JSC-110

Sicherheitskennzahlen bei Nutzung von Resolvern

Revision 1.0

Rev.	Changes	Date	Name
0.1	Erstellung	2020-02-13	Volker Kugler
0.2	Berechnung für IEC 61508 ergänzt	2020-02-17	Volker Kugler
0.3	Ergänzung Kapitel IEC 61508	2020-02-18	Volker Kugler
1.0	Freigabe nach Review durch Hr. Sassenbach	2020-02-18	Volker Kugler

Table of Contents

1 Zielsetzung 3
2 Applikationsbeschreibung 4
2.1 STO-Aktivierung 5
2.2 Türüberwachung 5
3 Beispielberechnung 6
3.1 Komponenten des Sicherheitsblockdiagramms 6
3.1.1 Türschalter 6
3.1.2 Resolver 7
3.1.3 JSC-110 7
3.2 Berechnung nach ISO 13849-1 8
3.2.1 $MTTF_D$ jedes Kanals via PartsCount 8
3.2.2 DC_{avg} 8
3.2.3 Fazit ISO 13849 8
3.3 Berechnung nach DIN EN 62061 9
3.3.1 Fazit 9
3.4 Berechnungen nach IEC 61508 10
3.4.1 Fazit 10
4 Referenzierte Dokumente 11

1 Zielsetzung

Auf Basis der Application-Note sollen die dort durchgeführten Berechnungen überprüft und die Anforderungen an die Realisierung definiert werden.

2 Applikationsbeschreibung

Ein Motor mit Resolver, gesteuert über ein JM-2xx Drive mit der Option STO, soll über die JSC-110-1-RS (nachfolgend nur noch JSC-110 genannt) mit der Sicherheitsfunktion „Sicher reduzierte Geschwindigkeit bei geöffneter Schutztüre“ angesteuert werden.

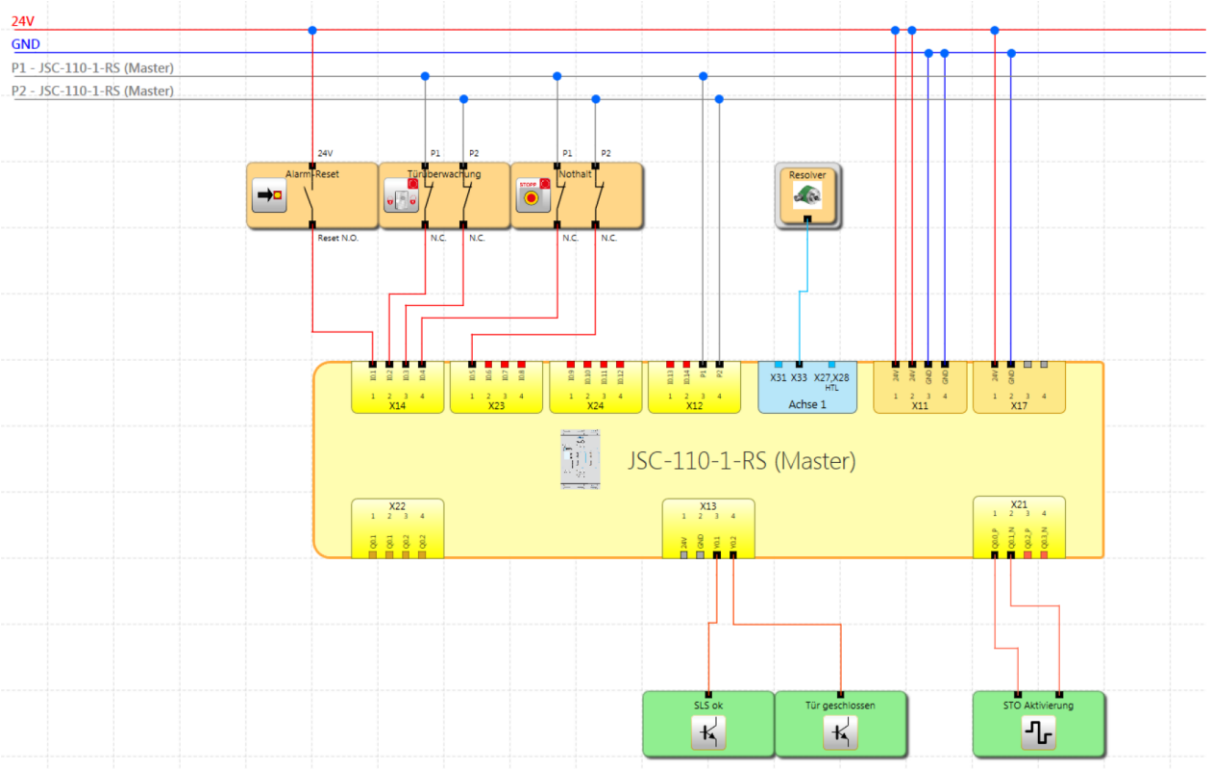


Abbildung 1 Applikationsbeispiel

Das Öffnen der Schutztüre wird durch ein Signal an die Drive-Steuerung gemeldet. Diese muss daraufhin die Geschwindigkeit des Motors über das JM-2xx-Drive reduzieren. Wird die Geschwindigkeit nach einer max. zulässigen Verzögerungszeit überschritten, wird die STO-Funktion des JM-2xx aktiviert. Die Aktivierung wird der Drive-Steuerung durch ein Signal gemeldet.

Bei der Nutzung von Einzelgebern muss der Fehlerausschluss für die mechanische Verbindung zwischen Geber und Motor und Motorwelle und Geber angewandt werden (Siehe DIN EN 61800-5-2:2017 Tabelle D.8). Motoren der Firma Jetter können mit der Option Y (Sicher angebauter Geber/Resolver) mit diesem Fehlerausschluss bestellt werden.

Für sicherheitsrelevante Kabel und Leitungen muss der Fehlerausschluss „Kurzschluss“ angewandt werden, wenn keine Diagnosemaßnahmen zur Erkennung von Kurzschlüssen vorhanden sind.

Da die Drive-Steuerung der Resolver-Master ist, müssen die Resolver-Signale vom JSC-110 als Slave überwacht werden. Nutzen Sie dazu unseren Splitter JSC-Adapter-RS (Artikel-Nr. 10001589).

2.1 STO-Aktivierung

Die JSC-110 besitzt mit den Signalen DO1_H und DO1_L einen, auf Abschaltfähigkeit getesteten, zweikanalige Ausgang zur Ansteuerung der Enable-Signale (STO) des JM-2xx.

Der positive Ausgang (DO1_H) der JSC-110 muss auf beide STO-Eingänge (Enable1/Enable2) gebrückt werden, der negative Ausgang (DO1_L) muss auf den COM-Eingang verbunden werden. Sowohl der DO1_H, als auch der DO1_L werden separat abgeschalten, so dass eine 2-kanalige Abschaltung realisiert ist.

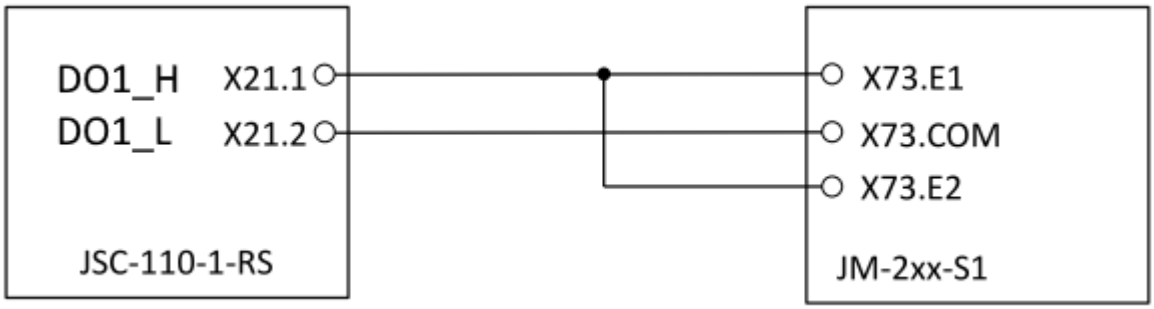


Abbildung 2 Anbindung "STO" an JSC-110

2.2 Türüberwachung

Im Funktionsblock „Türüberwachung“ werden die beiden Signale des Türschalters ausgewertet. Zum Test auf Querschluss werden die beiden Pulse P1 und P2 des JSC-110-1-RS genutzt. Das logische Türsignal wird einer Steuerung über den Ausgang „Tür geschlossen“ zur Verfügung gestellt. Beim Öffnen der Tür wird die Verzögerung „Bremszeit“ gestartet. Nach Ablauf der Bremszeit wird die Funktion „[SLS] Tür offen“ aktiviert. Die Funktion überwacht, ob die konfigurierte maximale Geschwindigkeit überschritten wird. Wird diese Geschwindigkeit während der Aktivierung überschritten, dann wird der Ausgang "STO Aktivieren" geschaltet. Sobald die Tür wieder geschlossen ist, wird die Aktivierung der Funktion „[SLS] Tür offen“ beendet.

3 Beispielberechnung

Anhand des Applikationsbeispiels soll eine Beispielberechnung durchgeführt werden. Die Sicherheitsstruktur ist folgendermaßen definiert:

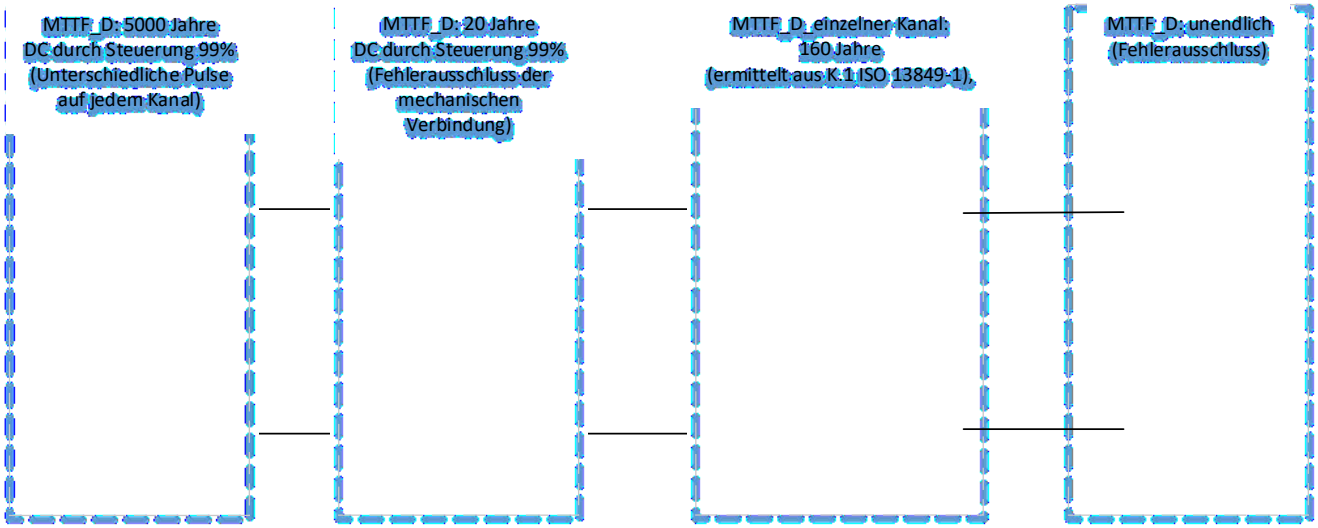


Abbildung 3 Sicherheitsblockdiagramm

3.1 Komponenten des Sicherheitsblockdiagramms

3.1.1 Türschalter

Für den Türschalter wird nach Tabelle C.1 der EN ISO 13849-1 der B_{10D}-Wert eines Positionsschalters (mit separatem Betätiger) mit 2.000.000 angenommen.

Bei einer angenommenen Betätigung von einmal stündlich und 250 Betriebstagen pro Jahr im 2-Schichtbetrieb (16 Stunden/pro Tag) ergeben sich 4.000 Schaltspiele pro Jahr.

Der $MTTF_d$ berechnet sich dann wie folgt:

$$\mathrm{MTTF_D} = \frac{B_{10D}}{0{,}1 \times n_{op}}$$

und ergibt:

$MTTF_{D_Türschalter}$ = 5000 Jahre.
$MTTF_{D_Türschalter_Kanal}$ = 5000 Jahre (weil jeder Kanal aufgrund der Ermittlung durch B_{10D} die gleiche Wahrscheinlichkeit des Ausfalls hat).

Für die Berechnung nach IEC 61508 bzw. DIN EN 61061 wird später $\lambda_{D_Türschalter}$ benötigt:

$$\lambda_{D_Türschalter} = \frac{10^9}{365 * 24 * MTTF_D}$$

$\lambda_{D_Türschalter}$ = 22,83 FIT

umgerechnet auf einen Kanal:

$\lambda_{D_Türschalter_Kanal}$ = $\lambda_{D_Türschalter}$ = 22,83 FIT

mit 99% DC ergibt sich dann folgende Aufteilung:

$\lambda_{DU_Türschalter_Kanal}$ = λ_D * (1-DC) = 0,2283 FIT

$\lambda_{DD_Türschalter_Kanal}$ = λ_D * (DC) = 22,603 FIT

3.1.2 Resolver

Für den Resolver gibt es eine Herstellerangabe des $MTTF_D$-Wertes von 20 Jahren.

$MTTF_{D_Resolver}$ = 20 Jahre.
$MTTF_{D_Resolver_Kanal}$ = 40 Jahre.

Für die Berechnung nach IEC 61508 bzw. DIN EN 61061 wird später $\lambda_{D_Resolver}$ benötigt:

$$\lambda_{D_Resolver} = \frac{10^9}{365 * 24 * MTTF_D}$$

$\lambda_{D_Resolver}$ = 5707,76 FIT

umgerechnet auf einen Kanal:

$\lambda_{D_Resolver_Kanal}$ = $\lambda_{D_Resolver}$/2 = 2854 FIT

mit 99% DC ergibt sich dann folgende Aufteilung:

$\lambda_{DU_Resolver_Kanal}$ = λ_D * (1-DC) = 28,54 FIT

$\lambda_{DD_Resolver_Kanal}$ = λ_D * (DC) = 2825,34 FIT

3.1.3 JSC-110

Für die JSC-110 liegen keine Ausfallraten der Kanäle als Herstellerangabe vor, deshalb wird der, über die Tabelle K.1 der ISO 13849-1 ermittelte, $MTTF_D$-Wert des Kanals genutzt.

$MTTF_{D_JSC-110}$ = 80 Jahre.
$MTTF_{D_JSC-110_Kanal}$ = 160 Jahre.

Für die Berechnung nach IEC 61508 bzw. DIN EN 61061 wird später $\lambda_{D_JSC-110_Kanal}$ benötigt:

$$\lambda_{D_JSC-110_Kanal} = \frac{10^9}{365 * 24 * MTTF_D}$$

$\lambda_{D_JSC-110_Kanal}$ = 713,47 FIT

mit 99% DC ergibt sich dann folgende Aufteilung:

$\lambda_{DU_JSC-110_Kanal}$ = λ_D * (1-DC) = 7,135 FIT

$\lambda_{DD_JSC-110_Kanal}$ = λ_D * (DC) = 706,34 FIT

3.2 Berechnung nach ISO 13849-1

3.2.1 $MTTF_D$ jedes Kanals via PartsCount

Für die Berechnung des $MTTF_D$-Wertes stellt die ISO 13849-1 die Formel D.1 zur Verfügung:

$$\frac{1}{\mathrm{MTTF_D}} = \sum_{i=1}^{\bar{N}} \frac{1}{\mathrm{MTTF_{Di}}} = \sum_{j=1}^{\bar{N}} \frac{n_j}{\mathrm{MTTF_{Dj}}}$$

Angewandt auf unsere Beispielapplikation ergibt sich folgende Formel:

$$MTTF_{D_Kanal} = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{D_Türschalter_Kanal}} + \frac{1}{MTTF_{D_Resolver_Kanal}} + \frac{1}{MTTF_{D_{JSC}-110_Kanal}}}$$

$MTTF_{D_Kanal}$ = 31,77 Jahre

3.2.2 DC_{avg}

Für die Berechnung des DCavg stellt die ISO 13849-1 die Formel E.1 zur Verfügung:

$$\mathrm{DC_{avg}} = \frac{\frac{\mathrm{DC_1}}{\mathrm{MTTF_{D1}}} + \frac{\mathrm{DC_2}}{\mathrm{MTTF_{D2}}} + \cdots + \frac{\mathrm{DC_N}}{\mathrm{MTTF_{DN}}}}{\frac{1}{\mathrm{MTTF_{D1}}} + \frac{1}{\mathrm{MTTF_{D2}}} + \cdots + \frac{1}{\mathrm{MTTF_{DN}}}}$$

Dies ergibt mit den Werten der Beispielapplikation:

DC_{avg} = 99%.

3.2.3 Fazit ISO 13849

Aufgrund der Struktur und der errechneten Werte:

Kategorie 3/4
DC_{avg} = hoch
$MTTF_{D_Kanal}$ = hoch

Erreicht die Beispielapplikation den Performancelevel:

PL e

Die ausschlaggebende Komponente in diesem Sicherheitsblockdiagramm ist der Resolver, da dieser den niedrigsten $MTTF_D$-Wert der verwendeten Komponenten besitzt.

Schon geringfüge Verschlechterungen des $MTTF_D$-Wertes des Resolvers z.B. auf 16 Jahre, verhindern das Erreichen des Performancelevel PL e, weil der $MTTF_{D_Kanal}$ dann nur noch Mittel erreicht. Dann ist nur noch PL d erreichbar.

3.3 Berechnung nach DIN EN 62061

Für die Berechnung des PFH-Wertes bei einer 1oo2-Struktur mit Diagnose und symmetrischen Kanälen stellt die DIN EN 62061 die Formel D.2 zur Verfügung:

$$PFH = (1-\beta)^2 * \left\{[\lambda_D^2 * 2 * DC] * \frac{T2}{2} + [\lambda_D^2 * (1-DC)] * T1\right\} + \beta * \lambda_D$$

Die in den Formeln verwendeten Parameter müssen zum Teil applikationsseitig definiert werden und ergeben sich aus Maßnahmen gegen CommonCause-Fehler (ß) und Testintervallen.

Dabei ist:

T2 das Diagnosetestintervall in Stunden
T1 der kleinere Wert von Proof-Test-Intervall oder Gebrauchsdauer
ß ermittelter Betafaktor aus Tabelle F.1 der DIN EN 62061
λ_D λ dangerous des Kanals
λ_{DU} λ dangerous undetected der Sicherheitsfunktion

Für die Beispielberechnung werden die Werte wie folgt definiert:

T2 = 1 Stunde
T1 = 20 Jahre = 175200 Stunden
ß = 5%
$\lambda_D = \lambda_{D_Türschalter_Kanal} + \lambda_{D_Resolver_Kanal} + \lambda_{D_JSC\text{-}110_Kanal}$ = 3590 FIT, entsprechend einer Ausfallwahrscheinlichkeit von $3{,}59*10^{-6}$ pro Stunde.

Setzt man diese Werte in die Formel oben ein, so ergibt sich:

$PFH_{62061} = 2*10^{-7}$ Ausfallwahrscheinlichkeit pro Stunde

3.3.1 Fazit

Der PFH-Wert für das Erreichen von SIL 3 muss kleiner als 10^{-7}sein, der errechnete PFH-Wert reicht also nicht für eine SIL3-Applikation nach DIN EN 62061 nicht aus.

Für eine SIL2-Applikation nach DIN EN 62061 ist der PFH-Wert ausreichend.

Abhilfe: Der Hauptanteil am PFH-Wert ergibt sich aus λ_D mal dem Betafaktor. Durch Verbesserung des Betafaktors auf 2% wird ein PFH-Wert von $9{,}35*10^{-8}$ erreicht, der für SIL3 ausreichend wäre. Eine weitere Möglichkeit wäre, die schlechteste Komponente durch eine mit einem besseren MTTFd-Wert auszutauschen, das wäre in diesem Fall der Resolver.

3.4 Berechnungen nach IEC 61508

Für die Berechnung des PFH-Wertes bei einer 1oo2-Struktur mit Diagnose und symmetrischen Kanälen stellt die IEC 61508-6 in Kapitel B.3.3.2.2 die Formel zur Verfügung:

$$PFH = 2 * \left((1-\beta_D) * \lambda_{DD} + (1-\beta) * \lambda_{DU}\right) * (1-\beta) * \lambda_{DU} * t_{CE} + \beta * \lambda_{DU}$$

$$t_{CE} = \frac{\lambda_{DU}}{\lambda_D} * \left(\frac{T1}{2} + MRT\right) + \frac{\lambda_{DD}}{\lambda_D} * MTTR$$

Die in den Formeln verwendeten Parameter müssen zum Teil applikationsseitig definiert werden und ergeben sich aus Maßnahmen gegen CommonCause-Fehler (ß und $ß_D$), dem Proof-Test-Intervall und Reparaturzeiten (MRT und MTTR).

Dabei ist:

T1 das Proof-Test-Intervall oder die Gebrauchsdauer
ß ermittelter Beta-Faktor aus DIN EN 61508-6 Tabelle D.1
$ß_D$ ermittelter Beta-Faktor aus DIN EN 61508-6 Tabelle D.1
MRT Mean Repair Time
MTTR Mean Time to Repair

Für die Beispielrechnung werden die Werte wie folgt definiert:

T1 = 20 Jahre = 175200 Stunden
ß = 2%
$ß_D$ = 2 %
MRT = 7 Stunden (angenommenes Diagnosetestintervall 1 Stunde)
MTTR = 8 Stunden

$\lambda_D = 3{,}59*10^{-6}$
$\lambda_{DD} = 3{,}56*10^{-6}$
$\lambda_{DU} = 3{,}59*10^{-8}$

Setzt man diese Werte in die Formel oben ein, so ergibt sich:

$PFH_{61508} = 9{,}37*10^{-10}$ Ausfallwahrscheinlichkeit pro Stunde

3.4.1 Fazit

Der PFH-Wert für das Erreichen von SIL 3 muss kleiner als 10^{-7}sein, der errechnete PFH-Wert reicht also für eine SIL3-Applikation nach IEC 61508 aus.

4 Referenzierte Dokumente

Dokumente

	Title	File Name	Rev.
1	ISO 13849		
2	DIN EN 61800-5-2:2017		
3	Installationsanleitung	HB-DE JSC-110 Installationshandbuch_26F1.pdf	
4	Application Note	Application Note SLS mit JSC-110-1-RS.pdf	
5	IEC 61508		
6	DIN EN 62061		