

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	9
1 Anwendungsbereich.....	10
2 Normative Verweisungen.....	11
3 Begriffe.....	12
4 Sicherheits-Teilfunktionen.....	20
4.1 Allgemeines.....	20
4.2 Sichere Inkrementalposition (SIP).....	20
4.3 Sichere Absolutposition (SAP).....	20
4.4 Sicherer Geschwindigkeitswert (SSV).....	20
4.5 Sicherer Beschleunigungswert (SAV).....	21
4.6 Sicherheits-Teilfunktionen für Auswertung und Meldung.....	21
5 Management der funktionalen Sicherheit.....	21
6 Anforderungen an Entwurf und Entwicklung.....	21
6.1 Allgemeine Anforderungen.....	21
6.2 Entwurfsnormen.....	26
6.3 Fehlererkennung.....	26
6.4 Entwurfsanforderungen für bestimmte Ausführungen von <i>Encoder(SR)</i>	26
6.4.1 Entwurfsanforderungen für <i>Encoder(SR)</i> mit Sinus- und Cosinus-Ausgangssignal.....	26
6.4.2 Entwurfsanforderungen für <i>Encoder(SR)</i> mit inkrementellen und absoluten Ausgangssignalen.....	27
6.4.3 Entwurfsanforderungen für <i>Encoder(SR)</i> mit Rechtecksignal-Schnittstelle.....	28
6.4.4 Entwurfsanforderungen für Resolver.....	28
6.5 Entwurfsanforderungen für die Mechanik.....	29
6.5.1 Allgemeines.....	29
6.5.2 Entwurfsanforderungen für <i>mechanische Befestigungen</i>	29
6.5.3 Entwurfsanforderungen für <i>mechanische Verbindungselemente</i>	29
6.5.4 Lager.....	29
6.6 Entwurfsanforderungen für die Signalerzeugung.....	30
6.6.1 Allgemeines.....	30
6.6.2 Entwurfsanforderungen für die Signalerzeugung bei optischen <i>Encodern(SR)</i>	30
6.6.3 Entwurfsanforderungen für die Signalerzeugung bei magnetischen <i>Encodern(SR)</i>	31
6.7 Entwurfsanforderungen für die <i>Signalverarbeitung</i>	31
6.8 Entwurfsanforderungen für die interne Auswertung und Meldung.....	31
6.9 Entwurfsanforderungen für Software.....	31
6.10 Voreinstellung.....	31
6.11 Parametrisierung.....	31
6.12 Entwurfsanforderungen zur Wärmeunempfindlichkeit.....	32
6.13 Entwurfsanforderungen zur mechanischen Unempfindlichkeit.....	32

	Seite
7 Anwenderdokumentation.....	32
7.1 Allgemeines	32
7.2 Label.....	32
7.3 Informationen und Anweisungen für eine sichere Anwendung eines <i>Encoders(SR)</i>	32
8 Verifikation und Validierung.....	32
8.1 Allgemeines	32
8.2 Verifikation der <i>Hardwarefehlertoleranz</i>	32
8.3 Zusätzliche Verifikation für <i>Encoder(SR)</i> mit Sinus- und Cosinus-Ausgangssignal	33
8.3.1 Verifikation der Diagnosemaßnahmen für <i>Encoder(SR)</i> mit Sinus- und Cosinus-Ausgangssignal mit <i>HFT = 0</i>	33
8.3.2 Eignung für <i>Interpolation</i>	33
8.4 <i>Qualitative FMEDA</i>	33
8.5 Quantifizierung	34
9 Prüfanforderungen.....	34
9.1 Allgemeines	34
9.2 Prüfplanung	34
9.3 Funktionsprüfungen.....	34
9.4 Prüfung der elektromagnetischen (EM) und elektrischen Unempfindlichkeit.....	34
9.4.1 Elektrische Prüfungen	34
9.4.2 Prüfung der elektromagnetischen (EM) Störfestigkeit.....	35
9.5 Prüfung der Wärmeunempfindlichkeit	35
9.5.1 Allgemeines	35
9.5.2 Trockene Kälte	35
9.5.3 Trockene Wärme	35
9.5.4 Feuchte Wärme	36
9.5.5 Erwärmungsprüfung	36
9.6 Prüfung der mechanischen Unempfindlichkeit.....	36
9.6.1 Luft- und Kriechstrecken	36
9.6.2 Kurzschlussprüfung an Leiterplatten	36
9.6.3 <i>Mechanische Befestigungen</i>	36
9.6.4 <i>Mechanische Verbindungselemente</i>	37
9.6.5 Schock- und Vibrationsprüfung	37
9.6.6 Mechanische Eigenschaften von elektrischen Anschlüssen.....	38
9.6.7 Prüfung der Nichtberührbarkeit	38
9.6.8 Verformungsprüfung.....	38
9.7 Materialprüfungen.....	38
9.8 Eignung der verwendeten Bauteile und Werkstoffe	38
9.9 Zusatzerfordernungen für <i>Encoder(SR)</i> mit integrierten Anschlussleitungen	39
9.10 Verschmutzung der <i>Maßverkörperung</i>	39

	Seite	
9.11	Aufschriften	39
9.12	Anleitungen	39
9.13	Prüfdokumentation	39
10	Modifikation	39
Anhang A (informativ) Eigenschaften von Encodern(SR)		40
Anhang B (informativ) Die Universelle Architektur des Encoders(SR)		43
B.1	Allgemeines	43
B.2	Die Universelle Architektur des <i>Encoders(SR)</i>	43
Anhang C (informativ) Beispiele geeigneter mechanischer Prüfungen		45
C.1	Allgemeines	45
C.2	<i>Mechanische Befestigung des Encoders(SR)</i>	45
C.2.1	Kraftschlüssige Verbindung (z. B. Schraubverbindungen)	45
C.2.2	Formschlüssige Verbindung (z. B. durch eine Passfeder)	45
C.3	<i>Mechanische Verbindungselemente des Encoders(SR) – Statorkupplung</i> (Drehmomentstütze) oder Wellenkupplung	45
C.3.1	Axiale Belastungen	46
C.3.1.1	Statisch	46
C.3.1.2	Dynamisch	46
C.3.2	Radiale Belastungen	46
C.3.2.1	<i>Statorkupplung</i> statisch / Wellenkupplung dynamisch	46
C.3.2.2	<i>Statorkupplung</i> dynamisch / Wellenkupplung statisch	46
Anhang D (informativ) Erweiterte Schockprüfung für an Motoren angebrachte Drehgeber		48
D.1	Allgemeines	48
D.2	Pseudo-Velocity Shock-Response Spectrum (PVRSRS)	48
D.3	Verifikation der Widerstandsfähigkeit	48
Anhang E (informativ) Dimensionierung der Luft- und Kriechstrecken an Leiterplatten - Beispiel		50
E.1	Allgemeines	50
E.2	Annahmen	50
E.3	Anwendung von IEC 61800-5-1:2007, Abschnitt 5.2.2.1	50
Anhang F (normativ) Informationen und Anweisungen – detaillierte Liste		51
F.1	Allgemein	51
F.2	Informationen für die Auswahl	51
F.3	Informationen für Montage und Inbetriebnahme	51
F.4	Informationen für den Gebrauch	52
F.5	Informationen für die Instandhaltung	53
Anhang G (informativ) Fehlerlisten und Fehlerausschlüsse für <i>Encoder(SR)</i>		54
Anhang H (informativ) Quantifizierung		57
H.1	Allgemeines	57
H.2	Sicherheitstechnische Architektur und sicherheitsbezogenes Blockdiagramm	57

	Seite
H.3 Ausfallraten.....	58
H.4 Ausfallraten unter realistischen Arbeitstemperaturen	59
H.5 <i>Quantitative FMEDA</i> und Bewertung der Diagnosemaßnahmen	60
H.6 Abschätzung des Common-Cause-Faktors β (nur bei Redundanz)	61
H.7 Abschätzung der <i>PFH</i>	61
H.8 Safe Failure Fraction (<i>SFF</i>).....	61
H.9 Ermittlung der quantitativen <i>SIL-Fähigkeit</i>	62
H.9.1 <i>SIL</i> -Grenze durch strukturelle Einschränkungen	62
H.9.2 <i>SIL</i> -Grenze durch die <i>PFH</i>	62
H.10 Zusätzliche Erwägungen zur Erfüllung der ISO 13849-1	63
H.10.1 Allgemeines	63
H.10.2 <i>MTTF_D</i> eines Kanals.....	63
H.10.3 Ermittlung der quantitativen Kategoriefähigkeit.....	63
H.10.4 Ermittlung der quantitativen <i>PL</i> -Fähigkeit	63
Anhang I (informativ) Digitale Verarbeitung von Sinus-/Cosinus-Signalen	64
I.1 Allgemeines	64
I.2 Abtastung von Sinus-/Cosinus-Signalen	64
I.3 Konsequenzen.....	65
I.4 Maßnahmen zur Verbesserung der <i>DC</i>	66
Anhang J (informativ) Einkanalige Architektur mit Idealer Fehlererkennung	67
J.1 Allgemeines	67
J.2 <i>Ideale Fehlererkennung</i> für <i>Encoder(SR)</i> mit Sinus- und Cosinus-Ausgangssignal	67
Anhang K (informativ) Quantifizierung – Besonderheiten bei einkanaligen inkrementellen <i>Encodern(SR) mit Sinus- und Cosinus-Ausgangssignal</i>	69
K.1 Allgemeines	69
K.2 <i>Einfehlersicherheit</i>	69
K.3 Nicht erkennbare Fehler	69
K.4 Diagnoseprüfungen (<i>DC</i>).....	69
Anhang L (informativ) Statische Analyse von <i>Signalauswertung</i> und Fehlererkennung.....	71
L.1 Allgemeines	71
L.2 Motivation zur Analyse von <i>Signalauswertung</i> und Fehlererkennung	71
L.3 Was bedeutet Statische Analyse der <i>Signalverarbeitung</i> ?	71
L.4 Standard-Testsignale	75
L.4.1 Testsignal bereitstellen (Schritt 1).....	75
L.4.1.1 Testsignal 1	77
L.4.1.2 Testsignal 2	78
L.4.1.3 Testsignal 3	78
L.4.1.4 Testsignal 4	79
L.4.1.5 Testsignal 5	79

	Seite
L.5 Simulation der spezifikationsgemäßen <i>Signalverarbeitung</i>	80
L.5.1 Allgemeines	80
L.5.1.1 Differenzsignale bilden (Schritt 2)	81
L.5.1.2 Rechtecksignale gemäß Spezifikation bilden (Schmitt-Trigger, Schritt 3)	81
L.5.1.3 Spezifizierte Diagnose durchführen (Schritt 4)	82
L.6 Bewertung der Spezifikation <i>Signalverarbeitung</i>	82
L.6.1 Allgemeines	82
L.6.1.1 Flanken erkennen (Schritt 5)	83
L.6.1.2 Flanken in der Vorperiode zählen (Schritt 6)	83
L.6.1.3 Statischwerden feststellen (Schritt 7)	83
L.6.2 Bewertungskonzept für die Spezifikation der <i>Signalverarbeitung</i>	84
L.6.2.1 Ideale <i>Fehlererkennung</i> (Schritt 8)	84
L.6.2.2 Fehlererkennung innerhalb einer Periode? (Schritt 9)	84
L.6.2.3 Positionsbezogenes Ergebnis ermitteln (Schritt 10)	85
L.6.2.4 Fehlererkennung nicht optimal? (Schritt 11)	85
L.6.2.5 Ganzer Testbereich optimal? (Schritt 12)	85
L.6.2.6 Fehlererkennung inakzeptabel? (Schritt 13)	86
L.6.2.7 Ganzer Testbereich akzeptabel? (Schritt 14)	86
L.7 FMEDA des <i>Encoders(SR)</i> zum Nachweis des <i>Diagnosedeckungsgrades</i>	87
L.7.1 Allgemeines	87
L.7.2 Erläuterung der Problematik	87
L.7.3 Vorgehensweise bei der FMEDA	89
L.8 Liste der für die Statische Analyse verwendeten Variablen	90
L.9 MS-Excel-Tool zur Durchführung der Statischen Analyse	92
Literaturhinweise	93
Bilder	
Bild 1 – Kontext des <i>Encoders(SR)</i>	11
Bild 2 – Beispiel der Hardwarearchitektur eines <i>Encoders(SR)</i> mit inkrementellem und absolutem Ausgangssignal	28
Bild B.1 – Universelle Architektur des <i>Encoders(SR)</i>	43
Bild C.1 – Beispiel für einen Zusatzring zur Montage mit einer Exzentrizität von x	47
Bild D.1 – Schockbeispiel (a) und zugehöriges PVSRs auf 4CP (b)	48
Bild I.1 – Digitale Abtastung von Sinus- und Cosinus-Signalen – Hardwarearchitektur, Beispiel	64
Bild I.2 – Lissajou-Diagramm der Sinus- und Cosinus-Signale A und B	65
Bild K.1 – Statische Analyse von <i>Signalauswertung</i> und Fehlererkennung	70
Bild L.1 – Konzept der Statischen Analyse	72
Bild L.2 – Vorgehensweise bei der Statischen Analyse (für ein Testsignal) mit Variablenbezeichnungen	75
Bild L.3 – Ersatzschaltung der Ausgangsschnittstelle des <i>Encoders(SR)</i>	76
Bild L.4 – Beispielschaltung zur Auswertung der Ausgangssignale und Diagnose von <i>Fehlern</i> des	

	Seite
<i>Encoders</i> (SR)	81
Bild L.5 – Lissajous-Diagramme (Darstellung von Signal <i>B</i> über Signal <i>A</i>) fehlerfrei (links) und bei kritischem <i>Encoder</i> (SR)-Fehler (rechts).....	88
Bild L.6 – Beispiele für die zweifache Auswirkung eines einzelnen Bauteilfehlers	89
Tabellen	
Tabelle 1 – Verzeichnis der Begriffe und Definitionen.....	12
Tabelle 2 – Für <i>Encoder</i> (SR) anzuwendende Abschnitte der IEC 61800-5-2:2016 und entsprechende Anpassungen.....	22
Tabelle 3 – Für <i>Encoder</i> (SR) anzuwendende Abschnitte der IEC 61800-5-1:2016 CSV und entsprechende Anpassungen.....	24
Tabelle A.1 – Ausführungen von <i>Encoder</i> (SR)	40
Tabelle B.1 – Beispiele von Bauteilen und Prinzipien	43
Tabelle G.1 – <i>Encoder</i> (SR) – Liste der mechanischen <i>Fehler</i> und Fehlerausschlüsse.....	54
Tabelle G.2 – <i>Fehler</i> und Fehlerausschlüsse für Auswahl, Montage und Betrieb von Wälzlagern	55
Tabelle H.1 – Bauteile für <i>Encoder</i> (SR) und deren Berücksichtigung bei der Quantifizierung.....	58