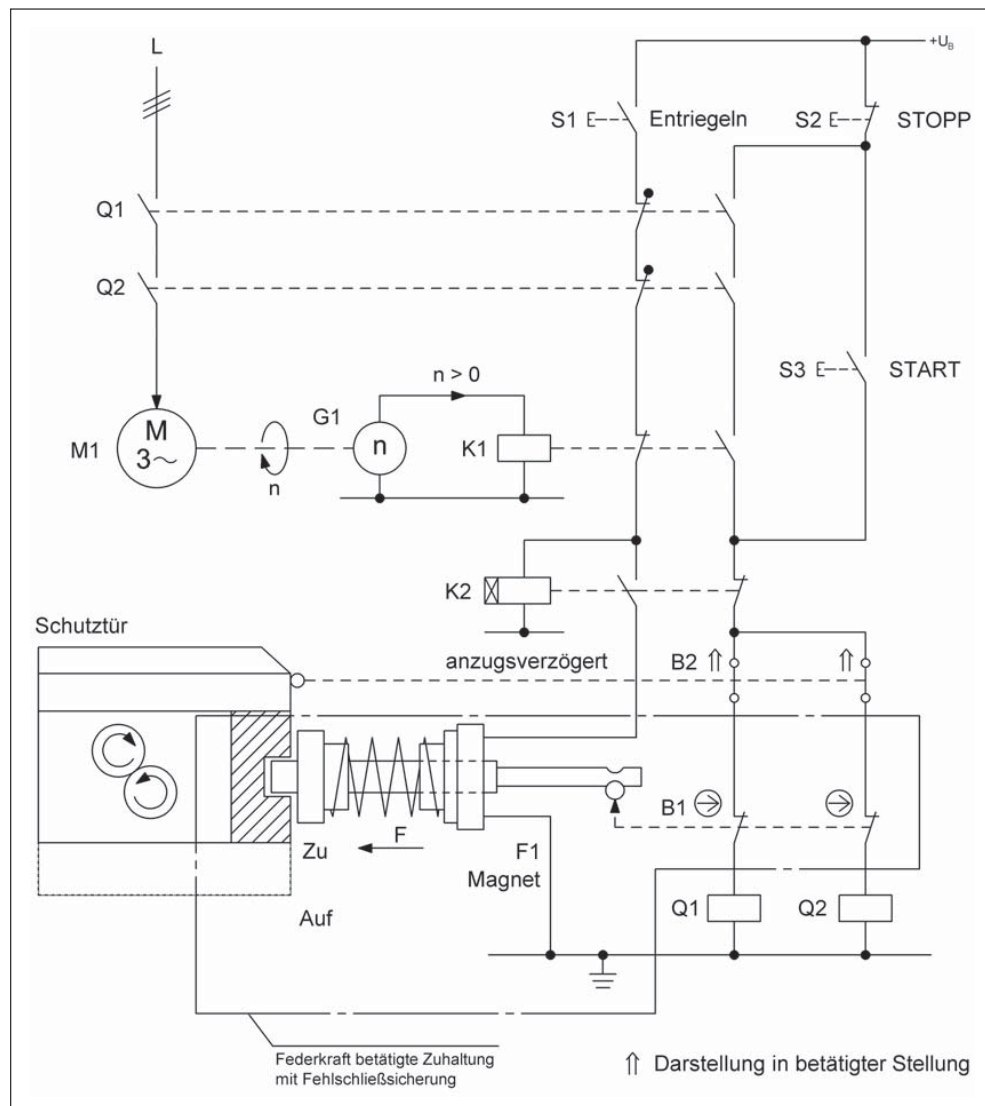


8.2.19 Verriegelungseinrichtung mit Zuhaltung – Kategorie 3 – PL d (Beispiel 19)

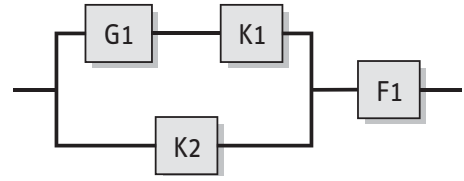


Sicherheitsfunktionen

- Kein Entriegeln der Zuhaltung bei Drehzahl größer Null
- Verhindern eines unerwarteten Anlaufs aus dem Stillstand bei geöffneter Schutztür

Funktionsbeschreibung

- Der Zugang zu einer gefahrbringenden Bewegung wird durch eine Schutztür mit Zuhaltung solange versperrt, bis die Bewegung zum Stillstand gekommen ist. Das Schließen der Tür erfolgt durch formschlüssiges federkraftbetätigtes Einrücken eines Sperrbolzens, der zum Öffnen elektromagnetisch gezogen wird. Die Stellung des Sperrbolzens wird über den integrierten Positionsschalter B1 überwacht, die Stellung der Schutztür zusätzlich zur Erhöhung der Manipulationssicherheit über den Positionsschalter B2. Die Verriegelungseinrichtung mit integrierter federkraftbetätigter Zuhaltung besitzt zusätzlich eine Fehlschließsicherung.



- Die gefahrbringende Bewegung kann nur bei geschlossener Schutztür und per Federkraft eingerücktem Sperrbolzen über den Starttaster S3 in Gang gesetzt werden. Der Positionsschalter B1 ist dann entlastet, Positionsschalter B2 ist betätigt. Damit sind die Öffnerkontakte von B1 geschlossen, ebenso die Schließerkontakte von B2. Ihre Reihenschaltung gibt die Ansteuerung für die Motorschütze Q1 und Q2 frei. Das sicherheitsbezogene Blockdiagramm für die Sicherheitsfunktion „Verhindern eines unerwarteten Anlaufs aus dem Stillstand bei geöffneter Schutztür“ (hier nicht dargestellt) besteht daher bei Vereinfachung zur sicheren Seite aus zwei redundanten Kanälen B1-Q1 und B2-Q2. Alternativ kann B1-Q2 und B2-Q1 gewählt werden. Ergeben sich aus diesen beiden Modellen unterschiedliche Werte der $MTTF_d$ pro Kanal, kann für die Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit der höhere $MTTF_d$ -Wert verwendet werden.
- Das Öffnen der Schutztür während der gefahrbringenden Bewegung ist durch die Einbindung je eines Öffnerkontaktes (Spiegelkontaktes) der Schütze Q1, Q2 und des auf der Drehzahlinformation des Tachogenerators G1 basierenden Stillstandswächters K1 sowie des Schließerkontaktes des anzugsverzögerten Schützes K2 im Ansteuerkreis des Magneten F1 einfehlersicher verhindert.
- Ein Öffnen der Schutztür während des Austrudelns des Motors nach Betätigen des Stoptasters S2 und des Entriegelungstasters S1 ist durch die Einbindung des Öffnerkontaktes des Stillstandswächters K1 (basierend auf der Drehzahlinformation von G1) und des Schließerkontaktes des anzugsverzögerten Schützes K2 im Ansteuerkreis des Magneten F1 einfehlersicher verhindert (siehe sicherheitsbezogenes Blockdiagramm).
- Mit dem Betätigen der Entriegelungstaste S1 wird nach dem Stillstand des Motors (Q1, Q2 und K1 abgefallen) das anzugsverzögerte Schütz K2 angesteuert, der Magnet F1 aktiviert und damit der Sperrbolzen aus der Schutztür gezogen. Der Positionsschalter B1 verbleibt während der geöffneten Schutztür manipulationssicher formschlüssig zwangsläufig betätigt. Ein unerwarteter Anlauf aus dem Stillstand wird auch über den Positionsschalter B2 (unbetätigt) verhindert.

Konstruktive Merkmale

- Grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien sowie die Anforderungen der Kategorie B sind eingehalten. Schutzbeschaltungen (z.B. Kontaktabsicherung) wie in den ersten Abschnitten von Kapitel 8 beschrieben sind vorgesehen.
- Die Leitungen sind im elektrischen Einbauraum verlegt oder in getrennten Mantelleitungen ausgeführt.
- Die Hilfsschütze K1 und K2 besitzen zwangsgeführte Kontaktelemente entsprechend DIN EN 60947-5-1, Anhang L.
- Die Schütze Q1 und Q2 besitzen Spiegelkontakte entsprechend DIN EN 60947-4-1, Anhang F.
- Ein stabiler Aufbau der Schutzeinrichtung zur Betätigung des Positionsschalters ist sichergestellt.
- Der Positionsschalter B1 ist ein zwangsöffnender Positionsschalter entsprechend DIN EN 60947-5-1, Anhang K.
- Die in der Schaltung vorgesehene Verriegelungseinrichtung (in Abbildung 8.32 gestrichelt dargestellt) enthält – in einem Gehäuse untergebracht und damit von außen nicht zugänglich – sowohl die Zuhaltung mit dem federrückgestellten Entriegelungsmagneten als auch den zur Stellungsüberwachung des Sperrbolzens und der Schutztür notwendigen Positionsschalter B1.
- Die Feder der Zuhaltung ist eine bewährte Feder nach DIN EN ISO 13849-2, Anhang A.3. Außerdem ist die Feder dauer sicher nach DIN EN 13906-1. Die Kriterien nach GS-ET-19, Abschnitt 5.5.1, werden eingehalten. Der Magnet F1 zieht ohne Spannung nicht an, sodass bei gleichzeitigem Fehlerausschluss für die Fehlerannahme „Bruch des Sperrmittels“ für diese Elemente insgesamt ein Fehlerausschluss in Bezug auf gefahrbringende Fehler erfolgt.
- Die Fehlschließsicherung der Zuhaltung stellt konstruktiv sicher, dass der Sperrbolzen bei geöffneter Schutztür nicht die Sperrstellung (Zuhaltstellung) einnehmen kann.

- In Abbildung 8.32 sind nicht gezeichnet die in einer Zuhaltung zusätzlich integrierbaren Funktionen „Fluchtentriegelung“ und „Notentsperrung“ zum gewollten handbetätigten Öffnen der Schutzvorrichtung im Gefahrenfall – ohne Hilfsmittel und unabhängig vom Betriebszustand jeweils zwangsläufig auf das Sperrmittel wirkend, siehe hierzu Prüfgrundsätze GS-ET-19.
- Die Standardkomponente G1 wird nach den Hinweisen in Abschnitt 6.3.10 eingesetzt.

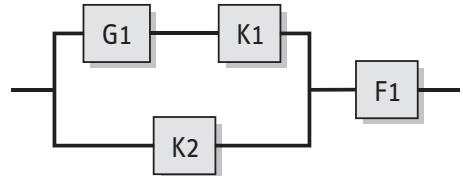
Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit

Zunächst wird die Wahrscheinlichkeit der ungewollten Aufhebung der Zuhaltung bzw. der Sicherheitsfunktion „Kein Entriegeln der Zuhaltung bei Drehzahl größer Null“ (siehe auch sicherheitsbezogenes Blockdiagramm) berechnet.

- $MTTF_d$: Für K1 und K2 gilt der B_{10d} -Wert von 400 000 Zyklen [N]. Bei 240 Arbeitstagen, 8 Arbeitsstunden und 10 Minuten Zykluszeit ist für diese Komponenten $n_{op} = 11\,520$ Zyklen/Jahr und $MTTF_d = 347$ Jahre. Für den elektronischen Teil der Anzugsverzögerung in K2 wird eine $MTTF_d$ von 1 000 Jahren angenommen [G], sodass K2 insgesamt eine $MTTF_d$ von 257 Jahren besitzt. Für G1 liegt keine Herstellerangabe vor, es wird eine $MTTF_d$ von 30 Jahren angenommen [G]. Diese Werte ergeben eine symmetrisierte $MTTF_d$ pro Kanal von 70 Jahren.
- DC_{avg} : Fehlerhafte Zustände von K1 oder K2 führen aufgrund der Zwangsführung der Kontakte zu einem dauerhaften Ausfall der Entriegelung der Zuhaltung oder der Motorenergie, sodass eine Fehlererkennung durch den Prozess gegeben ist und ein DC von 99 % angenommen wird. Eine Drift der Schaltschwelle von G1 kann durch den Prozess erkannt werden, sodass ein DC von 60 % angenommen wird. Für den Ausfall der Anzugsverzögerung von K2 ist keine Fehlererkennung gegeben. Dies ergibt einen DC_{avg} von 57 %, der im Toleranzbereich von „niedrig“ liegt.
- Ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (70 Punkte): Trennung (15), Schutz gegen Überspannung usw. (15), Verwendung bewährter Bauteile (5) und Umgebungsbedingungen (25 + 10)
- Bei gleichzeitigem Fehlerausschluss für die weiteren Elemente der Zuhaltung (siehe oben) entspricht die Kombination der Steuerungselemente Kategorie 3 mit hoher $MTTF_d$ pro Kanal (70 Jahre) und niedrigem DC_{avg} (57 %). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von $1,83 \cdot 10^{-7}$ /Stunde. Dies entspricht PL d.

Die Berechnung der Wahrscheinlichkeit für die Sicherheitsfunktion „Verhindern eines unerwarteten Anlaufs aus dem Stillstand bei geöffneter Schutztür“ führt zu folgendem Ergebnis.

- $MTTF_d$: Für den Positionsschalter B1 wird aufgrund der Zwangsöffnung ein B_{10d} -Wert von 20 000 000 Zyklen [N] angenommen. Mit der oben angenommenen $n_{op} = 11\,520$ Zyklen/Jahr beträgt der zugehörige $MTTF_d$ -Wert 17 361 Jahre. Für den Positionsschalter B2 wird ein B_{10d} -Wert von 100 000 Zyklen [G] (siehe auch Tabelle D.2) angenommen, der zugehörige $MTTF_d$ -Wert beträgt 86 Jahre. Für Q1 und Q2 gilt der B_{10d} -Wert von 400 000 Zyklen [N]. Mit der gleichen n_{op} ergibt sich jeweils eine $MTTF_d$ von 347 Jahren. Diese Werte ergeben eine symmetrisierte $MTTF_d$ pro Kanal von 85 Jahren.
- DC_{avg} : Fehlerhafte Zustände aller Elemente werden bei der angenommenen hohen Schalthäufigkeit jeweils mit einem DC von 99 % z.B. über Fehlererkennung durch den Prozess erkannt, was somit auch zu einem DC_{avg} von 99 % führt.
- Ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (70 Punkte): siehe oben
- Die Kombination der Steuerungselemente entspricht Kategorie 4 mit hoher $MTTF_d$ pro Kanal (85 Jahre) und hohem DC_{avg} (99 %). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von $2,93 \cdot 10^{-8}$ /Stunde. Dies entspricht PL e. Damit ist der $PL_r = d$ übertroffen, was bei erforderlicher zweikanaliger Ausführung der Hardware mit wenigen Bauteilen, der Verwendung von B_{10d} -Werten nach Norm, einem DC von „hoch“ sowie einer „moderaten“ Schalthäufigkeit nahezu immer der Fall sein wird.
- Das verschleißbehaftete Element B2 sollte nach jeweils ca. 8 Jahren (T_{10d}) ausgetauscht werden.



Weiterführende Literatur

- Reudenbach, R.: Maßnahmen gegen das Umgehen von Verriegelungseinrichtungen an Schutztüren. die BG 2003 Nr. 7, S. 275-281
www.diebg.info/download/reudenbach.pdf
- Lüken, K., et al.: Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen. HVBG-Report. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2006
www.dguv.de/bgia, Webcode d6303
- GS-ET-19: Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Verriegelungseinrichtungen mit elektromagnetischen Zuhaltungen (4/04)
www.dguv.de, Webcode d14884
- BGI 575: Merkblatt für die Auswahl und Anbringung elektromechanischer Verriegelungseinrichtungen für Sicherheitsfunktionen. Carl Heymanns, Köln 2003
- DIN EN 1088: Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl (02.96). Beuth, Berlin 1996
- DIN EN 1088/A1: Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl (07.07). Beuth, Berlin 2007
- DIN EN 13906-1: Zylindrische Schraubenfedern aus runden Drähten und Stäben – Berechnung und Konstruktion – Teil 1: Druckfedern (07.02). Beuth, Berlin 2002

Subsystem BGIA

Dokumentation | PL | Kategorie | MTTFd | DCavg | CCF | Blöcke

Kanal 1

Name	DC [%]	MTTFd [a]
• BL Tachogenerator G1	60 (Low)	30 (High)
• BL Hilfsschütz K1	99 (High)	347,22 (-)

Kanal 2

Name	DC [%]	MTTFd [a]
• BL Hilfsschütz K2	0 (None)	257,73 (-)

PR 19 Verriegelungseinrichtung mit Zuhaltung

- SF Kein Entriegeln der Zuhaltung bei Drehzahlgrößerung
- SB Ansteuerung des Magneten
 - CH Kanal 1
 - BL Tachogenerator G1
 - BL Hilfsschütz K1
 - CH Kanal 2
 - BL Hilfsschütz K2
 - TE Testkanal
- SF Verhindern eines unerwarteten Anlaufs
- SB Überwachung der Schutztür
 - CH Kanal 1
 - BL Positionsschalter B1
 - BL Schütz Q1

Kein Entriegeln der Zuhaltung bei Drehzahlgrößerung

PLr	d
PL	d
PFH [1/h]	1,83E-7

SB Ansteuerung des Magneten

PL	d
PFH [1/h]	1,83E-7
Kat.	3
MTTFd [a]	70,65 (High)
DCavg [%]	57 (None)
CCF	70 (erfüllt)

Abbildung 8.33:
PL-Bestimmung mithilfe
von SISTEMA