

# HIPERFACE® Safety Integrationshandbuch

Anforderungen zur Auswertung von sicheren  
HIPERFACE® - Motor-Feedback-Systemen in  
Verbindung mit Umrichtern für sichere elektrische  
Servo-Antriebssysteme



de

en

---

© SICK AG

All rights reserved. No part of the description must be reproduced or further processed in any form without the company's consent.

Subject to change without prior notice

SICK AG gives no warranty for functional and safety aspects of sample circuitry. Development work is performed independently. Valid standards and certifying bodies are definitive. This Implementation Manual was produced with utmost care and checked by an independent body. Nonetheless, SICK AG cannot guarantee its being completely without error. SICK AG accepts no warranty for non-infringement of patent rights, e.g. in case of suggestions for circuitry or processes.

Trade good names listed are the property of the companies concerned.

SICK AG  
Erwin-Sick-Str. 1  
79183 Waldkirch  
Germany  
Internet: [www.sick.com](http://www.sick.com)  
E-mail: [info@sick.com](mailto:info@sick.com)  
Made in Germany 2021.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Zu diesem Dokument.....</b>	<b>7</b>
3.1	Verwendete Symbole.....	7
<b>4</b>	<b>Generelles.....</b>	<b>8</b>
4.1	Anwendungsbereich.....	8
4.2	Sicherheitsgerichtete Funktionskette.....	9
4.3	Sicherheitsrelevante Aufgabe des Auswertesystems.....	9
4.4	Verknüpfte Dokumente.....	10
<b>5</b>	<b>Sicherheitsrelevante Zielsetzung.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Anforderungen und Systemvoraussetzungen.....</b>	<b>12</b>
6.1	Anforderungen an den Anwender.....	12
6.2	Anforderungen an die Signalauswertung und das Antriebssystem.....	12
6.3	Anforderungen an die elektrische Ankopplung des Gebersystems.....	12
6.4	Anforderungen an die mechanische Ankopplung und die Einsatzbedingungen des Gebersystems.....	12
6.4.1	Mechanische Kopplung mit der Motorwelle und mechanische Fixierung des Gebers .....	13
6.4.2	Umgebungsbedingungen.....	13
<b>7</b>	<b>Sicherheitstechnische Kenngrößen.....</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>Diagnoseanforderungen und Fehlererkennung.....</b>	<b>15</b>
8.1	Tabelle der Fehlerannahmen.....	15
8.2	Anmerkungen zur Tabelle der Fehlerannahmen.....	15
8.2.1	Störungen der analogen Gebersignale Sinus und Cosinus..	15
8.2.2	Verlust der mechanischen Kopplung Gebergehäuse oder Versatz der mechanischen Kopplung während des Motorstillstands.....	17
8.2.3	Verlust der mechanischen Kopplung Geberwelle / Motorwelle während des Stillstands.....	18
8.2.4	Verlust der mechanischen Kopplung Gebergehäuse / Motorgehäuse während des Motorlaufs.....	18
8.2.5	Sinus-/Cosinus-Signalstillstand durch Verlust der mechanischen Kopplung Geberwelle / Motorwelle während des Motorlaufs.....	18
8.2.6	Lösung der Maßverkörperung.....	19
8.2.7	Oszillationen eines oder mehrere Ausgänge.....	19
8.2.8	Austausch der Ausgangssignale Sin-Cos.....	19
8.2.9	Überwachung der vom Auswertegerät ausgegebenen Geber-Versorgungsspannung.....	19

8.2.10	Betrieb des Gebersystems außerhalb zulässiger Temperaturbereiche.....	19
8.2.11	Betrieb unter überhöhten Schockbelastungen (Bremsung).	19
<b>9</b>	<b>Zusätzliche Maßnahmen zur Fehlererkennung (Empfehlung)...</b>	<b>21</b>
<b>10</b>	<b>Gestaltungsbeispiel: Blockschaltbild eines zweikanaligen Systems.....</b>	<b>22</b>
<b>11</b>	<b>Glossar.....</b>	<b>23</b>
<b>12</b>	<b>Index.....</b>	<b>24</b>
<b>13</b>	<b>Dokumentversionen.....</b>	<b>25</b>

# 1 Abbildungsverzeichnis

1.	Allgemeine Darstellung einer sicherheitsgerichteten Funktionskette.....	9
2.	Allgemeine Darstellung eines Servo-Regelkreises.....	9
3.	Ermittlung des Signals k .....	16
4.	Schaltungsmodell zur Lissajous-Darstellung .....	16
5.	Ermittlung des Diagnosedeckungsgrads .....	17
6.	Gestaltungsbeispiel: Blockschaltbild eines zweikanaligen Systems.....	22
7.	General diagram of a safety-oriented functional arrangement.....	35
8.	General diagram of a servo-control circuit.....	35
9.	Determination of the k signal.....	42
10.	Interconnection module for Lissajous representation.....	42
11.	Determination of the diagnostic degree of cover.....	43
12.	Design example: Block circuit diagram of a two-channel system.....	48

## 2 Tabellenverzeichnis

1. Betriebsarten nach Begriffen der IEC 61800-5-2/Ed. 1 und relevante Fehlerbe- handlung.....	11
2. Operating modes according to terms of IEC 61800-5-2/Ed. 1 and relevant error handling.....	37

## 3 Zu diesem Dokument

### 3.1 Verwendete Symbole

**HINWEIS**

Hinweise informieren Sie über Besonderheiten des Geräts. Bitte beachten Sie diese, sie enthalten oft wichtige Informationen. Tipps geben zusätzliche Informationen, die die Arbeit mit der Dokumentation erleichtern.

---

**WARNUNG SICHERHEITSHINWEIS!**

Ein Sicherheitshinweis weist Sie auf konkrete oder potentielle Gefahren oder auf falsche Handhabung der Applikation hin. Dies soll Sie vor Unfällen bewahren. Lesen und befolgen Sie Sicherheitshinweise sorgfältig!

---

## 4 Generelles

Geber mit der Schnittstelle HIPERFACE® sind Motor-Feedback-Systeme, die aufgrund ihrer Ausstattung zum dynamischen und präzisen Betrieb von Servo-Regelkreisen prädestiniert sind.

Das Gesamtsystem, bestehend aus Geber, Auswertesystem, Servo-Umrichter und Motor, bildet einen Regelkreis (siehe Abbildung 1). Aus den Gebersignalen werden Ist-Werte für Kommutierung, Drehzahl, Drehrichtung und Lage abgeleitet.

Für Sicherheitsfunktionen zertifizierte Gebersysteme mit der Schnittstelle HIPERFACE® eignen sich aufgrund ihrer hohen elektrischen und mechanischen Zuverlässigkeit sowie ihrer hohen Immunität gegen elektromagnetische und elektrostatische Störungen (EMV) hervorragend zum Einsatz in Funktionsketten von sicherheitsgerichteten Maschinenfunktionen.

Die Übermittlung der Sensorsignale zum Auswertegerät erfolgt über die HIPERFACE® Schnittstelle. Diese verfügt über Informationskanäle entsprechend folgender Tabelle:

Funktionskanal	Funktion	Übertragungsgeschwindigkeit
Prozessdatenkanal	Ausgabe von analogen Sinus-/Cosinus-Zyklen zur richtungsorientierten Positionsauswertung durch Interpolation und Zähler.	Echtzeit
Parameterkanal	RS485-Schnittstelle zur Abfrage und Übermittlung von absoluten Positionsdaten und anderen Daten durch das Auswertesystem.	Je nach Anforderung einige Millisekunden

### Sicherheitsrelevante Nutzung der Funktionskanäle

Aufgrund der relativ hohen Übertragungszeit des Parameterkanals ist anzunehmen, dass die auf diesen Daten resultierende Fehlererkennungszeit höher ist als die tolerierbare Reaktionszeit. Deshalb wurde für die normenorientierte, sicherheitsgerichtete Betrachtung des Systems ausschließlich der Prozessdatenkanal herangezogen.

Die zusätzliche Nutzung des Parameterkanals ist jedoch in bestimmten Fällen zur Prüfung nominaler Umgebungsbedingungen (Gebertemperatur) erforderlich. Empfohlen wird die Nutzung des Parameterkanals im Bezug auf Fehlerfrüherkennung und flexibles Fehlermanagement.

### 4.1 Anwendungsbereich

Der sicherheitsgerichtete Einsatz von Gebersystemen mit Sinus/Cosinus-Ausgang bezieht sich auf die Anwendung in Verbindung mit Servosystemen, die mit dreiphasigen AC-Synchronmotoren arbeiten und deren Kommutierungsinformation ebenso wie die Drehzahl- oder Geschwindigkeitsinformation aus den Sinus-/Cosinus Signalen des direkt an der Motorwelle angekoppelten Gebers abgeleitet wird. Ein Einsatz in Verbindung mit Servosystemen, die mit Asynchronmotoren arbeiten und deren Drehzahlregelung aus den Sinus-/Cosinus-Signalen des direkt an der Motorwelle angekoppelten Gebers abgeleitet wird, ist ebenfalls möglich.

Sicherheitsrelevante Aufgabe des Auswertesystems ist es, die vom Geber gelieferten Signale zu diagnostizieren und Reaktionen im Fehlerfall innerhalb einer Zeit auszuführen, die kurz genug ist, gefährdende Situationen zu beherrschen. Die Beschreibung sicherheitsrelevanter Anforderungen an das Auswertesystem ist Gegenstand dieses Implementierungshandbuchs.



## 4.2 Sicherheitsgerichtete Funktionskette

Das Gebersystem ist Teil einer Funktionskette, die im Allgemeinen aus den Elementen Sensor, Logik und Aktor besteht. Die für eine Anlage erforderliche Risikoreduzierung ergibt sich durch Anwendung eines der jeweiligen Norm entsprechenden Risikografen, der im Wesentlichen den für die erforderliche Risikoreduzierung der gesamten Funktionskette zutreffenden Kennwert festlegt (Safety Integrity Level; SIL bzw. Performance Level; PL ). Dem Gebersystem selbst ist daher nur ein Teil des dem jeweiligen Kennwert entsprechenden Gesamtrisikos zugeordnet.



Abbildung 1: Allgemeine Darstellung einer sicherheitsgerichteten Funktionskette

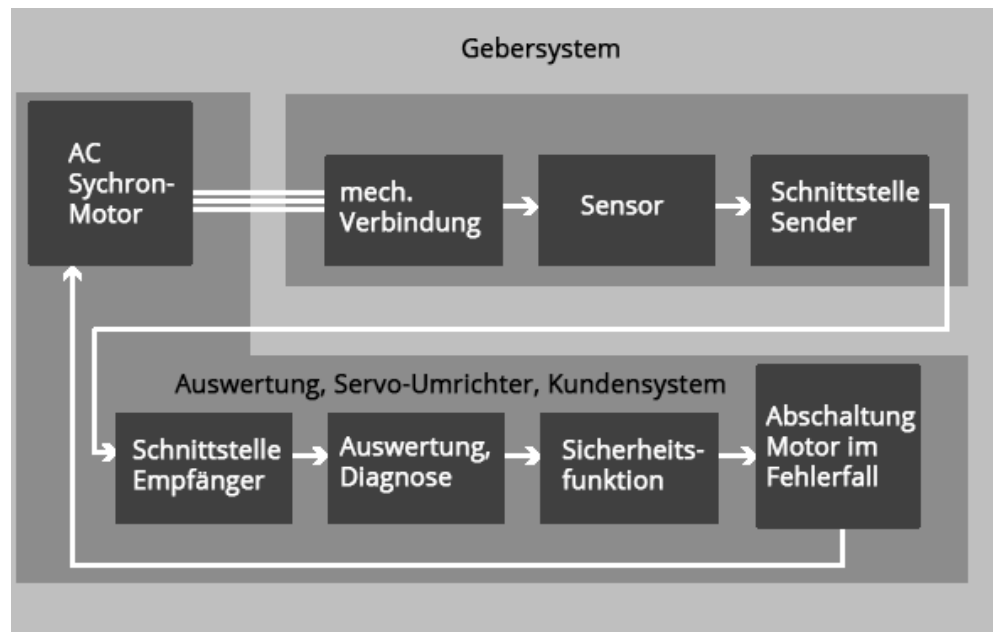


Abbildung 2: Allgemeine Darstellung eines Servo-Regelkreises

## 4.3 Sicherheitsrelevante Aufgabe des Auswertesystems

Es ist **alleinige** Aufgabe des Auswertesystems, Störungen, von denen eine Gefährdung ausgehen kann, entsprechend der Normenanforderungen zu erkennen. Das Gebersystem ist **nicht** in der Lage, aufgrund von geberinternen Diagnosen eigeninitiativ Aktionen auszulösen.



### WARNUNG

Es wird vorausgesetzt, dass der angeschlossene Servo-Umrichter über normenkonforme Maßnahmen zur Erreichung eines sicheren Zustands verfügt.

### 4.4 Verknüpfte Dokumente

Dokument/Bestellnr.	Thema	Stand
SPECIFICATION HIPERFACE® 8010701	HIPERFACE®	03.2016 (oder neuer)

Jedes für Sicherheitsfunktionen zertifizierte Gebersystem mit der Schnittstelle HIPERFACE® wird mit einer Betriebsanleitung ausgeliefert. Dieses ist bei der Montage, Elektroinstallation, Inbetriebnahme und Wartung zu berücksichtigen. Darüberhinaus besteht für jedes Gebersystem ein Datenblatt mit technischen Informationen, Variantenauswahl und Informationen zu Zubehörteilen. Betriebsanleitungen und Datenblätter können von der Internetseite [www.sick.com](http://www.sick.com) heruntergeladen werden.

## 5 Sicherheitsrelevante Zielsetzung

Bei Einhaltung der Vorgaben dieses Implementierungshandbuchs ist eine sicherheitsgerichtete Funktionskette geeignet, in Anwendung der Klassifizierung

- SIL 2 gem. EN 62061 und IEC 61508 sowie
- PL d gem. EN ISO 13849-1

eingesetzt zu werden.

Ziel ist es, sicherheitsgerichtete Funktionen in Bezug auf Drehzahl, Drehrichtung und Stillstand sicher zu erfassen.



### HINWEIS

Das vorliegende Handbuch beschreibt lediglich Anforderungen, Rahmenbedingungen und Ausführungsbeispiele. Die detaillierte Gestaltung der Schaltkreise im Auswertegerät sowie deren normenkonforme Ausführung obliegt dem jeweiligen Anwender.

*Tabelle 1: Betriebsarten nach Begriffen der IEC 61800-5-2/Ed. 1 und relevante Fehlerbehandlung*

Betriebsart	Funktion	Fehlererkennung und Fehlerbeherrschung gem. Anmerkung Nr. (siehe Kapitel 6.2)
SOS	Safe Operating Stop	Kapitel 8.2.1; Kapitel 8.2.2; Kapitel 8.2.3; Kapitel 8.2.5; Kapitel 8.2.7; Kapitel 8.2.8; Kapitel 8.2.9; Kapitel 8.2.10
SLS	Safely Limited Speed	Kapitel 8.2.1; Kapitel 8.2.2; Kapitel 8.2.4; Kapitel 8.2.5; Kapitel 8.2.6; Kapitel 8.2.7; Kapitel 8.2.8; Kapitel 8.2.9; Kapitel 8.2.10
SS1	Safe Stop 1	
SS2	Safe Stop 2	
SLA	Safely Limited Acceleration	
SAR	Safe Acceleration Range	
SSR	Safe Speed Range	
SDI	Safe Direction	
STO (informativ)	Safe Torque Off	



### HINWEIS

Es wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Bewegungsgrößen, Vergleiche mit Limitierungen und Zeiten im Auswertegerät normenkonform sicher erfasst und verarbeitet werden.

Nicht bezogene, sicherheitsgerichtete Betriebsarten sind Betriebsarten, die im Zusammenhang mit absoluter Lage oder absoluter Position stehen.

## 6 Anforderungen und Systemvoraussetzungen

### 6.1 Anforderungen an den Anwender

Der hier wiedergegebene Überblick über relevante Normen und deren Anwendung soll lediglich als Leitfaden gelten. Die Konstruktion von Maschinen oder Maschinensteuerungen erfordert ein detailliertes Verständnis der technischen Details und der relevanten Normen. Entsprechende Kenntnisse werden vorausgesetzt. Insbesondere:

- Kenntnisse zu Aufbau, Wirkungsweise und Betrieb von dreiphasigen, elektronisch kommutierten Synchron-Servomotoren.
- Kenntnisse zu Aufbau, Wirkungsweise und Betrieb von Servoumrichtern, deren Regelungs- und Leistungselektronik.
- Kenntnisse zu Aufbau, Wirkungsweise und Betrieb von Sicherheitsfunktionen.
- Spezifische Kenntnisse zur Umsetzung technischer und organisatorischer Vorgaben der in diesem Dokument aufgeführten und anderer relevanter Sicherheitsnormen.
- Kenntnisse zu den eingesetzten Motor-Feedback-Gebersystemen und der Schnittstelle HIPERFACE® ([Kapitel 4.4](#)).

### 6.2 Anforderungen an die Signalauswertung und das Antriebssystem

Motorsystem	Anforderung
Motorsystem	Permanent erregter Synchronmotor, Linearmotor -oder- Asynchronmotor
Reglersystem	Anforderung
Ermittlung der Rotorlage	Basierend auf den Sinus-/Cosinus-Zyklen des Gebersystems in Verbindung mit dem digitalen Absolutwert beim Systemstart.
Wirkungsprinzip der Kommutierung (nur Synchronmotor)	Elektronische, direkte Kopplung der Pollagenstellung mit der Stromvektorgabe für das dreiphasige Drehfeld. Es wird davon ausgegangen, dass ein Stillstand der Kommutierung zum Stillstand des Motors führt.
Bestimmung der Drehzahl/Verfahrgeschwindigkeit	Basierend auf den gleichen Signalen (Sinus-/Cosinus- Zyklen des Gebersystems), die auch zur Generierung der Kommutierung genutzt werden.
Diagnosedeckungsgrad (DC) zur Fehlererkennung der Gebersignale	Mindestens 90% Diagnose muss innerhalb der Prozessreaktionszeit ausgeführt werden.
Sicherheitsgerichtete Fehlererkennung und Fehlerbeherrschung	Beherrschung der Fehlersituationen siehe <a href="#">Kapitel 8.1</a> .

### 6.3 Anforderungen an die elektrische Ankopplung des Gebersystems

Die elektrische Ankopplung muss innerhalb der in der Betriebsanleitung spezifizierten Grenzen liegen (siehe [Kapitel 4.3](#) und Gestaltungsbeispiel [Kapitel 10](#)).

Die Anschlussleitung muss geschirmt ausgeführt werden (gemäß den Anforderungen der Betriebsanleitung).

### 6.4 Anforderungen an die mechanische Ankopplung und die Einsatzbedingungen des Gebersystems

### 6.4.1 Mechanische Kopplung mit der Motorwelle und mechanische Fixierung des Gebers

Aufbau und Art der Ankopplung und mechanischen Fixierung sind sicherheitsrelevant!

---



#### GEFAHR

Die strikte Einhaltung der Montageanforderungen in der Betriebsanleitung ist zwingend erforderlich.

---

Gemäß IEC 61800-5-2 können für die

- Verbindung Geberwelle – Motorwelle
- Verbindung Gebergehäuse – Motorgehäuse angenommen werden, wenn eine der beiden Bedingungen erfüllt ist:

Fehlerausschlüsse zum Verbindungsbruch im Stillstand und unter Bewegung angenommen werden, wenn eine der beiden Bedingungen erfüllt ist:

- Formschlüssige Verbindung
- Kraftschlüssige Verbindung mit einer Überdimensionierung nach dem Sicherheitsfaktor S aus DIN EN 61800-5-2:2017, Tabelle D.8 gegen alle auftretenden Losbrechmomente

In den Betriebsanleitungen für geeignete Produkte werden Anforderungen an die Montage aufgeführt, unter denen die Annahme zum Fehlerausschluss gerechtfertigt ist.

---



#### GEFAHR

Es ist sicherzustellen, dass Montagehandlungen nur von entsprechend eingewiesenem und qualifiziertem Personal durchgeführt werden.

---

### 6.4.2 Umgebungsbedingungen

Innerhalb der in der Betriebsanleitung spezifizierten Grenzen (siehe [Kapitel 4.4](#)).

---



#### WARNUNG

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Einbausituation des Gebers mindestens der Schutzklasse IP54 entsprechen muss.

---

## 7 Sicherheitstechnische Kenngrößen

Die sicherheitstechnischen Kenngrößen eines für Sicherheitsfunktionen zertifizierten Gebers mit HIPERFACE®-Schnittstelle werden in dessen Betriebsanleitung bzw. Datenblatt aufgeführt. Im Allgemeinen erfüllen alle Sicherheitsgeber mit HIPERFACE®-Schnittstelle die folgende Zielspezifikation:

	Kennwerte nach DIN EN 62061 / IEC 61508	Kennwerte nach DIN EN ISO 13849
Struktur		Kategorie 3
Klassifizierung	Einsatz in sicherheitsgerichteten Funktionsketten gem. SIL 2	Einsatz in sicherheitsgerichteten Funktionsketten gem. PL d
Anteil des Gebersystems am verfügbaren PFH-Wertebereich <sup>1)</sup>	< 10 % von SIL2 bzw. PFH < 1*10 <sup>-7</sup> [1/h]	< 10 % von PL d bzw. PFH < 1*10 <sup>-7</sup> [1/h]
Mission Time <sup>1)</sup>	20 Jahre	20 Jahre
Proof Test Interval	Nicht erforderlich	-
MTTFd	-	> 30 Jahre
DCavg	-	90 %
Sicherer Fehleranteil (SFF)	> 90 %	-

<sup>1)</sup> Die angegebenen Werte beziehen sich auf einen Diagnosedeckungsgrad von 90 %, die durch die externe Steuerung erreicht werden müssen. Die erkannten Fehler sind im [Kapitel 8](#) aufgeführt.

## 8 Diagnoseanforderungen und Fehlererkennung

### 8.1 Tabelle der Fehlerannahmen

Die Norm IEC 61800-5-2 (erste Fassung 2007-07) beschreibt in Tabelle D.16 Fehlerannahmen zum Einsatz von motion and position feedback sensors. Die Vorgaben dieser Norm und weitere Fehlerannahmen, sowie deren Erkennung- und Beherrschungsmöglichkeiten sind in folgender Tabelle dargestellt:

Fehlerannahme	Fehlererkennung / Fehlerbeherrschung siehe Kapitel
Kurzschlüsse zwischen zwei beliebigen Leitern	Kapitel 8.2.1
Unterbrechung beliebiger Leiter	Kapitel 8.2.1
Eingang oder Ausgang stuck at 0 oder 1, einzeln oder zeitgleich bei verschiedenen Eingängen / Ausgängen	Kapitel 8.2.1
Unterbrechung oder hochimpedanter Zustand einzeln oder zeitgleich bei verschiedenen Eingängen / Ausgängen	Kapitel 8.2.1
Absenkung oder Anstieg von Signalausgangsamplituden	Kapitel 8.2.1
Oszillationen eines oder mehrerer Ausgänge	Kapitel 8.2.1; Kapitel 8.2.7
Variationen der Phasenlage zwischen Ausgangssignalen	Kapitel 8.2.1
Verlust der mechanischen Kopplung Gebergehäuse / Motorgehäuse während des Stillstands	Kapitel 8.2.4
Verlust der mechanischen Kopplung Geberwelle / Motorwelle während des Stillstands	Kapitel 8.2.3
Verlust der mechanischen Kopplung Gebergehäuse / Motorgehäuse während des Motorlaufs	Kapitel 8.2.4
Verlust der mechanischen Kopplung Geberwelle / Motorwelle während des Motorlaufs	Kapitel 8.2.5
Verlust der Maßverkörperung	Kapitel 8.2.1; Kapitel 8.2.6
Ausfall der Sendediode im Geber	Kapitel 8.2.1
Statische Ausgangssignale eines oder mehrerer Ausgänge innerhalb der Versorgungsspannung	Kapitel 8.2.1; Kapitel 8.2.5
Veränderung der Signalform	Kapitel 8.2.1
Austausch der Ausgangssignale Sin/Cos	Kapitel 8.2.8
Unter- und Überschreitung der zulässigen Geber- Versorgungsspannung	Kapitel 8.2.9
Betrieb innerhalb unzulässiger Temperaturbereiche	Kapitel 8.2.10
Betrieb unter überhöhten Schockbelastungen (Bremsung)	Kapitel 8.2.11

### 8.2 Anmerkungen zur Tabelle der Fehlerannahmen

#### 8.2.1 Störungen der analogen Gebersignale Sinus und Cosinus

**Ziel:**

Erkennung aller unzulässigen Pegelveränderungen in der Relation von Sinus und Cosinus.

**Beispiel:**

Durch Bildung der Größe k durch folgende mathematische Beziehung

$$k^2 = k_1^2 * \sin^2\alpha + k_2^2 * \cos^2\alpha$$

oder anderer geeigneter mathematischer Verfahren ist es möglich, den Gleichspannungspegel, der den Signalen Sinus/Cosinus zugrunde liegt, zu erfassen. Der Vergleich mit entsprechenden maximalen und minimalen Limitierungen ermöglicht eine genaue und schnell reagierende Erkennung von unzulässigen Abweichungen, unabhängig von der momentanen Winkelstellung  $\alpha$ .

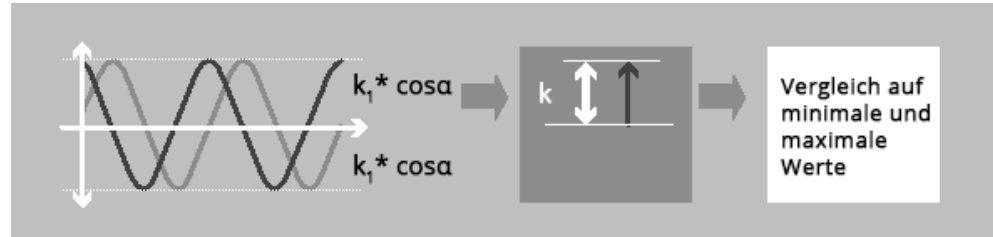


Abbildung 3: Ermittlung des Signals  $k$

Zur Bestimmung des Diagnosedeckungsgrades wurde ein zweidimensionales Modell verwendet, das der Bewertung der Signalrelationen und der damit verbundenen Diagnosemöglichkeiten anschaulich Rechnung trägt (Lissajous-Figur). Dabei bilden die Nutzsignale in ihrer Relation zueinander einen Nutzsignalring, dessen Flächenverhältnis zur Gesamtfläche zur Bestimmung des Diagnosedeckungsgrads (DC) herangezogen wurde.

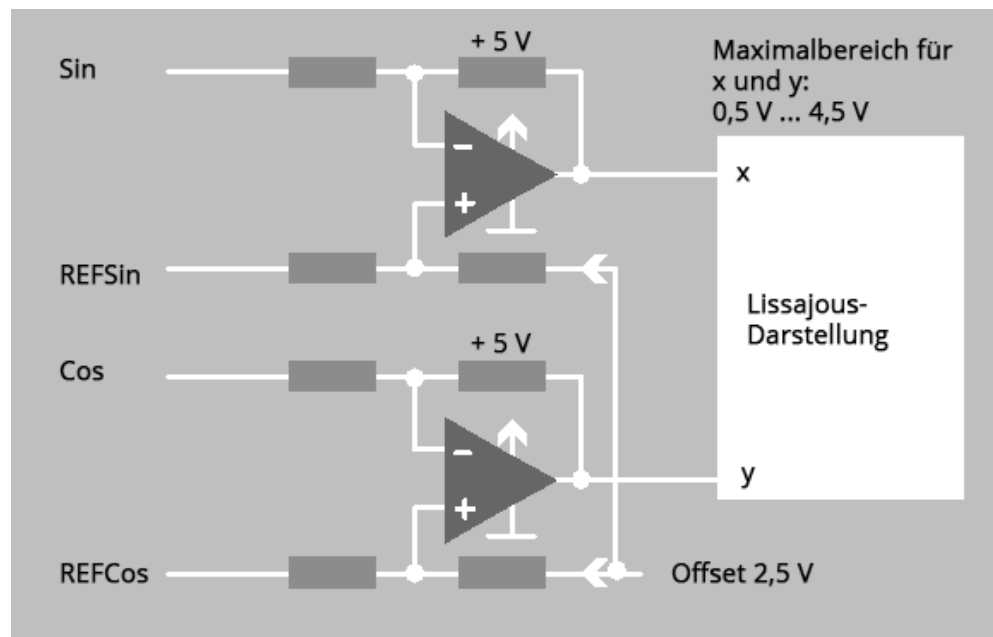


Abbildung 4: Schaltungsmodell zur Lissajous-Darstellung



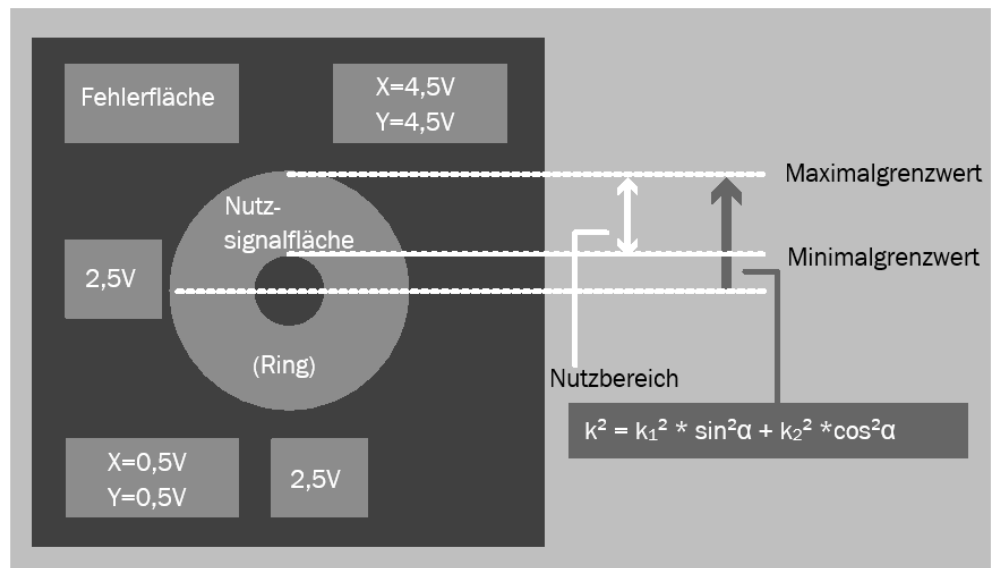


Abbildung 5: Ermittlung des Diagnosedeckungsgrads

Prüfung der Grenzwerte des Signals k nach differenzieller Auswertung innerhalb eines maximalen Spannungsbereichs von 0,5 V bis 4,5 V. Die Mitte des Spannungsbereichs (2,5 V) entspricht hierbei dem Wert k = 0	Siehe Anmerkung	Aus dem sich ergebenden Flächenverhältnis resultierender Diagnosedeckungsgrad (DC) (siehe Bild 2.3)
Beispiel: minimaler Grenzwert für k	0,25 V	90 %
Beispiel: maximaler Grenzwert für k	0,75 V	

**Anmerkung:**

Die angegebenen Werte ergeben sich aus einer angesetzten Spannungstoleranz von nominal 0,5 V zu -50 % und +50 %. Durch Ausweitung der nominalen Spannungstoleranz der SIN/COS-Signale (-20 % und +10 %) entstehen somit praxisgerechte Werte. Korrelationen mit den der Toleranzen der Signale REFSIN und REFCOS sind nicht berücksichtigt, da sich diese aufgrund der Art der Signalgenerierung im Geber bei der gezeigten Differenzverstärkung (siehe [Abbildung 4](#)) kompensieren. Realisierungen mit abweichenden Grenzwerten und somit anderen Werten für DC sind möglich (siehe [Kapitel 6.3](#)).



**HINWEIS**

Es wird empfohlen, die Grenzwerte zur Vermeidung von Fehlauflösungen nicht zu eng zu setzen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Verarbeitung der Signale unter der Verwendung von Operationsverstärkern erfolgt, die mit 5 V gespeist werden.

**8.2.2 Verlust der mechanischen Kopplung Gebergehäuse oder Versatz der mechanischen Kopplung während des Motorstillstands**

Fehlererkennung

Die folgende Betrachtung geht davon aus, dass die fehlende Kopplung von Gebergehäuse und Motorgehäuse einen Positionsversatz erzeugt, da das Gebergehäuse selbst indirekt durch die Anschlusskabel mit dem Motorgehäuse mechanisch verbunden bleibt.

Es besteht keine zuverlässige Fehlererkennungsmöglichkeit, wenn die Positionsverschiebung einen Winkel/eine Länge hat, der/die kleiner ist als die eines Polpaars. Bei größerem Versatz kann es zum Mitkoppeln des Stromregelkreises kommen. Die dadurch erfolgende unzulässige Bewegung muss durch das Antriebssystem erkannt werden.

### 8.2.3 Verlust der mechanischen Kopplung Geberwelle / Motorwelle während des Stillstands

Fehlerausschluss

Dieser Fehler kann unter der Voraussetzung vorschriftsmäßiger Gebermontage gem. Produktmanual ausgeschlossen werden. Die Montage durch geschultes Personal muss sichergestellt sein.

### 8.2.4 Verlust der mechanischen Kopplung Gebergehäuse / Motorgehäuse während des Motorlaufs

Fehlererkennung

Die folgende Betrachtung geht davon aus, dass die fehlende Kopplung von Gebergehäuse und Motorgehäuse einen Positionsversatz erzeugt, da das Gebergehäuse selbst indirekt durch die Anschlusskabel mit dem Motorgehäuse mechanisch verbunden bleibt.

Bei einem Winkel-/Positionsversatz größer der Hälfte eines Motor-Polpaarbereichs kann es durch Fehlorientierung der Kommutierung zum Mitkoppeln des Stromregelkreises kommen. Die dadurch erfolgende unzulässige Erhöhung der Geschwindigkeit oder unzulässige Drehrichtung muss durch das Empfängersystem erkannt werden. In Abhängigkeit der Applikation (Reaktionszeit, maximale Beschleunigung) muss daher ein Puffer zwischen gewünschter und maximal zulässiger Geschwindigkeit eingehalten werden.



#### HINWEIS

Eine Erkennung des Fehlers vor Eintritt der Mitkopplung durch die Prozessreaktion (schwaches Drehmoment, Schleppfehler) ist wahrscheinlich, jedoch nicht sicher.

---

### 8.2.5 Sinus-/Cosinus-Signalstillstand durch Verlust der mechanischen Kopplung Geberwelle / Motorwelle während des Motorlaufs

Fehlererkennung / Fehlerbeherrschung

Ein Stillstand der Sinus-/Cosinus-Zyklen des Gebers führt bei Einsatz an einem Synchronmotor zum Stillstand der Kommutierung. Es wird als gegeben vorausgesetzt, dass das angewendete Regelverfahren so wirkt, dass als Folge ein Verharren der durch den Stromregelkreis des Umrichters eingeprägten Stromvektoren auf einer festen Position und damit ein Halten des Polrades in der entsprechenden Lage erfolgt. Der Fehler erzeugt somit eine Reaktion in die sichere Richtung.



#### GEFAHR

Bei Einsatz des Gebersystems an einem Asynchronmotor muss der Antriebsregler durch geeignete Maßnahmen sicherstellen, dass ein ungültiger Signalstillstand erkannt wird und im Fehlerfall eine Fehlerreaktion in die sichere Richtung eingeleitet wird.

---

**8.2.6 Lösung der Maßverkörperung**

## Fehlererkennung

Das Lösen der Maßverkörperung kann folgende Situationen herbeiführen:

- Durch den Verlust der Ablendung des Senders kommt es zu einem maximalen Signalpegel in beiden Kanälen. Dies kann gemäß [Kapitel 8.2.1](#) erkannt werden.
- Eine Fehlausrichtung der Position der Codescheibe zum optischen Abtaster erzeugt ebenfalls Signalpegel in den Kanälen A und B, die nach [Kapitel 8.2.1](#) diagnostiziert werden können.

**8.2.7 Oszillationen eines oder mehrere Ausgänge**

## Fehlererkennung

Oszillationen auf den Signalausgängen können wie folgt detektiert werden:

- Führen die Oszillationen zu unzulässigen Signalpegeln in einem oder beiden Kanälen, lässt sich die Fehlererkennung nach [Kapitel 8.2.1](#) heranziehen.

**8.2.8 Austausch der Ausgangssignale Sin-Cos**

## Fehlerausschluss

Dieser Fehler kann ausgeschlossen werden, da Sinus- bzw. Cosinussignale gesondert erfasst und verarbeitet werden.

Es gibt keine Multiplexer für diese Signale im Geber.

**8.2.9 Überwachung der vom Auswertegerät ausgegebenen Geber-Versorgungsspannung**

## Fehlererkennung

Unzulässige Spannungspegel der Geber-Versorgungsspannung werden durch Maßnahmen gem. [Kapitel 8.2.1](#) erkannt; insbesondere hilft die dort aufgeführte Untergrenze für die Vektorenlänge, auf Unterspannung zu überwachen.

Zur Eingrenzung von Fehlern gemeinsamer Ursache und zur Fehlerfrüherkennung ist die Versorgungsspannung des Gebers auf Einhaltung der im Produktmanual gegebenen Grenzwerte zu überwachen.

**8.2.10 Betrieb des Gebersystems außerhalb zulässiger Temperaturbereiche**

## Fehlererkennung

Wenn nicht sichergestellt werden kann, dass das Gebersystem im zulässigen Temperaturbereich betrieben wird, muss vom Systembetreiber eine geeignete Maßnahme ergriffen werden, damit der spezifizierte Temperaturbereich eingehalten wird.

Fehler, die aus dem Betrieb bei unzulässigen Temperaturen resultieren, werden durch Maßnahmen gemäß [Kapitel 8.2.1](#) erkannt.

Zur (nicht sicherheitsgerichteten) Fehlerfrüherkennung kann durch zyklische Abfrage des Geberstatus über den Parameterkanal der HIPERFACE® Schnittstelle eine entsprechende Meldung ausgelesen und weiterverarbeitet werden.

**8.2.11 Betrieb unter überhöhten Schockbelastungen (Bremsung)**

## Fehlererkennung

Bei Einsatz von Motorbremsen im Antriebssystem, in dem der Geber eingesetzt wird, kann es zu überhöhten Schockbelastungen kommen, die die im Datenblatt des Gebers spezifizierten Grenzen für Schocks (gemäß Norm EN 60068-2-27) verletzen. Überhöhte Schockbelastung kann zu mechanischen Defekten des Gebersystems führen, insbesondere zu einer Beschädigung oder Lösung der Maßverkörperung (Codescheibe).

Derartige Fehler sind durch die Maßnahmen zur Fehlererkennung in den [Kapitel 8.2.1](#).

---



### **GEFAHR**

Der Hersteller eines Motors bzw. Antriebssystems muss bei möglicher bzw. geplanter Überschreitung der spezifizierten Schockgrenzen Systemtests durchführen, die aufzeigen, dass durch die überhöhten Schockbelastungen nur die Fehler im Gebersystem auftreten, die durch die in diesem Handbuch aufgeführten Maßnahmen entdeckt werden können. Insbesondere zur Bewertung von geberinternen Vorschädigungen kann es dazu nötig sein, die Systemtests in Kooperation mit SICK STEGMANN durchzuführen.

---

## 9 Zusätzliche Maßnahmen zur Fehlererkennung (Empfehlung)

Die Verfügbarkeit einer Anlagenfunktion kann durch Nutzung der HIPERFACE®-Prozessdatenschnittstelle weiter gesteigert werden.

Die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen sind aufgrund ihrer relativ langsamen Reaktionszeiten nicht Bestandteil der normativen Sicherheitsbetrachtung, eröffnen jedoch einige Möglichkeiten zur Früherkennung von Problemzuständen. Dadurch wird ein flexibles und vorausschauendes Fehlermanagement ermöglicht (z. B. geführtes Abfahren von Produktionsprozessen).

Durch Abfrage der RS485 Prozessdatenschnittstelle sind folgende Diagnosen möglich:

Fehlererkennung	Maßnahmen
Schleichender Positionsversatz im Auswertegerät	Zyklische Abfrage der geberintern gebildeten Absolutposition und Vergleich mit der im Auswertegerät auf Basis der SIN/COS-Signale gebildeten Position
Geberinnentemperatur (verpflichtend, wenn Betrieb innerhalb der spezifizierten Daten nicht sichergestellt werden kann; siehe IEC 61508-2 Tabelle A17)	Zyklische Abfrage des Geberstatus
Senderstrom kritisch (Verschmutzung, Senderbruch)	

## 10 Gestaltungsbeispiel: Blockschaltbild eines zweikanaligen Systems



### HINWEIS

Das folgende Gestaltungsbeispiel stellt nur eine mögliche Gestaltungsvariante dar. Andere Ausführungsvarianten sind möglich. Die Nutzung des dargestellten Beispiels erfolgt in alleiniger Verantwortung des Anwenders dieses Implementierungshandbuchs. Dies betrifft insbesondere die Einhaltung der sicherheitstechnischen Anforderungen.

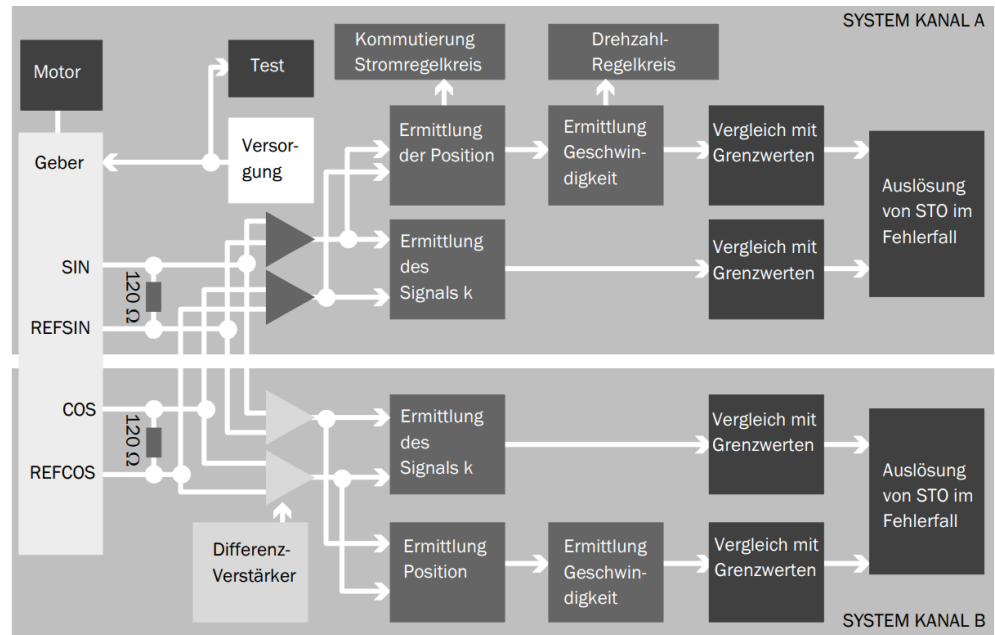


Abbildung 6: Gestaltungsbeispiel: Blockschaltbild eines zweikanaligen Systems

## 11 Glossar

<b>DC</b>	Diagnostic Coverage
<b>EMC</b>	Electromagnetic compatibility
<b>HFT</b>	Hardware Fault Tolerance
<b>Cat</b>	Category (to EN 954) / Designated Architecture (to EN ISO 13849)
<b>PDF</b>	Probability of dangerous Failure on Demand
<b>PFH</b>	Probability of dangerous Failures per Hour
<b>PL</b>	Performance Level
<b>SAR</b>	Safe Acceleration Range
<b>SDI</b>	Safe Direction
<b>SIL</b>	Safety Integrity Level
<b>SLA</b>	Safely Limited Acceleration
<b>SLS</b>	Safely Limited Speed
<b>SOS</b>	Safe Operating Stop
<b>SS1</b>	Safe Stop 1
<b>SS2</b>	Safe Stop 2
<b>SSR</b>	Safe Speed Range
<b>STO</b>	Safe Torque Off
<b>PTI</b>	Proof Test Interval

## 12 Index

### A

AC-Synchronmotoren..... 8

### D

Diagnosedeckungsgrad..... 12, 17

DIN EN 62061..... 14

DIN EN ISO 13849..... 14

### F

Fehlerbeherrschung..... 15

Fehlererkennung..... 15

### H

HIPERFACE®..... 8

### I

IEC 61508..... 14

### K

Kommutierung..... 8

Kommutierungsinformation..... 8

### P

Parameterkanal..... 8

Performace Level..... 9

Prozessdatenkanal..... 8

### S

Safe Acceleration Range..... 11

Safe Direction..... 11

Safely Limited Acceleration..... 11

Safely Limited Speed..... 11

Safe Operating Stop..... 11

Safe Speed Range..... 11

Safe Stop 1..... 11

Safe Stop 2..... 11

Safe Torque Off..... 11

Safety Integrity Level..... 9

Servo-Umrichter..... 9



## 13 Dokumentversionen

Datum	Version	Änderung
21.12.2010	0000	Erste Freigabe
16.12.2020	1AB5	Aktualisierung verschiedener Kapitel
13.12.2021	1EEB	Adressänderung: SICK AG

**Australia**

Phone +61 (3) 9457 0600  
1800 33 48 02 – tollfree  
E-Mail sales@sick.com.au

**Austria**

Phone +43 (0) 2236 62288-0  
E-Mail office@sick.at

**Belgium/Luxembourg**

Phone +32 (0) 2 466 55 66  
E-Mail info@sick.be

**Brazil**

Phone +55 11 3215-4900  
E-Mail comercial@sick.com.br

**Canada**

Phone +1 905.771.1444  
E-Mail cs.canada@sick.com

**Czech Republic**

Phone +420 234 719 500  
E-Mail sick@sick.cz

**Chile**

Phone +56 (2) 2274 7430  
E-Mail chile@sick.com

**China**

Phone +86 20 2882 3600  
E-Mail info.china@sick.net.cn

**Denmark**

Phone +45 45 82 64 00  
E-Mail sick@sick.dk

**Finland**

Phone +358-9-25 15 800  
E-Mail sick@sick.fi

**France**

Phone +33 1 64 62 35 00  
E-Mail info@sick.fr

**Germany**

Phone +49 (0) 2 11 53 010  
E-Mail info@sick.de

**Greece**

Phone +30 210 6825100  
E-Mail office@sick.com.gr

**Hong Kong**

Phone +852 2153 6300  
E-Mail ghk@sick.com.hk

**Hungary**

Phone +36 1 371 2680  
E-Mail ertesites@sick.hu

**India**

Phone +91-22-6119 8900  
E-Mail info@sick-india.com

**Israel**

Phone +972 97110 11  
E-Mail info@sick-sensors.com

**Italy**

Phone +39 02 27 43 41  
E-Mail info@sick.it

**Japan**

Phone +81 3 5309 2112  
E-Mail support@sick.jp

**Malaysia**

Phone +603-8080 7425  
E-Mail enquiry.my@sick.com

**Mexico**

Phone +52 (472) 748 9451  
E-Mail mexico@sick.com

**Netherlands**

Phone +31 (0) 30 229 25 44  
E-Mail info@sick.nl

**New Zealand**

Phone +64 9 415 0459  
0800 222 278 – tollfree  
E-Mail sales@sick.co.nz

**Norway**

Phone +47 67 81 50 00  
E-Mail sick@sick.no

**Poland**

Phone +48 22 539 41 00  
E-Mail info@sick.pl

**Romania**

Phone +40 356-17 11 20  
E-Mail office@sick.ro

**Russia**

Phone +7 495 283 09 90  
E-Mail info@sick.ru

**Singapore**

Phone +65 6744 3732  
E-Mail sales.gsg@sick.com

**Slovakia**

Phone +421 482 901 201  
E-Mail mail@sick-sk.sk

**Slovenia**

Phone +386 591 78849  
E-Mail office@sick.si

**South Africa**

Phone +27 10 060 0550  
E-Mail info@sickautomation.co.za

**South Korea**

Phone +82 2 786 6321/4  
E-Mail infokorea@sick.com

**Spain**

Phone +34 93 480 31 00  
E-Mail info@sick.es

**Sweden**

Phone +46 10 110 10 00  
E-Mail info@sick.se

**Switzerland**

Phone +41 41 619 29 39  
E-Mail contact@sick.ch

**Taiwan**

Phone +886-2-2375-6288  
E-Mail sales@sick.com.tw

**Thailand**

Phone +66 2 645 0009  
E-Mail marcom.th@sick.com

**Turkey**

Phone +90 (216) 528 50 00  
E-Mail info@sick.com.tr

**United Arab Emirates**

Phone +971 (0) 4 88 65 878  
E-Mail contact@sick.ae

**United Kingdom**

Phone +44 (0)17278 31121  
E-Mail info@sick.co.uk

**USA**

Phone +1 800.325.7425  
E-Mail info@sick.com

**Vietnam**

Phone +65 6744 3732  
E-Mail sales.gsg@sick.com

Detailed addresses and further locations at [www.sick.com](http://www.sick.com)

# HIPERFACE® Safety Integration Manual

Requirements for the evaluation of safe HIPERFACE® motor feedback systems in connection with converters for safe electrical servo drive systems



---

de

---

en

---

© SICK AG

All rights reserved. No part of the description must be reproduced or further processed in any form without the company's consent.

Subject to change without prior notice

SICK AG gives no warranty for functional and safety aspects of sample circuitry. Development work is performed independently. Valid standards and certifying bodies are definitive. This Implementation Manual was produced with utmost care and checked by an independent body. Nonetheless, SICK AG cannot guarantee its being completely without error. SICK AG accepts no warranty for non-infringement of patent rights, e.g. in case of suggestions for circuitry or processes.

Trade good names listed are the property of the companies concerned.

SICK AG  
Erwin-Sick-Str. 1  
79183 Waldkirch  
Germany  
Internet: [www.sick.com](http://www.sick.com)  
E-mail: [info@sick.com](mailto:info@sick.com)  
Made in Germany 2021.

## Contents

<b>14</b>	<b>List of figures.....</b>	<b>31</b>
<b>15</b>	<b>List of tables.....</b>	<b>32</b>
<b>16</b>	<b>About this document.....</b>	<b>33</b>
	16.1 Symbols used.....	33
<b>17</b>	<b>General information .....</b>	<b>34</b>
	17.1 Application area .....	34
	17.2 Safety-oriented functional arrangement .....	35
	17.3 Safety-relevant task of the analysis system .....	35
	17.4 Linked documents.....	35
<b>18</b>	<b>Setting safety-relevant aims .....</b>	<b>37</b>
<b>19</b>	<b>Requirements and system prerequisites.....</b>	<b>38</b>
	19.1 User requirements .....	38
	19.2 Requirements on the signal analysis and drive systems .....	38
	19.3 Requirements on the electrical coupling of the encoder system.....	38
	19.4 Requirements on the mechanical coupling and the application conditions of the encoder system .....	39
	19.4.1 Mechanical coupling with the motor shaft and mechanical attachment of the encoder .....	39
	19.4.2 Ambient conditions .....	39
<b>20</b>	<b>Safety-related parameters .....</b>	<b>40</b>
<b>21</b>	<b>Diagnostic requirements and error detection .....</b>	<b>41</b>
	21.1 Table of error conditions .....	41
	21.2 Comments on the error assumptions table.....	41
	21.2.1 Malfunctions in the sine and cosine analog encoder signals .....	41
	21.2.2 Loss of mechanical coupling of the encoder housing, or displacement of the mechanical coupling during motor standstill .....	43
	21.2.3 Loss of mechanical coupling between the encoder shaft / motor shaft during standstill.....	44
	21.2.4 Loss of mechanical coupling between the encoder housing / motor housing while motor is running .....	44
	21.2.5 Sine/Cosine signal standstill due to loss of the encoder shaft / motor shaft mechanical coupling while the motor is running .....	44
	21.2.6 Loss of material measure.....	44
	21.2.7 Oscillation of one or more output(s).....	45
	21.2.8 Swapping of the sin/cos output signals.....	45
	21.2.9 Monitoring of the encoder supply voltage output by the analysis device .....	45

21.2.10	Operation of the encoder system outside the permissible temperature range .....	45
21.2.11	Operation under excessive shock loads (braking) .....	45
<b>22</b>	<b>Additional error detection methods (recommendation) .....</b>	<b>47</b>
<b>23</b>	<b>Design example: Block circuit diagram of a two-channel system.....</b>	<b>48</b>
<b>24</b>	<b>Glossary.....</b>	<b>49</b>
<b>25</b>	<b>Index.....</b>	<b>50</b>
<b>26</b>	<b>Dokument versions.....</b>	<b>51</b>

## 14 List of figures

1.	Allgemeine Darstellung einer sicherheitsgerichteten Funktionskette.....	9
2.	Allgemeine Darstellung eines Servo-Regelkreises.....	9
3.	Ermittlung des Signals k .....	16
4.	Schaltungsmodell zur Lissajous-Darstellung .....	16
5.	Ermittlung des Diagnosedeckungsgrads .....	17
6.	Gestaltungsbeispiel: Blockschaltbild eines zweikanaligen Systems.....	22
7.	General diagram of a safety-oriented functional arrangement.....	35
8.	General diagram of a servo-control circuit.....	35
9.	Determination of the k signal.....	42
10.	Interconnection module for Lissajous representation.....	42
11.	Determination of the diagnostic degree of cover.....	43
12.	Design example: Block circuit diagram of a two-channel system.....	48

## 15 List of tables

1. Betriebsarten nach Begriffen der IEC 61800-5-2/Ed. 1 und relevante Fehlerbe- handlung.....	11
2. Operating modes according to terms of IEC 61800-5-2/Ed. 1 and relevant error handling.....	37



## 16 About this document

### 16.1 Symbols used

**NOTE**

Notes provide information on special features of the device. Please observe the notes because they often contain important information. Tips provide additional information that makes the documentation easier to use.

---

**WARNING SAFETY INSTRUCTION!**

Safety instructions inform you of concrete or potential dangers or incorrect use of the application. These are intended to protect you from accidents. Always carefully read and follow all safety instructions!

---

## 17 General information

Encoders with the HIPERFACE® interface are motor feedback systems specially designed for dynamic and precise operation of servo-control circuits.

The complete system, consisting of encoder, analysis system, servo inverter and motor, forms a closed-loop control circuit (see figure 7). The current values for commutation, rotational speed, rotational direction and position are derived from the encoder signals.

For safety function certified encoder systems using the HIPERFACE® interface, these are exceptionally well-suited for use in safety-oriented functional arrangements due to their high electrical and mechanical reliability and excellent electromagnetic compatibility (EMC).

The sensor signals are transferred to the analysis device via the HIPERFACE® interface. This interface has information channels as per the following table:

Function channel	Function	Transfer speed
Process data channel	Output of analog sine/cosine cycles for direction-oriented position analysis via interpolation and counters.	Real-time
Parameter channel	RS485 interface for querying and transferring absolute position information and other data by the analysis system.	Several milliseconds depending on the request

### Safety-relevant use of the function channels

The safety-oriented use of encoder systems with a sine/cosine output relates to the use in conjunction with servo systems working with three-phase AC synchronous motors and their commutation information in the same way as the rotational speed or speed information is derived from the sine/cosine signals of the encoder directly connected to the motor shaft. These can also be used with servo systems working with asynchronous motors, where the speed control is derived from the sine/cosine signals from the encoder directly connected to the motor shaft.

One safety-relevant task of the analysis system is to diagnose the signals provided by the encoder and, in the case of an error, to react within a time that is short enough to deal with the potentially dangerous situation. The description of safety-relevant requirements on the analysis system is part of this implementation handbook.

### 17.1 Application area

The safety-oriented use of encoder systems with a sine/cosine output relates to the use in conjunction with servo systems working with three-phase AC synchronous motors and their commutation information in the same way as the rotational speed or speed information is derived from the sine/cosine signals of the encoder directly connected to the motor shaft. These can also be used with servo systems working with asynchronous motors, where the speed control is derived from the sine/cosine signals from the encoder directly connected to the motor shaft.

One safety-relevant task of the analysis system is to diagnose the signals provided by the encoder and, in the case of an error, to react within a time that is short enough to deal with the potentially dangerous situation. The description of safety-relevant requirements on the analysis system is part of this implementation handbook.

## 17.2 Safety-oriented functional arrangement

The encoder system is part of a functional arrangement that generally consists of sensor, logic and actuator elements. The risk reduction required for a system is derived by using the one of the risk graphs from the applicable standards, which basically describes the characteristic value applicable to the entire functional arrangement to achieve the required risk reduction (Safety Integrity Level; SIL or Performance Level; PL ). The encoder system is thus only assigned to a part of the respective characteristic value representing the total risk factor.

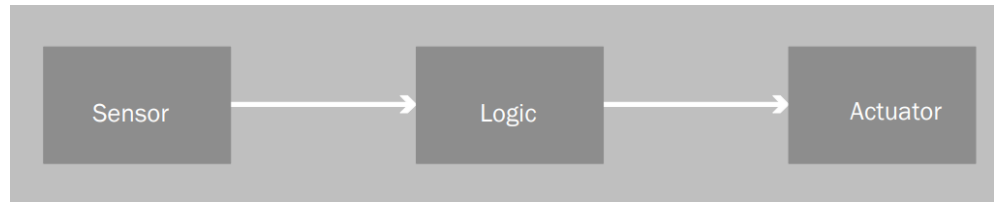


Figure 7: General diagram of a safety-oriented functional arrangement

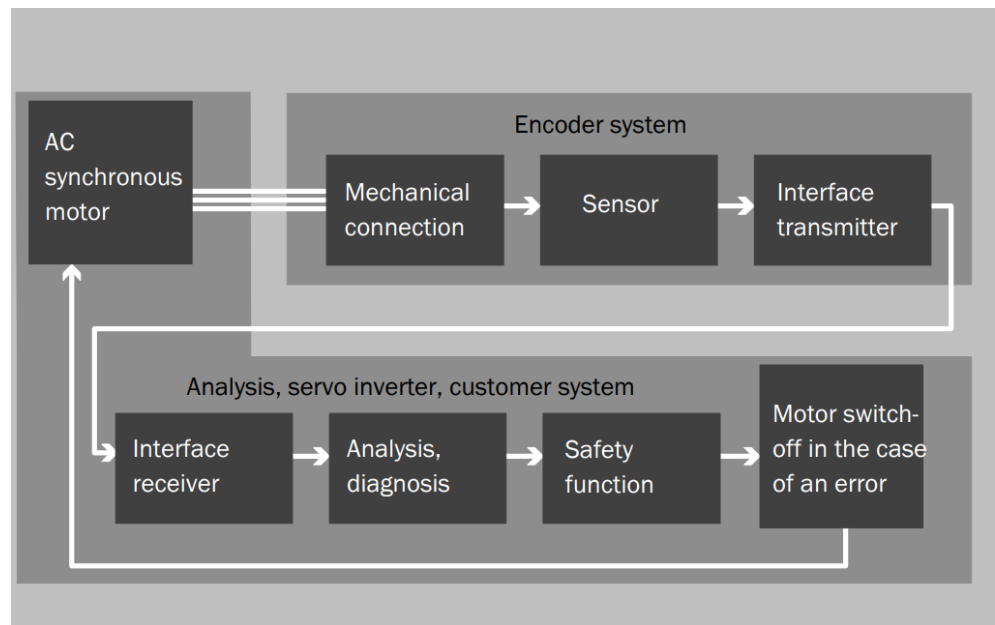


Figure 8: General diagram of a servo-control circuit

## 17.3 Safety-relevant task of the analysis system

Only the analysis system has the task of detecting malfunctions that may present a danger, as per the requirements of the applicable standards. The encoder system



### WARNING

A precondition is that the connected servo inverter has standards-compliant measures for reaching a safe state.

## 17.4 Linked documents

Dokument/Bestellnr.	Thema	Stand
SPECIFICATION HIPERFACE® 8010701	HIPERFACE®	03.2016 (or newer)

Every safety function certified encoder system with the HIPERFACE® interface is supplied with operating instructions. These are to be followed during installation, electrical installation, commissioning and maintenance of the system.

In addition to this, every encoder system has a data sheet with technical information, variant selection information and accessory information.

The operating instructions and data sheets can be downloaded from the Internet site [www.sick.com](http://www.sick.com).

## 18 Setting safety-relevant aims

In order to conform to the requirements of this implementation handbook, a safety-oriented functional arrangement based in the classifications

- SIL 2 as per EN 62061 and IEC 61508, and also
- PL d are per EN ISO 13849-1

is to be used.

The aim is to provide safety-oriented functions for reliable acquisition of rotational speed, rotational direction and standstill.



### NOTE

These instructions only describe requirements, general conditions and sample versions. The respective user is responsible for the detailed design of the circuits in the analysis device and the standards-conformant implementation of these.

Table 2: Operating modes according to terms of IEC 61800-5-2/Ed. 1 and relevant error handling

Operating mode	Function	Error detection and error handling as per note number (see <a href="#">chapter 21.2</a> )
SOS	Safe Operating Stop	<a href="#">chapter 21.2.1</a> ; <a href="#">chapter 21.2.2</a> ; <a href="#">chapter 21.2.3</a> ; <a href="#">chapter 21.2.5</a> ; <a href="#">chapter 21.2.7</a> ; <a href="#">chapter 21.2.8</a> ; <a href="#">chapter 21.2.9</a> ; <a href="#">chapter 21.2.10</a>
SLS	Safely Limited Speed	<a href="#">chapter 21.2.1</a> ; <a href="#">chapter 21.2.2</a> ; <a href="#">chapter 21.2.4</a> ; <a href="#">chapter 21.2.5</a> ; <a href="#">chapter 21.2.6</a> ; <a href="#">chapter 21.2.7</a> ; <a href="#">chapter 21.2.8</a> ; <a href="#">chapter 21.2.9</a> ; <a href="#">chapter 21.2.10</a>
SS1	Safe Stop 1	
SS2	Safe Stop 2	
SLA	Safely Limited Acceleration	
SAR	Safe Acceleration Range	
SSR	Safe Speed Range	
SDI	Safe Direction	
STO (information)	Safe Torque Off	STO is generally actuated in the case of error detection



### NOTE

It is assumed that the required dimensions of motion, comparisons with limit values and times are reliably acquired and analyzed by the analysis unit in a standards-compliant manner.

Non-relative, safety-oriented operating modes are those operating modes dealing with with absolute orientation or absolute position.

## 19 Requirements and system prerequisites

### 19.1 User requirements

The overview of the relevant standards, and the use thereof, provided in this document are only intended as guidelines. The construction of machines or machine control systems requires a detailed understanding of the technical details and the relevant standards. Appropriate knowledge of these is a prerequisite.

Especially:

- Knowledge of the construction, operating principles and operation of three-phase, electronically commuted synchronous servomotors.
- Knowledge of the construction, operating principles and operation of servo inverters and associated control and power electronics.
- Knowledge of the construction, operating principles and operation of safety functions.
- Specific knowledge for the implementation of the technical and organizational specifications of the safety standards listed in this document and all other relevant safety standards.
- Knowledge of the motor feedback encoder systems used and the HIPERFACE® interface ([chapter 17.4](#)).

### 19.2 Requirements on the signal analysis and drive systems

Motorsystem	Requirement
Motor system	Permanently excited synchronous motor, linear motors -or asynchronous motor
Control system	Requirement
Determination of the rotor position	Base on the sine/cosine cycles of the encoder system in conjunction with the digital absolute value at system startup.
Operating principle of commutation (synchronous motors only)	Electronic direct coupling of the pole positions with the specified current vector for the three-phase rotating field. It is assumed that a standstill in the commutation results in a standstill of the motor.
Determination of the rotational / linear speed	Based on the same signals (sine/cosine cycles of the encoder system), that are also used for generating commutation.
Diagnostic degree of cover (DC) for error detection in the encoder signals	At least 90% The diagnosis must be performed within the process reaction time.
Safety-oriented error detection and error handling	For handling of the error situation see <a href="#">chapter 21.1</a> .

### 19.3 Requirements on the electrical coupling of the encoder system

The electrical coupling must lie within the limits specified in the operating instructions (siehe [chapter 17.3](#) and the design example [chapter 23](#)).

The connection cable must be shielded (as per the requirements of the operating instructions).

## 19.4 Requirements on the mechanical coupling and the application conditions of the encoder system

### 19.4.1 Mechanical coupling with the motor shaft and mechanical attachment of the encoder

The structure and type of coupling and mechanical attachment are safety-relevant!



#### **DANGER**

Strict conformance to the mounting requirements in the operating instructions is absolutely essential.

According to IEC 61800-5-2, for the

- Encoder shaft – motor shaft connection and the
- Encoder housing – motor housing connection

fault exclusion for a connection breakage at standstill and in motion can be assumed when one of the two following conditions is satisfied:

- Positive interlocking connection
- Non-positive interlocking connection over-dimensioned according to the safety factor S from DIN EN 61800-5-2:2017, table D.8 against all breaking torques that may occur.

The operating instructions for suitable products specify installation requirements, under which the assumption of fault exclusion is justified.



#### **DANGER**

It must be ensured that all installation operations are performed only by appropriately instructed and qualified personnel.

### 19.4.2 Ambient conditions

Within the limits specified in the operating instructions (see [chapter 17.4](#)).



#### **WARNING**

We explicitly mention the fact that the installation situation of the encoder must conform to a protection class of at least IP54.

## 20 Safety-related parameters

The safety-related parameters for a safety-function certified encoder with a HIPER-FACE® interface satisfy the following target specifications:

	Parameters as per DIN EN 62061 / IEC 61508	Parameters as per DIN EN ISO 13849
Structure		Category 3
Classification	Use in safety-oriented functional arrangements as per SIL 2	Use in safety-oriented functional arrangements as per PL d
Portion of the encoder system in the available PFH value range <sup>1)</sup>	< 10 % from SIL2 or PFH < 1*10 <sup>-7</sup> [1/h]	< 10 % from PL d or PFH < 1*10 <sup>-7</sup> [1/h]
Mission Time <sup>1)</sup>	20 years	20 years
Proof Test Interval	Not required	-
MTTFd	-	> 30 years
DCavg	-	90 %
Safe Failure Fraction (SFF)	> 90 %	-

1) The stated values refer to a diagnostic coverage of 90%, which is determined by the external control must be achieved. The detected errors are listed in [chapter 21](#).



## 21 Diagnostic requirements and error detection

### 21.1 Table of error conditions

Table D.16 of the IEC 61800-5-2 standard (first edition 2007-07) describes the error conditions for the use of motion and position feedback sensors. The specifications of this standard, additional error conditions and the detection and handling possibilities are listed in the following table:

Error condition	Error detection / Error handling see Chapter
Short circuit between any two conductors	<a href="#">chapter 21.2.1</a>
Open circuit in any conductor	<a href="#">chapter 21.2.1</a>
Input or output stuck at 0 or 1, individually or simultaneously at different inputs / outputs	<a href="#">chapter 21.2.1</a>
Open circuit or high impedance at an individual input / output or simultaneously at different inputs / outputs	<a href="#">chapter 21.2.1</a>
Reduction or increase in the amplitude of output signals	<a href="#">chapter 21.2.1</a>
Oscillation at one or more output(s)	<a href="#">chapter 21.2.1</a> ; <a href="#">chapter 21.2.7</a>
Phase variations between output signals	<a href="#">chapter 21.2.1</a>
Loss of mechanical coupling between the encoder housing / motor housing during standstill	<a href="#">chapter 21.2.4</a>
Loss of mechanical coupling between the encoder shaft / motor shaft during standstill	<a href="#">chapter 21.2.3</a>
Loss of mechanical coupling between the encoder housing / motor housing while motor is running	<a href="#">chapter 21.2.4</a>
Loss of mechanical coupling between the encoder shaft / motor shaft while the motor is running	<a href="#">chapter 21.2.5</a>
Loss of material measure	<a href="#">chapter 21.2.1</a> ; <a href="#">chapter 21.2.6</a>
Failure of the transmitter diode in encoder	<a href="#">chapter 21.2.1</a>
Static output signals of one or more outputs within the supply voltage	<a href="#">chapter 21.2.1</a> ; <a href="#">chapter 21.2.5</a>
Changes to the signal form	<a href="#">chapter 21.2.1</a>
Swapping of the sin/cos output signals	<a href="#">chapter 21.2.8</a>
Encoder supply voltage is greater or less than the permissible value	<a href="#">chapter 21.2.9</a>
Operation over an impermissible temperature range	<a href="#">chapter 21.2.10</a>
Operation under excessive shock loads (braking)	<a href="#">chapter 21.2.11</a>

### 21.2 Comments on the error assumptions table

#### 21.2.1 Malfunctions in the sine and cosine analog encoder signals

**Aim:**

Detection of all impermissible level changes in the relationship between sine and cosine.

**Example:**

Using the following mathematical formula for the value of  $k$

$$k^2 = k_1^2 * \sin^2\alpha + k_2^2 * \cos^2\alpha$$

or by using another suitable mathematical process, it is possible to derive the common DC level of the sine/cosine signals. Comparison of this with the appropriate maximum and minimum limits allows precise and fast detection of impermissible deviations, regardless of the instantaneous angular position  $\alpha$ .

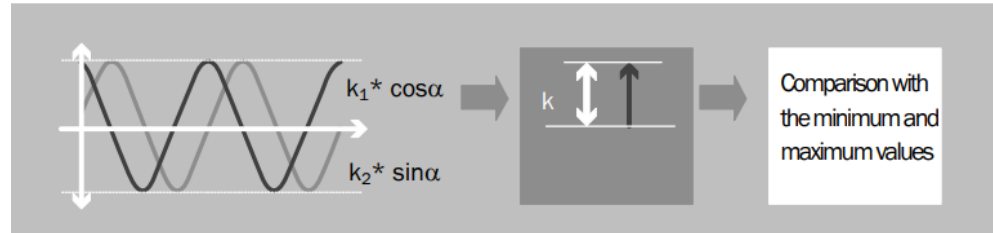


Figure 9: Determination of the k signal

A two-dimensional model is used for determining the diagnostic degree of cover (Lissajous diagram), which provides a useful representation for assessing the signal relationships and the associated diagnostic possibilities. The relationship of the useful signals to each other forms a useful signal ring, whose ratio of area to the total area can be used for determining the diagnostic degree of cover (DC).

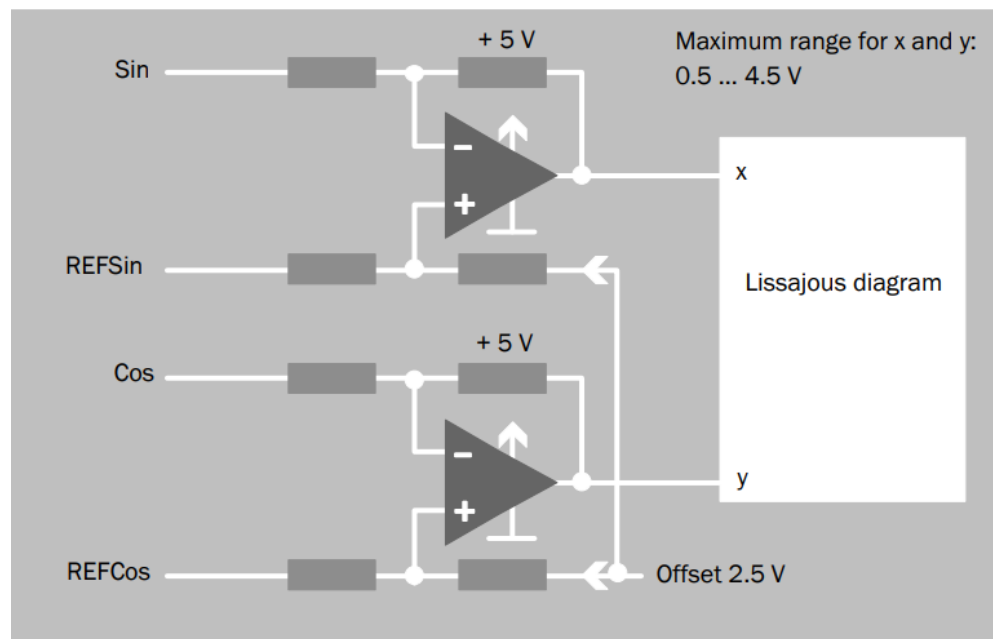


Figure 10: Interconnection module for Lissajous representation

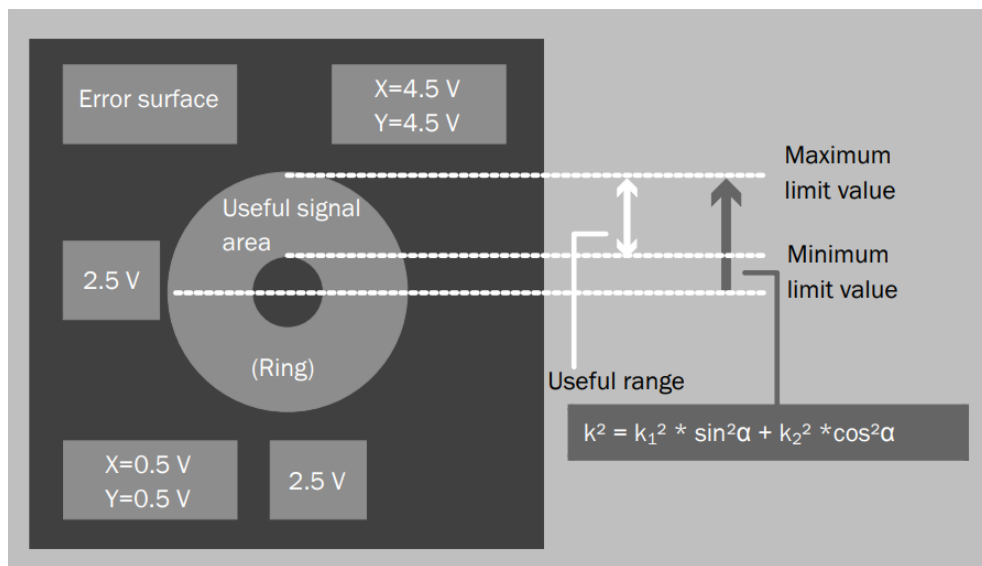


Figure 11: Determination of the diagnostic degree of cover

Checking the limit values for the signal k using differential analysis within a maximum voltage range of 0.5 to 4.5 V. The middle value of the voltage range (2.5 V) corresponds in this case to a value of k = 0	See note	The diagnostic degree of cover resulting from the area ratio (DC) (see figure 11)
Example: minimum limit value for k	0,25 V	90 %
Example: maximum limit value for k	0,75 V	

**Note:**

The specified values result from using a nominal voltage tolerance of 0.5 V at -50 % and +50 %. Practical real-life values can be derived by extending the nominal voltage tolerance of the SIN/COS signals (-20 % and +10 %) Correlations with the tolerances of the REFSIN and REFCOS signals are not taken into account, because these are compensated in the shown differential amplification by the signal generation method in the encoder (see figure 10).

Implementations with deviating limit values, and thus other DC values, are possible (see chapter 19.3).



**NOTE**

To avoid false triggering we recommend not setting the limit values too narrowly. It is assumed that the signals are processed with operational amplifiers that use a 5 V supply.

**21.2.2 Loss of mechanical coupling of the encoder housing, or displacement of the mechanical coupling during motor standstill**

Error detection

The following analysis assumes that the lost coupling between the encoder housing and the motor housing causes a positional displacement, since the encoder housing remains indirectly mechanically connected to the motor housing due to the connection cable.

No reliable error detection possibility exists when the positional displacement is of an angle / length less than that of a pole pair. Larger positional displacements can lead to common coupling with the current control circuit. The impermissible motion resulting from this must be detected by the drive system.

### 21.2.3 Loss of mechanical coupling between the encoder shaft / motor shaft during standstill

Error exclusion

This error can be excluded when the encoder has been correctly installed in accordance with the product manual. It must be ensured that only trained personnel perform this installation.

### 21.2.4 Loss of mechanical coupling between the encoder housing / motor housing while motor is running

Error detection

The following analysis assumes that the lost coupling between the encoder housing and the motor housing causes a positional displacement, since the encoder housing remains indirectly mechanically connected to the motor housing due to the connection cable.

An angular / position displacement greater than half the angle of a motor pole pair, false orientation of the commutation can lead to common coupling of the current control loop. The impermissible increase in speed or impermissible direction of rotation resulting from this must be detected by the receiver system. Depending on the application (reaction time, maximum acceleration) a buffer between the desired and maximum permissible speed must therefore be maintained.



#### NOTE

Detection of this error before common coupling occurs by the process reaction (weak torque, lag error) is likely but not certain.

---

### 21.2.5 Sine/Cosine signal standstill due to loss of the encoder shaft / motor shaft mechanical coupling while the motor is running

Error detection / Error handling

With a synchronous motor, standstill of the Sine/Cosine cycles leads to a standstill of the commutation. It is assumed that the control process used functions in such a way that, as a result of a stoppage, the current vectors controlled by the inverter current control loop remain in a fixed position, which thus stops the pole wheel at the corresponding position. The error thus generates a reaction in a safe direction.



#### DANGER

When using the encoder system on an asynchronous motor, the drive controller must take appropriate measures to ensure that an invalid signal standstill is detected and, in the case of an error, an error reaction in the safe direction takes place.

---

### 21.2.6 Loss of material measure

Error detection

A loss of material measure can cause the following situations:

- The loss of masking of the transmitter results in a maximum signal level in both channels. This can be detected as per [chapter 21.2.1](#).
- Incorrect orientation of the code disk with respect to the optical sensor also generates a signal level in channels A and B, which can be diagnosed as per [chapter 21.2.1](#).

**21.2.7 Oscillation of one or more output(s)**

Error detection

Oscillation at the signal outputs can be detected as follows:

- If the oscillation leads to impermissible signal levels in one or both channels then error detection as per [chapter 21.2.1](#) can be used.

**21.2.8 Swapping of the sin/cos output signals**

Error exclusion

This error can be ruled out because the sine and cosine signals are specially acquired and processed.

The encoder does not use a multiplexor for these signals.

**21.2.9 Monitoring of the encoder supply voltage output by the analysis device**

Error detection

Impermissible voltage levels in the encoder power supply are detected via the measures described in [chapter 21.2.1](#) the lower limits for the vector lengths mentioned there are especially useful for undervoltage monitoring.

To limit errors with common causes and for early error detection, the encoder power supply is to be monitored for conformance to the limit values specified in the product manual.

**21.2.10 Operation of the encoder system outside the permissible temperature range**

Error detection

If it cannot be ensured that the encoder system will always be operated within the permissible temperature range then the system operator must take suitable measures to ensure that the specified temperature range is maintained.

Errors resulting from operation at impermissible temperatures are detected via the measures described in [chapter 21.2.1](#).

Early error detection (non safety-oriented) can be implemented via cyclic querying of the encoder status via the parameter channel of the HIPERFACE® interface, where a corresponding message can be read and analyzed.

**21.2.11 Operation under excessive shock loads (braking)**

Error detection

If motor brakes are present in drive systems that use the encoder then this can result in excessive shock loads that exceed the shock load limits specified in the encoder data sheet (as per the EN 60068-2-27 standard).

Excessive shock loads can lead to mechanical defects in the encoder system, especially damage or disconnection of the material measure (code disk).

These types of error can be handled using the error detection methods described in [chapter 21.2.1](#).



### **DANGER**

In the case of possible or planned exceeding of the specified shock limits, the manufacturer of the motor or drive system must perform system tests to verify that the excessive shock loads only result in encoder errors that are detectable by the measures listed in these instructions. For the purposes of assessing possible internal encoder predamage it may be necessary to perform the system tests in collaboration with SICK STEGMANN.

---

## 22 Additional error detection methods (recommendation)

The availability of a system function can be further increased by using the HIPERFACE® process data interface.

Due to the relatively slow reaction time, the measures described below are not part of the standardized safety-orientation view but they offer a number of methods for early detection of problem states. This allows the implementation of a flexible, forward-looking error management system (e.g. guidance of production processes).

The following diagnostics are possible by querying the RS485 process interface:

Error detection	Maßnahmen
Creeping positional displacement in the analysis device	Cyclic querying of the encoder-internal absolute position and comparison with the analysis unit position calculated from the SIN/COS signals.
Internal encoder temperature (compulsory if operation within the specified limits cannot be ensured; see IEC 61508-2 Table A17)	Cyclic querying of the encoder status
Transmitter current is critical (contamination, transmitter breakage)	

## 23 Design example: Block circuit diagram of a two-channel system



**NOTE**

The following design example is only one possible design variant. Other design variants are possible. The responsibility for using this example lies entirely with the user of these implementation instructions. This applies especially to conformance with the safety-relevant requirements.

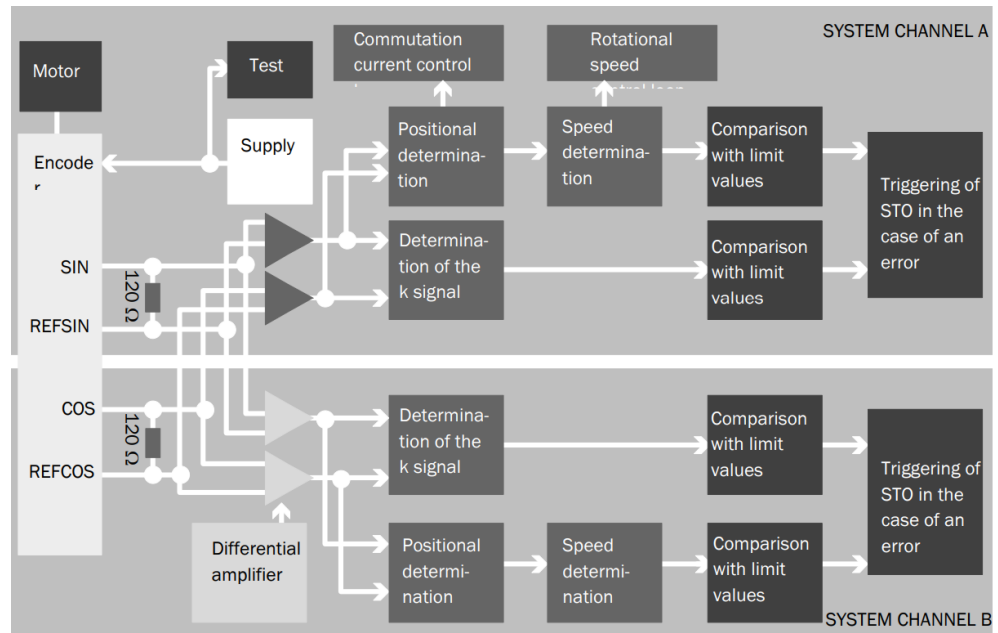


Figure 12: Design example: Block circuit diagram of a two-channel system



## 24 Glossary

<b>DC</b>	Diagnostic Coverage
<b>EMC</b>	Electromagnetic compatibility
<b>HFT</b>	Hardware Fault Tolerance
<b>Cat</b>	Category (to EN 954) / Designated Architecture (to EN ISO 13849)
<b>PDF</b>	Probability of dangerous Failure on Demand
<b>PFH</b>	Probability of dangerous Failures per Hour
<b>PL</b>	Performance Level
<b>SAR</b>	Safe Acceleration Range
<b>SDI</b>	Safe Direction
<b>SIL</b>	Safety Integrity Level
<b>SLA</b>	Safely Limited Acceleration
<b>SLS</b>	Safely Limited Speed
<b>SOS</b>	Safe Operating Stop
<b>SS1</b>	Safe Stop 1
<b>SS2</b>	Safe Stop 2
<b>SSR</b>	Safe Speed Range
<b>STO</b>	Safe Torque Off
<b>PTI</b>	Proof Test Interval

## 25 Index

### A

AC synchronous motors..... 34

### C

commutation..... 38

commutation information..... 34

### D

Diagnostic degree of cover..... 38

DIN EN 62061..... 40

DIN EN ISO 13849..... 40

### E

Error detection..... 41

Error handling..... 41

### F

fault exclusion..... 39

### H

HIPERFACE®..... 34, 38

### I

IEC 61508..... 40

### O

operating instructions..... 39

### P

Parameter channel..... 34

Performance Level..... 35

Process data channel..... 34

### S

Safe Acceleration Range..... 37

Safe Direction..... 37

Safely Limited Acceleration..... 37

Safely Limited Speed..... 37

Safe Operating Stop..... 37

Safe Speed Range..... 37

Safe Stop 1..... 37

Safe Stop 2..... 37

Safe Torque Off..... 37

Safety Integrity Level..... 35

servo inverter..... 35

## 26 Dokument versions

Date	Version	Change
21.12.2010	0000	First release
16.12.2020	1AB5	Update of different chapters
13.12.2021	1EEB	Change of address: SICK AG

**Australia**

Phone +61 (3) 9457 0600  
1800 33 48 02 – tollfree  
E-Mail sales@sick.com.au

**Austria**

Phone +43 (0) 2236 62288-0  
E-Mail office@sick.at

**Belgium/Luxembourg**

Phone +32 (0) 2 466 55 66  
E-Mail info@sick.be

**Brazil**

Phone +55 11 3215-4900  
E-Mail comercial@sick.com.br

**Canada**

Phone +1 905.771.1444  
E-Mail cs.canada@sick.com

**Czech Republic**

Phone +420 234 719 500  
E-Mail sick@sick.cz

**Chile**

Phone +56 (2) 2274 7430  
E-Mail chile@sick.com

**China**

Phone +86 20 2882 3600  
E-Mail info.china@sick.net.cn

**Denmark**

Phone +45 45 82 64 00  
E-Mail sick@sick.dk

**Finland**

Phone +358-9-25 15 800  
E-Mail sick@sick.fi

**France**

Phone +33 1 64 62 35 00  
E-Mail info@sick.fr

**Germany**

Phone +49 (0) 2 11 53 010  
E-Mail info@sick.de

**Greece**

Phone +30 210 6825100  
E-Mail office@sick.com.gr

**Hong Kong**

Phone +852 2153 6300  
E-Mail ghk@sick.com.hk

**Hungary**

Phone +36 1 371 2680  
E-Mail ertesites@sick.hu

**India**

Phone +91-22-6119 8900  
E-Mail info@sick-india.com

**Israel**

Phone +972 97110 11  
E-Mail info@sick-sensors.com

**Italy**

Phone +39 02 27 43 41  
E-Mail info@sick.it

**Japan**

Phone +81 3 5309 2112  
E-Mail support@sick.jp

**Malaysia**

Phone +603-8080 7425  
E-Mail enquiry.my@sick.com

**Mexico**

Phone +52 (472) 748 9451  
E-Mail mexico@sick.com

**Netherlands**

Phone +31 (0) 30 229 25 44  
E-Mail info@sick.nl

**New Zealand**

Phone +64 9 415 0459  
0800 222 278 – tollfree  
E-Mail sales@sick.co.nz

**Norway**

Phone +47 67 81 50 00  
E-Mail sick@sick.no

**Poland**

Phone +48 22 539 41 00  
E-Mail info@sick.pl

**Romania**

Phone +40 356-17 11 20  
E-Mail office@sick.ro

**Russia**

Phone +7 495 283 09 90  
E-Mail info@sick.ru

**Singapore**

Phone +65 6744 3732  
E-Mail sales.gsg@sick.com

**Slovakia**

Phone +421 482 901 201  
E-Mail mail@sick-sk.sk

**Slovenia**

Phone +386 591 78849  
E-Mail office@sick.si

**South Africa**

Phone +27 10 060 0550  
E-Mail info@sickautomation.co.za

**South Korea**

Phone +82 2 786 6321/4  
E-Mail infokorea@sick.com

**Spain**

Phone +34 93 480 31 00  
E-Mail info@sick.es

**Sweden**

Phone +46 10 110 10 00  
E-Mail info@sick.se

**Switzerland**

Phone +41 41 619 29 39  
E-Mail contact@sick.ch

**Taiwan**

Phone +886-2-2375-6288  
E-Mail sales@sick.com.tw

**Thailand**

Phone +66 2 645 0009  
E-Mail marcom.th@sick.com

**Turkey**

Phone +90 (216) 528 50 00  
E-Mail info@sick.com.tr

**United Arab Emirates**

Phone +971 (0) 4 88 65 878  
E-Mail contact@sick.ae

**United Kingdom**

Phone +44 (0)17278 31121  
E-Mail info@sick.co.uk

**USA**

Phone +1 800.325.7425  
E-Mail info@sick.com

**Vietnam**

Phone +65 6744 3732  
E-Mail sales.gsg@sick.com

Detailed addresses and further locations at [www.sick.com](http://www.sick.com)