muss für jeden Kanal individuell berücksichtigt werden (z. B. einzelner Kanal oder jeder Kanal eines redundanten Systems).

In Bezug auf die MTTFd kann ein maximaler Wert von 100 Jahren angesetzt werden.

$MTTF_d$	
Bezeichnung für jeden Kanal	**Bereich für jeden Kanal**
niedrig	3 Jahre ≤ $MTTF_d$ < 10 Jahre
mittel	10 Jahre ≤ $MTTF_d$ < 30 Jahre
hoch	30 Jahre ≤ $MTTF_d$ ≤ 100 Jahre

ANMERKUNG 1 Die Wahl der $MTTF_d$-Bereiche eines Kanals basiert nach dem in der Praxis vorgefundenen Stand der Technik auf einer logarithmischen Skala, die sich der logarithmischen Skala des PL anpasst. Es wird nicht angenommen, dass ein $MTTF_d$-Wert eines Kanals für ein reales SRP/CS kleiner als drei Jahre gefunden werden kann, denn das würde bedeuten, dass nach einem Jahr etwa 30 % aller Systeme auf dem Markt defekt sind und ersetzt werden müssten. Ein $MTTF_d$-Wert eines Kanals größer als 100 Jahre wird nicht akzeptiert, denn ein SRP/CS für hohe Risiken sollte nicht von der Zuverlässigkeit von Bauteilen alleine abhängig sein. Um ein SRP/CS gegen systematische und zufällige Fehler zu ertüchtigen, sind zusätzliche Mittel wie Redundanzen und Tests erforderlich. Für die praktische Anwendbarkeit wurde die Zahl der Bereiche auf drei beschränkt. Die Beschränkung des $MTTF_d$-Wertes jedes Kanals auf ein Maximum von 100 Jahren bezieht sich auf den einzelnen Kanal des SRP/CS, der die Sicherheitsfunktion ausführt. Höhere $MTTF_d$-Werte können für einzelne Bauteile verwendet werden (siehe Tabelle D.1).

ANMERKUNG 2 Für die gezeigten Grenzwerte der Tabelle 5 wird eine Genauigkeit von 5 % angenommen.

Abb 22: Mean time to failure (dangerous) MTTFd

11.8.3 Diagnosedeckungsgrad DC

Der Wert für den DC wird in vier Stufen angegeben.

DC	
Bezeichnung	**Bereich**
kein	DC < 60 %
niedrig	60 % ≤ DC < 90 %
mittel	90 % ≤ DC < 99 %
hoch	99 % ≤ DC

ANMERKUNG 1 Für ein SRP/CS, das aus mehreren Teilen besteht, wird in dieser Norm in Bild 5, Abschnitt 6 und E.2 ein Durchschnittswert DC_{avg} für den DC verwendet.

ANMERKUNG 2 Die Wahl der DC-Bereiche basiert auf den Schlüsselwerten 60 %, 90 % und 99 %, die ebenfalls in anderen Normen, die sich mit Diagnosedeckungsgrad und Tests beschäftigen, eingeführt sind (z. B. IEC 61508). Untersuchungen zeigen, dass (1-DC) eher als DC selbst eine typische Maßeinheit für die Effektivität eines Tests ist. (1-DC) für die Schlüsselwerte 60 %, 90 % und 99 % bildet eine Art logarithmische Skala, die sich der logarithmischen Skala des PL anpasst. Ein DC-Wert kleiner als 60 % hat nur geringen Einfluss auf die Zuverlässigkeit eines getesteten Systems und wird deshalb mit „kein" bezeichnet. Ein DC-Wert für komplexe Systeme größer als 99 % ist nur sehr schwer zu erreichen. Für die praktische Anwendbarkeit wurde die Zahl der Bereiche auf vier beschränkt. Für die gezeigten Grenzwerte dieser Tabelle wird eine Genauigkeit von 5 % angenommen.

Abb 23: Diagnosedeckungsgrad DC

Für die Berechnung des DC siehe EN ISO 13849-1 Anhang E.

11.8.4 Fehler gemeinsamer Ursache Common Cause Failure CCF

Die Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls der Sicherheitsfunktion hängt nicht nur von den folgenden Faktoren ab:

- Hardware- und Softwarestruktur
- Umfang der Fehler-Detektionsmechanismen (Diagnosedeckungsgrad DC)
- Zuverlässigkeit von Bauteilen (mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall MTTFd)
- dem Gestaltungsprozess
- der Belastung im Betrieb
- den Umgebungsbedingungen und den betrieblichen Einsatzbedingungen.

Sondern auch von Ausfällen infolge gemeinsamer Ursache (CCF). Wichtige Massnahmen gegen Fehler gemeinsamer Ursache sind:

- Physikalische Trennung zwischen den Signalpfaden: Trennung der Verdrahtung/Verrohrung, ausreichende Luft- und Kriechstrecken auf gedruckten Schaltungen
- Unterschiedliche Technologien/Gestaltung oder physikalische Prinzipien, z. B.:
- der erste Kanal in programmierbarer Elektronik und der zweite Kanal fest verdrahtet, Messung von Entfernung und Druck, digital und analog, Bauteile von unterschiedlichen Herstellern.
- Schutz gegen Überspannung, Überdruck, Überstrom usw.
- Verwendung bewährter Bauteile
- Schulung von Konstrukteure/Monteure, um die Gründe und Auswirkungen von Ausfällen infolge gemeinsamer Ursache zu erkennen
- Schutz vor Verunreinigung und elektromagnetischer Beeinflussung (EMC)
- Anforderungen hinsichtlich Unempfindlichkeit gegenüber Temperatur, Schock, Vibration, Feuchte

11.9 Die Kategorien und deren Beziehung zur MTTFd jedes Kanals, DC und CCF

Die Architektur eines Sicherheitssystems ist ein Schlüsselmerkmal mit grossem Einfluss auf den PL.

Auch wenn die Vielfalt der möglichen Strukturen gross ist, sind die grundlegenden Konzepte oft ähnlich.

So können die meisten Strukturen, die im Bereich der Maschinen existieren, auf einer der folgenden Kategorien abgebildet werden.

Es ist wichtig, dass der in Abb. 29 gezeigte PL, der abhängig ist von der Kategorie, der MTTFd jedes Kanals und dem DC, auf vorgesehenen Architekturen basiert.

11.9.1 Kategorie B

In Systemen der Kategorie B gibt es keinen Diagnosedeckungsgrad (DC = kein), und die MTTFd jedes Kanals kann niedrig bis mittel sein.

In solchen Strukturen (üblicherweise einkanalige Systeme) ist die Betrachtung von CCF nicht relevant.

Der maximale PL, der mit Kategorie B erreicht werden kann, ist PL = b.

Kategorie B Systeme sollten nicht eingesetzt werden.

Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

Abb 24: Architektur Kategorie B

Legende

i_m	Verbindungsmittel
I	Eingabeeinheit, z. B. Sensor
L	Logik
O	Ausgabeeinheit, z. B. Hauptschütz

11.9.2 Kategorie 1

Sicherheitssysteme der Kategorie 1 müssen unter Verwendung bewährter Bauteile und bewährter Sicherheitsprinzipien gestaltet und gebaut werden (siehe EN ISO 13849-2).

Die MTTFd jedes Kanals muss hoch sein.

Der maximale PL, der mit Kategorie 1 erreicht werden kann, ist PL = c.

In Systemen der Kategorie 1 gibt es keinen Diagnosedeckungsgrad (DC = kein). In solchen Strukturen (einkanalige Systeme) ist die Betrachtung von CCF nicht relevant.

Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

Abb 25: Architektur Kategorie 1

Legende

i_m	Verbindungsmittel
I	Eingabeeinheit, z. B. Sensor
L	Logik
O	Ausgabeeinheit, z. B. Hauptschütz

11.9.3 Kategorie 2

Sicherheitssysteme der Kategorie 2 müssen so gestaltet werden, dass ihre Funktionen in angemessenen Zeitabständen durch die Maschinensteuerung getestet werden. Der Test der Sicherheitsfunktion(en) muss durchgeführt werden:

- beim Anlauf der Maschine, und
- vor dem Einleiten einer Gefährdungssituation, z. B. Start eines neuen Zyklus, Start anderer Bewegungen und/oder periodisch während des Betriebs

Der maximale PL, der mit Kategorie 2 erreicht werden kann, ist PL = d.

Das Systemverhalten der Kategorie 2 lässt zu, dass zwischen den Tests das Auftreten eines Fehlers zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen kann, bzw. der Verlust der Sicherheitsfunktion durch den Test erkannt wird.

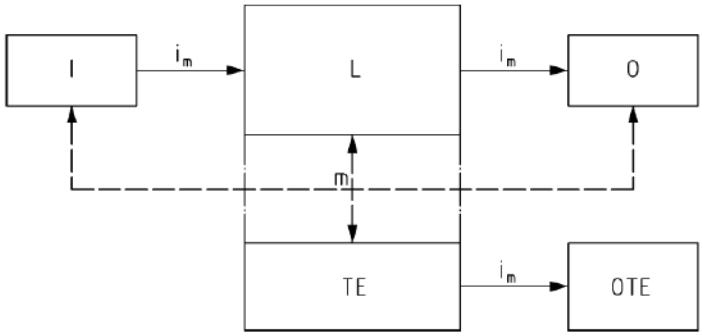


Abb 26: Architektur Kategorie 2

Legende

i_m	Verbindungsmittel
I	Eingabeeinheit, z. B. Sensor
L	Logik
m	Überwachung
O	Ausgabeeinheit, z. B. Hauptschütz
TE	Testeinrichtung
OTE	Ausgang der TE

11.9.4 Kategorie 3

Sicherheitssysteme der Kategorie 3 sind zweikanalig aufgebaut. Sie müssen so gestaltet werden, dass ein einzelner Fehler in einem dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt.

Wenn immer in angemessener Weise durchführbar, muss ein einzelner Fehler bei oder vor der nächsten Anforderung der Sicherheitsfunktion erkannt werden.

Massnahmen gegen CCF müssen angewendet werden.

Ein einzelner Fehler führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
Die Anhäufung unerkannter Fehler kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

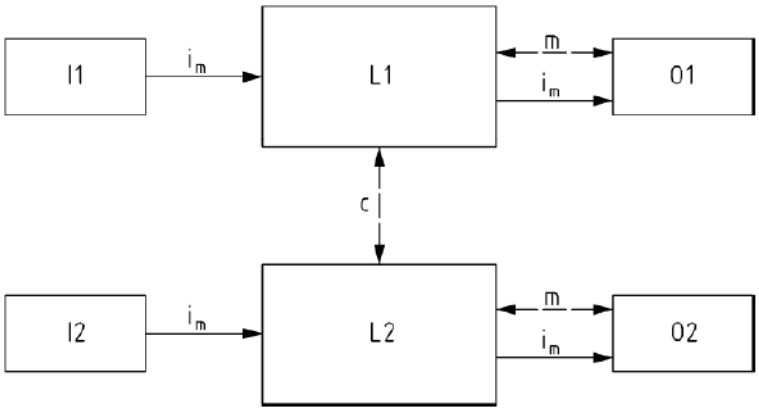


Abb 27: Architektur Kategorie 3

Legende

i_m	Verbindungsmittel
c	Kreuzvergleich
I1, I2	Eingabeeinheiten, z. B. Sensor
L1, L2	Logik
m	Überwachung
O1, O2	Ausgabeeinheiten, z. B. Hauptschütz

11.9.5 Kategorie 4

Sicherheitssysteme der Kategorie 4 sind zweikanalig aufgebaut. Sie müssen so gestaltet werden, dass ein einzelner Fehler in einem dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt.

Der Diagnosedeckungsgrad (DC) des gesamten Sicherheitssystems muss hoch sein.

Die MTTFd jedes redundanten Kanals muss hoch sein.

Massnahmen gegen CCF müssen angewendet werden (siehe Anhang F).

Der Unterschied zwischen Kategorie 3 und Kategorie 4 ist der höhere DC in Kategorie 4 und die erforderliche MTTFd von zwingend „hoch“.

Bei Auftreten eines einzelnen Fehlers wird die Sicherheitsfunktion immer ausgeführt. Fehler werden rechtzeitig erkannt, um den Verlust der Sicherheitsfunktion zu verhindern. Anhäufungen von unerkannten Fehlern werden in Betracht gezogen.

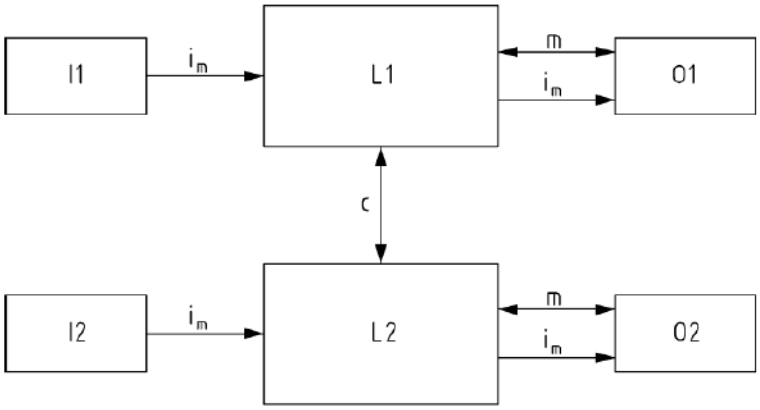


Abb 28: Architektur Kategorie 4

Legende

i_m	Verbindungsmittel
c	Kreuzvergleich
I1, I2	Eingabeeinheiten, z. B. Sensor
L1, L2	Logik
m	Überwachung
O1, O2	Ausgabeeinheiten, z. B. Hauptschütz

11.9.6 Beziehung MTTFd, DC, PL und Kategorien

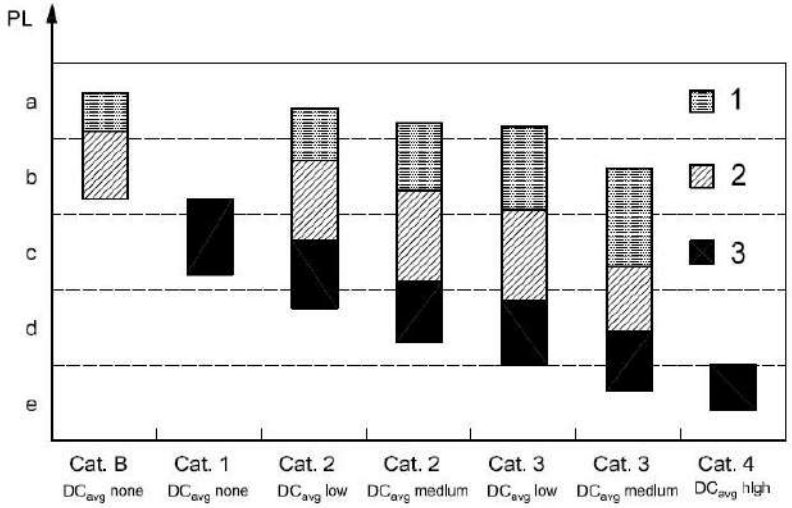


Abb 29: Beziehung zwischen den Kategorien DC, MTTFd jedes Kanals und PL

Legende

PL Performance Level
1 MTTFd jedes Kanals = niedrig
2 MTTFd jedes Kanals = mittel
3 MTTFd jedes Kanals = hoch

Beispiel Performance Level

Kategorie	B	1	2	2	3	3	4
DC_{avg}	kein	kein	niedrig	mittel	niedrig	mittel	hoch
$MTTF_d$ jedes Kanals							
niedrig	a	nicht abgedeckt	a	b	b	c	nicht abgedeckt
mittel	b	nicht abgedeckt	b	c	c	d	nicht abgedeckt
hoch	Nicht abgedeckt	c	c	d	d	d	e

Abb 30: Tabellarische Beziehung zwischen den Kategorien DCavg, MTTFd jedes Kanals und PL

Um eine Gefahr mit dieser Risikoeinschätzung:
S2 ernste (üblicherweise irreversible Verletzung einschließlich Tod)
F1 selten bis weniger häufig und/oder die Zeit der Gefährdungsexpositon ist kurz
P1 möglich unter bestimmten Bedingungen
-> erforderlicher **PLr = c**

auf ein akzeptierbares Risiko reduzieren zu können, können Sicherheitssystem mit den rot markierten Eigenschaften verwendet werden.

Kategorie 1, DC=klein, MTTFd=hoch
Kategorie 2, DC=niedrig, MTTFd=hoch
Kategorie 2, DC=mittel, MTTFd=mittel
Kategorie 3, DC=niedrig, MTTFd=mittel
Kategorie 3, DC=mittel, MTTFd=niedrig

11.9.7 Kombinieren von Sicherheitsgeräten

Eine Sicherheitsfunktion kann durch eine Kombination von mehreren Sicherheitsgeräten realisiert werden:

- Eingangssystem
- Signalverarbeitung
- Ausgangssystem.

Diese Kombination kann Teilsystemen verschiedener Kategorien bestehen. Für das Gesamtsystem kann nach Abb 32 ein Gesamt-PL ermittelt werden. (EN ISO 13849-1, Kapitel 6.3)

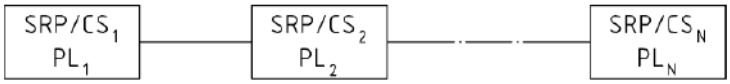


Abb 31: Kombination von Sicherheitssystemen zum Erreichen des Gesamt-PL

Legende

SRP/CS sicherheitsbezogenes Teil einer Steuerung
PL Performance Level

$PL_{niedrig}$	$N_{niedrig}$	⇒	PL
a	> 3	⇒	kein, nicht erlaubt
	≤ 3	⇒	a
b	> 2	⇒	a
	≤ 2	⇒	b
c	> 2	⇒	b
	≤ 2	⇒	c
d	> 3	⇒	c
	≤ 3	⇒	d
e	> 3	⇒	d
	≤ 3	⇒	e

ANMERKUNG Die für das Nachschlagen berechneten Werte basieren auf Zuverlässigkeitswerten für die Mitte jedes PL.

Abb 32: Berechnung des PL für die Reihenschaltung von Sicherheitsgeräten

11.10 Methoden zur Fehleranalyse

Beispiel einer Fehleranalyse mit FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*):

Risikobeurteilung	Maschine: _____	Schwere der Verletzung (S) S1 leichte (üblicherweise reversible Verletzung) S2 ernste (üblicherweise irreversible Verletzung einschliesslich Tod)	Möglichkeit der Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens (P) P1 möglich unter bestimmten Bedingungen P2 kaum möglich	Geforderter Performance Level (PLr) a, b, c, d, e
Betriebsart: _____	Teilsystem: _____	Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition (F) F1 selten bis weniger häufig und/oder die Zeit der Gefährdungsexpositon ist kurz F2 häufig bis dauernd und/oder die Zeit der Gefährdungsexpositon ist lang		

Nr.	Beschreibung der Betriebsart	Nr	Gefahrensituation: Gefahr	Gefahrensituation: Person im Gefahrenbereich	Nr.	Ursache	Ereignis	geforderter PL: S	F	P	PLr	Schutzziel	Massnahmen	PLr Restrisiko: S	F	P	PLr	Hinweise
1.	Stillsetzten der Maschine	1.1	Verletzung durch bewegende Teile	Verletzungen des Bedieners	1.1.1	Restenergie im Zwischenkreis	Sach- und Personenschäden durch bewegende Maschinenteile, in der Zeit zwischen Trennung der Energie und vollständiger Entladung der Zwischenkreis-Energie	S2	F2	P1	**d**	Keine Verletzungen möglich	- Extern Enable abschalten - mit Not-Stop Bremsrame Achse stoppen - Zwischenkreis mit Bremswiderstand entladen - STO anfordern nachdem Achsen stillgesetzt sind - Zwischenkreisspannung überwachen	S1	F2	P1	**b**	
2.	Wiederenschalten nach Service Intervall	2.1	Betrieb ohne Sicherheitsfunktion	Verletzungen des Bedieners	2.1.1	Ersatzgerät ohne Sicherheitsfunktion	Verlust der Sicherheitsfunktion	S2	F1	P1	**c**	Sicherheitsgeräte beinhalten korrekte Sicherheitsfunktionen	- Software überprüft das vorhanden sein der Korrekten Sicherheitsfunktionen - Schulung des Personals - Checklisten	S1	F1	P1	**a**	
3.	Betrieb	3.1	Unkontrollierte Achsen	Verletzungen des Bedieners	3.1.1	Sicherheitsfunktion STO im Betrieb anfordern.	Achsen trudeln aus, Achsen sind unkontrollierbar aufgrund der sicheren Impulssperre	S2	F1	P1	**c**	Sicherer Zustand bei Anforderung der Sicherheitsfunktion	- verriegelte Schutztüren, öffnen erst nachdem die Achsen stillgelegt sind - Achsen mit Not-Stop Bremsrampe stoppen, STO zeitverzögert anfordern	S1	F1	P1	**a**	
4.	Einrichtbetrieb	4.1	Vertikale Achsen mit herabfallenden Massen	Verletzungen des Bedieners	4.1.1	STO wird angefordert während Achse im sicheren Betriebshalt ist.	Drive kann Haltemoment nicht mehr aufbringen, Achse unkontrollierbar aufgrund der sicheren Impulssperre	S2	F1	P1	**c**	Sicherer Zustand bei Anforderung der Sicherheitsfunktion	- sichere Bremse! - sichere Parkposition	S2	F1	P1	**c**	
					4.1.2	Bremse defekt	Masse fällt herunter	S2	F1	P1	**c**	Sicherer Zustand bei Anforderung der Sicherheitsfunktion	- mechanisch verriegelte Bremse - Verriegelung mit Schliesser-Kontakt überwachen - Verriegelte Schutztüre, öffnet nur bei verriegelter Bremse	S1	F1	P1	**a**	
5.	Einrichtbetrieb	5.1	Achsen bewegen sich zu schnell	Verletzungen des Bedieners	5.1.1	Fehlerhafte, zu hohe Geschwindigkeits-Vorgabe	Sach- und Personenschäden durch bewegende Maschinenteile	S2	F2	P1	**d**	Keine Verletzungen möglich	- Schulung Service-Personal - Sicher red. Geschw. während Einrichtbetrieb - Zweihand-Betätigung während Einrichtbetrieb - Lichtvorhang	S1	F1	P1	**a**	
6.	Betrieb	6.1	Überbrückte Sicher-heitsfunktionen	Verletzungen des Bedieners	6.1.1	Überbrückte Sicher-heitsfunktionen	Sach- und Personenschäden durch bewegende Maschinenteile	S2	F1	P1	**c**	Keine Manipulation von Schutzeinrichtungen	- Feinjustierung mit Einstellelementen ausserhalb von Abdeckungen - Einstellungen erfolgen elektronisch über Bedienung bei geschlossener Abdeckung	S1	F1	P1	**a**	

Abb 33: Fehleranalyse mit FMEA

11.11 Verifikation, Validierung der Sicherheitsfunktion

11.11.1 Verifikation

Für jede einzelne Sicherheitsfunktion muss der Performance Level (PL) des zugehörigen Sicherheitselements dem geforderten Performance Level aus der Risikoeinschätzung entsprechen.

(EN ISO 13849-1 Kapitel 4.7)

11.11.2 Validierung

Der Zweck des Validierungsverfahrens ist, die Spezifikation und die Konformität der Gestaltung der sicherheitsbezogenen Teile der Steuerung innerhalb der Gesamtspezifikationen für die Sicherheitsanforderungen an der Maschine zu bestätigen.

Die Validierung muss aufzeigen, dass jedes sicherheitsbezogene Teil die Anforderungen erfüllt, insbesondere bei

- den festgelegten Sicherheitseigenschaften der Sicherheitsfunktionen für diesen Teil, wie in der sinnvollen Gestaltung realisiert, und
- den Anforderungen für die festgelegte Kategorie. Die Validierung sollte von Personen ausgeführt werden, die von der Gestaltung der sicherheitsbezogenen Teile unabhängig sind.

(EN ISO 13849-1 Kapitel 8; EN ISO 13849-2; EN 62061, Kapitel 8)

11.12 Technische Dokumentation

Bei der Gestaltung eines Sicherheitssystems muss deren Konstrukteur mindestens folgende Informationen über das sicherheitsbezogene Teil dokumentieren:

- die durch die SRP/CS bereitgestellte(n) Sicherheitsfunktion(en);
- die Eigenschaften jeder Sicherheitsfunktion;
- die genauen Punkte, wo die sicherheitsbezogenen Teile beginnen und enden;
- die Umgebungsbedingungen;
- den Performance Level (PL);
- die ausgewählte Kategorie oder die ausgewählten Kategorien;
- die auf die Zuverlässigkeit bezogenen Parameter (MTTFd, DC, CCF und Einsatzdauer);
- die Maßnahmen gegen systematische Fehler;
- die verwendete Technologie oder die verwendeten Technologien;
- alle berücksichtigten sicherheitsbezogenen Fehler;
- die Begründungen für Fehlerausschlüsse (siehe ISO 13849-2);
- die Begründung der Gestaltung, (z. B. berücksichtigte Fehler, die ausgeschlossenen Fehler);
- Softwaredokumentation;
- Massnahmen gegen vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung.

11.13 Anschlussbeispiele

Sämtliche Anwendungsbeispiele sind unverbindlich. Die verbindliche Auslegung der Sicherheitsfunktionen (SF) liegt in der Verantwortung des Anwenders. Er hat dabei den Stand der Technik in den entsprechenden europäischen Normen wie z.B. EN ISO 13849-1/-2, EN 62061, EN 1088, etc. zu folgen.

11.13.1 STO mit verriegelter Schutztüre

Sicherer Halt STO mit verriegelter Schutztüre und Not-Aus.
Stopp Kategorie 1
Sicherheitskategorie 3

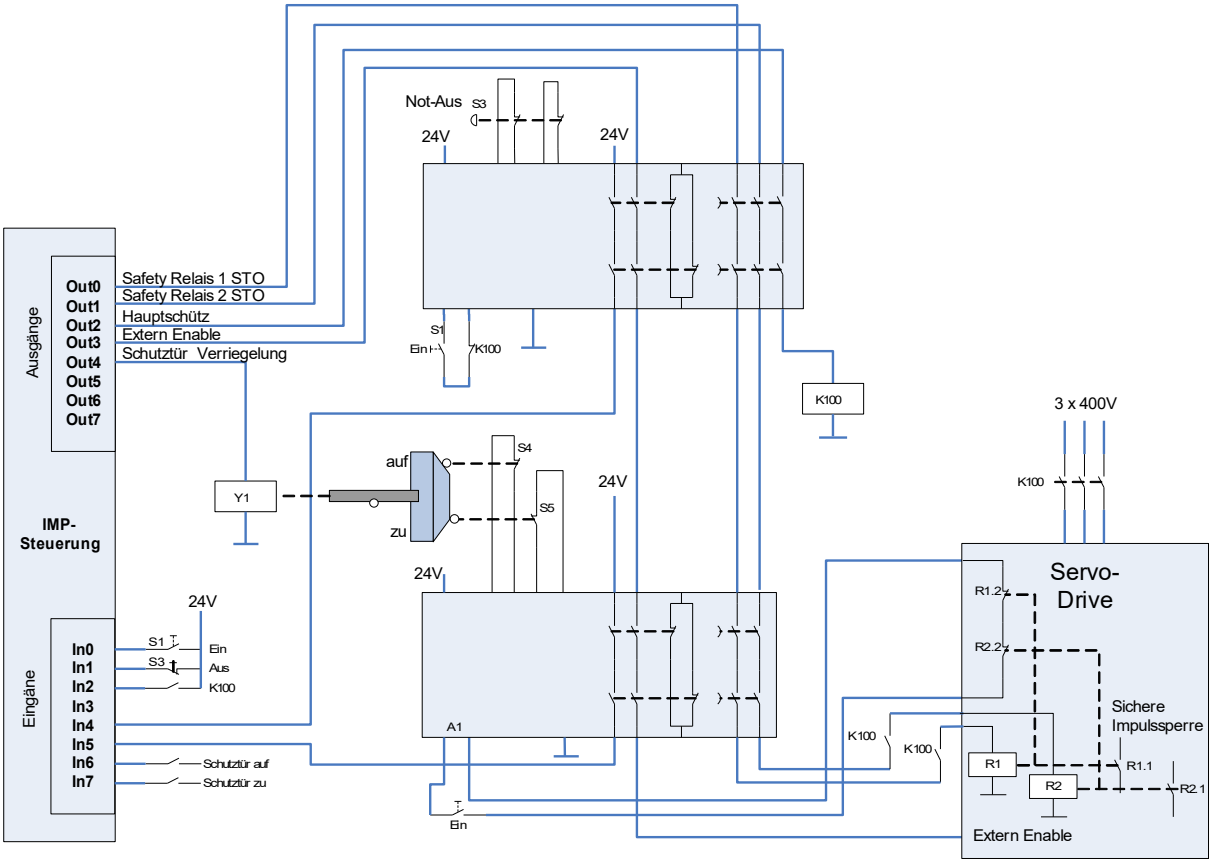


Abb 34: STO, verriegelte Schutztüre

11.13.2 STO mit einem Sicherheitsschaltgerät

Sicherer Halt STO mit verriegelter Schutztüre und Not-Aus.
Stopp Kategorie 1
Sicherheitskategorie 3
nur ein Sicherheitsschaltgerät

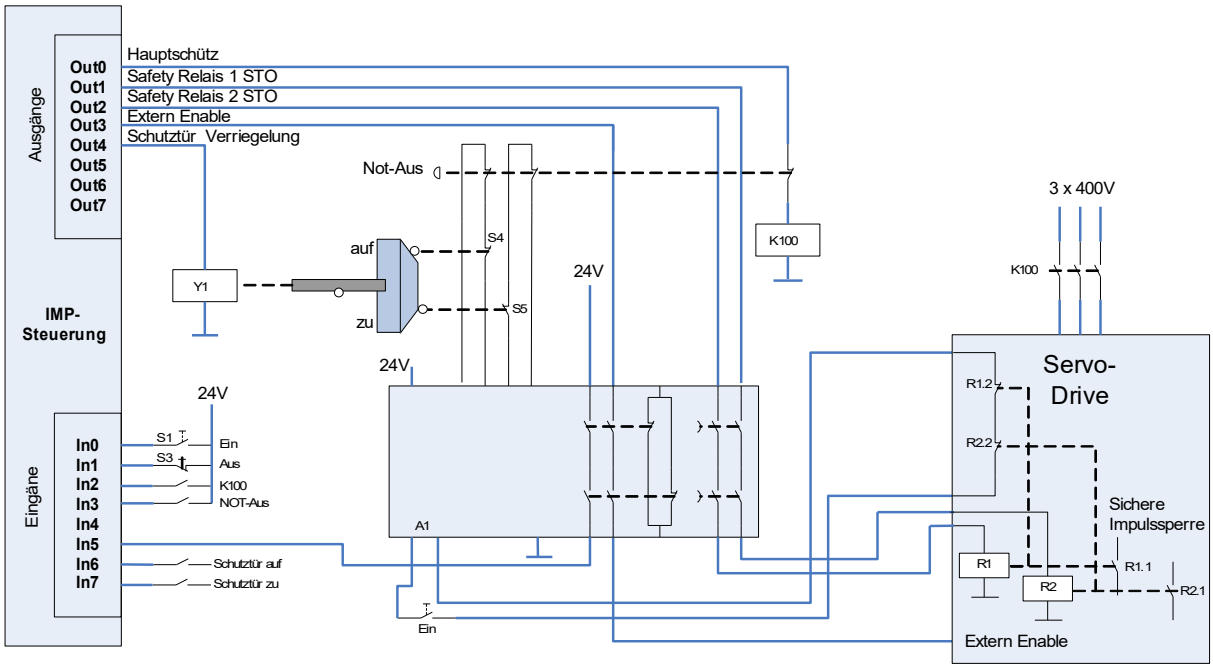


Abb 35: STO mit einem Sicherhetisschaltgerät

11.13.3 STO mit Zustimmschalter

Sicherer Halt STO mit verriegelter Schutztüre und Not-Aus.
Stopp Kategorie 1
Sicherheitskategorie 3
nur ein Sicherheitsschaltgerät
Überbrückung der Schutztüre mit Schlüsselschalter und Zustimmschalter

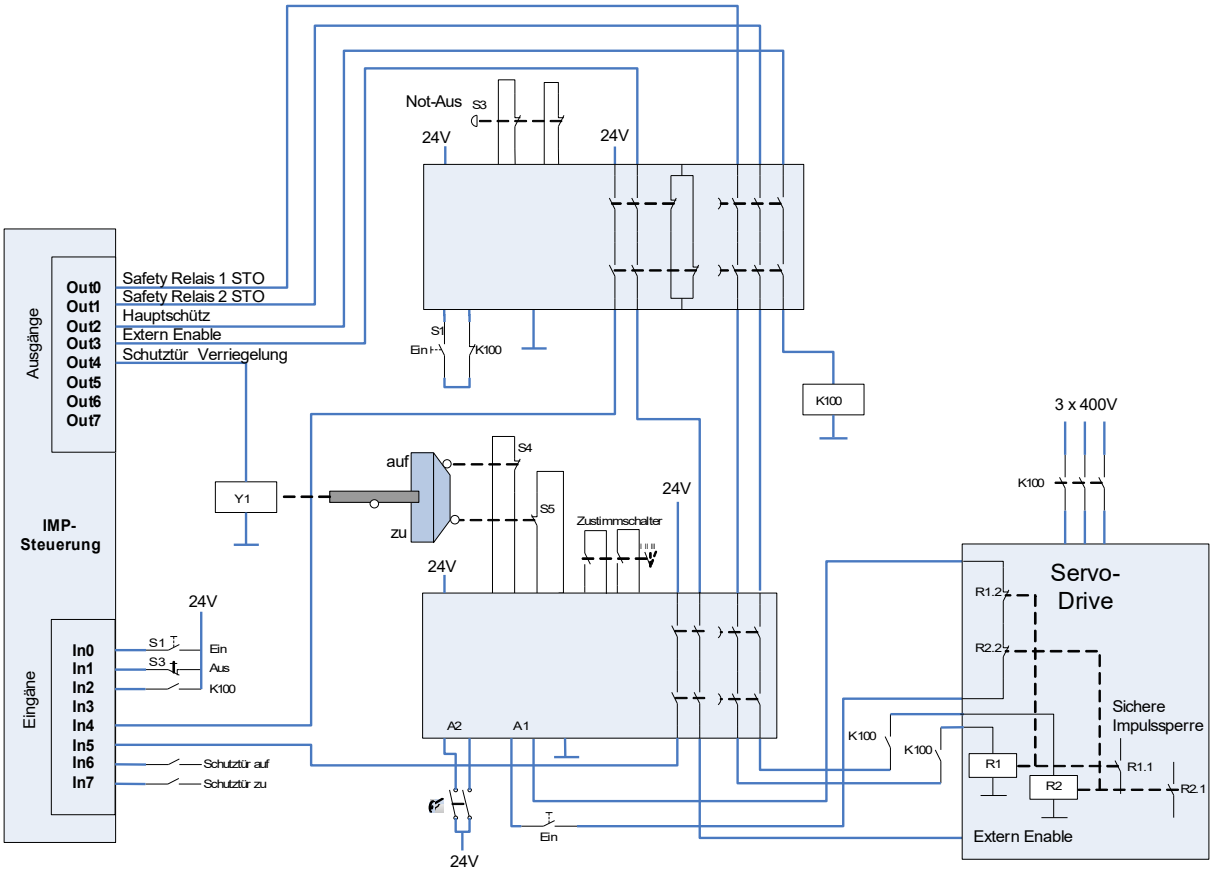


Abb 36: STO mit Zustimmtaster

12 Abbildungsverzeichnis

Abb 1: Typenschild....13
Abb 2: SAC 2.5A, 4A/230V....21
Abb 3: SAC 5A....21
Abb 4: SAC 16/24A....21
Abb 5: SAC3x3....22
Abb 6: Lüfteranschluss SAC3x3....25
Abb 7: Funktionsprinzip Sicherer Halt....31
Abb 8: Sicherer Halt....31
Abb 9: Stecker X100....31
Abb 10: Steckerbelegung 1....34
Abb 11: Steckerbelegung 2....34
Abb 12: Anschlussbeispiel 24V Single-Ended Inkremental Encoder....42
Abb 13: Anschlussbeispiel 5V Single-Ended Inkremental Encoder....42
Abb 14: RJ Stecker....43
Abb 15: Kein Jumper, 10m Jumper, 30m Jumper....45
Abb 16: Status LEDs SAC-Drives....46
Abb 17: Baumusterbescheinigung SAC3-Drives....53
Abb 18: Baumusterbescheinigung SAC3x3-Drives....54
Abb 19: Risikograph....61
Abb 20: Performance Level - SIL Level....62
Abb 21: SIL Level mit niedriger und hoher Anforderung....62
Abb 22: Mean time to failure (dangerous) MTTFd....66
Abb 23: Diagnosedeckungsgrad DC....67
Abb 24: Architektur Kategorie B....68
Abb 25: Architektur Kategorie 1....69
Abb 26: Architektur Kategorie 2....70
Abb 27: Architektur Kategorie 3....71
Abb 28: Architektur Kategorie 4....72
Abb 29: Beziehung zwischen den Kategorien DC, MTTFd jedes Kanals und PL....73
Abb 30: Tabellarische Beziehung zwischen den Kategorien DCavg, MTTFd jedes Kanals und PL....73
Abb 31: Kombination von Sicherheitssystemen zum Erreichen des Gesamt-PL....74
Abb 32: Berechnung des PL für die Reihenschaltung von Sicherheitsgeräten....74
Abb 33: Fehleranalyse mit FMEA....75
Abb 34: STO, verriegelte Schutztüre....77
Abb 35: STO mit einem Sicherhetisschaltgerät....78
Abb 36: STO mit Zustimmtaster....79

Disclaimer

Für die gemachten Angaben besteht keine Gewähr für Richtigkeit oder Vollständigkeit. Technische Änderungen vorbehalten.

File-History

1.16	29.04.2011	Gin-SAC3x3, GIN-SAC3 mit STO Zertifikat, Typenschild angepasst, Heisse Oberfläche für SAC3x3, Abbildungsverzeichnis
3.17	16.05.2011	SUVA Zertifikat
3.18	05.07.2011	Neues Typenschild Design
3.19	18.07.2011	Baumusterbescheinigung SAC3, SAC3x3
3.20	30.09.2011	Disclaimer eingefügt, FMEA mit PL ergänzt
3.21	04.09.2011	Lüfteranschluss SAC3x3
3.22	16.11.2011	Einschaltstrom < 2A, Zwischenkreise von max. 5 Drives parallel schalten
3.23	20.12.2011	Keywörter X5, SIO bei Serieller Schnittstelle eingefügt.
3.24	09.02.2012	Korrektur Inc an Absolut-Wegmess Eingängen: IncA an Clk, IncB an Data
3.25	21.02.2012	SAC3x3 9 Pol D-Sub Interface gelöscht. Single-Ended Inkrementalgeber Interface gelöscht. Anschlussbeispiel 24V / 5V Single-Ended Inc Encoder
3.26	02.03.2012	Digitale IO's SAC3x3 hinzugefügt. SAC3x3 Bi-Metal Temp. Sensor entfernt.
3.27	09.05.2012	Vermassung SAC3 2.5A 4A/230V (Abb.2) korrigiert
3.28	12.06.2012	Typ GIN-SAC3 4A/230V zur Abb. 2 Verwiesen
3.29	01.10.2012	Änderung Pinbezeichnung von SAC3 SinCos Interface Stecker X14A Pin 4 neu V2.
3.30	12.10.2012	Genauere Beschreibung für Montage des SAC3x3
3.31	12.10.2012	Ausdrücklicher Hinweis zum Haftungsausschluss bei Nichteinhaltung der Umgebungs- und Betriebsbedingungen
3.32	21.12.2012	Kapitel 5.3.2 Korrektur Inkrementalgeber an SinCos Eingängen: IncA an Cos, IncB an Sin Vermerk RS422 mit 120 Ohm Abgeschlossen. Geber muss diese Last treiben können Inkrementalgeber ans Absolut-Wegmesssystem wird beim GIN-SAC3 nun auch unterstützt
3.33	26.04.2013	Kapitel 11.13.4, Sichere langsame Geschwindigkeit mit reduzierter Einspeisung, entfernt
3.34	15.10.2013	Kapitel 3.1 Hinweis zusätzliche Lüftung um Umgebungstemperatur im Betrieb unter 40°C zu halten. Minimalabstand zwischen einzelnen Servo-Drives und mechanischen Abgrenzungen auf 50mm erhöht
3.35	06.02.2015	Minimalabstand zwischen Servo-Drives auf 10mm.
3.36	02.04.2015	Reaktionszeit t_{OFF} des STO in Kapitel 3.1 von 3ms auf 15ms geändert Reaktionszeit t_{SIS} in Kapitel 4.5 von 3ms auf 15ms geändert
3.37	14.08.2015	Aufnahme Kapitel 5.2.5, Kombination der Feedbacksysteme beim SAC3x3
3.38	19.04.2016	BMX: Konformitätserklärung gemäss aktuellen Richtlinien angepasst, Kapitel 10.4
3.39	05.08.2016	BMX: Anpassung der sicherheitstechnischen Auflagen in Kapitel 1.2 und Anpassung der angewendeten Normen in Kapitel 8
3.40	22.02.2017	BMX: Verlängerung der Baumusterprüfbescheinigungen E 6929 in Kapitel 10.2 und E 6930 in Kapitel 10.3
3.41	07.10.2020	Update EG-Konformitätserklärung in Kapitel 10.4
3.42	10.09.2020	Update EG-Konformitätserklärung in Kapitel 10.4
3.43	24.02.2022	BMX: Verlängerung der Baumusterprüfbescheinigungen E 6929 in Kapitel 10.2
3.44	30.09.2022	BMX: Update EG-Konformitätserklärung in Kapitel 10.4