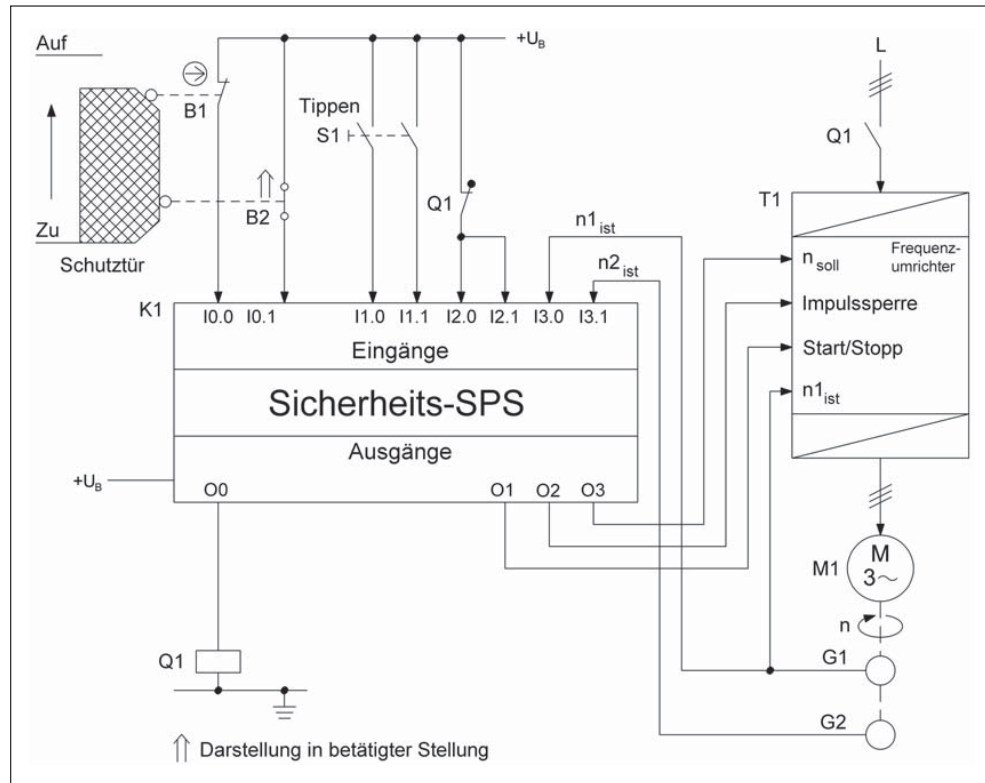


8.2.21 Sicher begrenzte Geschwindigkeit für Tippbetrieb – Kategorie 3 – PL d (Beispiel 21)

Abbildung 8.36:
Tippbetrieb mit sicher
begrenzter Geschwindig-
keit bei geöffneter Schutz-
tür, mit Soll-/Ist-Vergleich
und Drehzahl-Grenzwert-
vorgabe innerhalb einer
Sicherheits-SPS

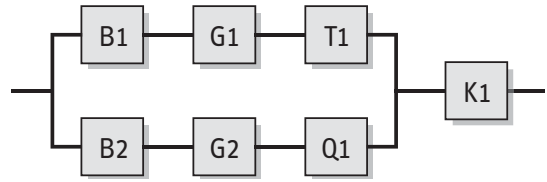


Sicherheitsfunktion

- Sicher begrenzte Geschwindigkeit (SLS): Bei geöffneter Schutztür wird das Überschreiten einer zulässigen Drehzahl im Tippbetrieb verhindert.

Funktionsbeschreibung

- Eine gefahrbringende Bewegung wird bei geöffneter Schutztür sicher verhindert oder unterbrochen. Das Öffnen der Schutztür wird über zwei Positionsschalter B1 und B2 in Öffner-Schließer-Kombination erfasst. Bei betätigtem Taster S1 wird mithilfe der Sicherheits-SPS K1 eine sicher begrenzte Geschwindigkeit am Frequenzumrichter T1 eingestellt. Beide Verarbeitungskanäle innerhalb der SPS erhalten jeweils über ihre Anwendersoftware voneinander unabhängige Soll-/Ist-Grenzwert-Vorgaben. Die Überwachung der Ist-Drehzahl der begrenzten Geschwindigkeit an den Eingängen I3.0 und I3.1 von K1 erfolgt über zwei separate Tachogeneratoren G1 und G2. Jeder Kanal der SPS führt unabhängig den Soll-/Ist-Vergleich durch. Schlägt die über T1 geregelte Reduzierung der Drehzahl auf den begrenzten Wert fehl, so kann K1 über Sperrung des Start-/Stopp-Signals und der Impulssperre am Umrichter einen Stillstand einleiten. Zusätzlich kann über ein Netzschütz Q1 die Energieversorgung zu T1 getrennt werden.
- Über eine intern in der Sicherheits-SPS K1 vorhandene Schnittstelle werden sicherheitsrelevante Daten ausgetauscht, z.B. zwecks Fehlererkennung durch Zustandsvergleich der beiden Verarbeitungskanäle. Versagt ein Verarbeitungskanal, so erfolgt die Abwärtssteuerung des Umrichters T1 sowie des Netzschützes Q1 jeweils durch den anderen noch funktionierenden Verarbeitungskanal. Ein Versagen des Umrichters, das z.B. zum unerwarteten Anlaufen, zum Weiterlaufen oder zu einer Erhöhung der Drehzahl führen kann, wird über die getrennte Erfassung der Drehzahlen durch die Tachogeneratoren G1 und G2 in beiden Verarbeitungskanälen erkannt. Das Nichtabfallen des Netzschützes Q1 wird über den in beide Verarbeitungskanäle geführten Öffnerkontakt (Eingänge I2.0 und I2.1 von K1) bemerkt und führt sowohl zur Sperrung des Start-/Stopp-Signals als auch der Impulssperre am Umrichter durch beide Verarbeitungskanäle.



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.
- Ein stabiler Aufbau der Schutzeinrichtung zur Betätigung des Positionsschalters ist sichergestellt.
- Der Positionsschalter B1 ist zwangsöffnend entsprechend DIN EN 60947-5-1, Anhang K, ausgeführt. Der Positionsschalter B2 entspricht ebenfalls DIN EN 60947-5-1.
- Das Schütz Q1 besitzt einen Spiegelkontakt entsprechend DIN EN 60947-4-1, Anhang F.
- Die Anschlussleitungen der Positionsschalter sind entweder getrennt oder gegen mechanische Beschädigung geschützt verlegt.
- Für die Sicherheitsfunktion „Sicher begrenzte Geschwindigkeit“ wird ein Fehlerausschluss für den Fehler Geberwellenbruch (G1/G2) angenommen. Einzelheiten zur Möglichkeit eines Fehlerausschlusses gibt z.B. IEC 61800-5-2, Tabelle D.16.
- Die Standardkomponenten G1 und G2 (soweit für die Drehgeber zutreffend) und T1 werden entsprechend den Hinweisen in Abschnitt 6.3.10 eingesetzt.
- Das Sicherheitsbauteil K1 erfüllt alle Anforderungen für Kategorie 3 und PL d. Die Programmierung der Software (SRASW) erfolgt entsprechend den Anforderungen für PL d und den Hinweisen in Abschnitt 6.3.
- Es wird davon ausgegangen, dass die Ausgänge der Sicherheits-SPS jeweils von beiden Verarbeitungskanälen der SPS angesteuert werden (Ausnahme O3).

Bemerkungen

- Nach DIN EN 1010-1 genügt bei Maschinen ohne betriebsmäßig regelmäßigen Eingriff in Gefahrstellen auch der Einsatz eines zwangsöffnenden Positionsschalters nach DIN EN 60947-5-1, Anhang K, je trennender verriegelter Schutzeinrichtung. Für den Fehlerausschluss in diesem Zusammenhang ist die Installation des Schalters nach DIN EN 60204-1 Bedingung.
- Für die vollständige Realisierung des Tippbetriebs ist zusätzlich die Sicherheitsfunktion „Kein unerwarteter Anlauf im Tippbetrieb“ zu betrachten.

Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit

- Der SRP/CS wird in die beiden Subsysteme Sensor/Aktor und SPS unterteilt. Für das Teilsystem SPS wird eine geprüfte, für PL d taugliche Sicherheits-SPS eingesetzt, deren Ausfallwahrscheinlichkeit $1,5 \cdot 10^{-7}$ /Stunde [G] am Ende der Berechnung für das Subsystem Sensor/Aktor addiert wird. Zur Aufstellung des Blockdiagramms siehe auch Abbildung 6.14 und entsprechende Hinweise im zugehörigen Text. Nachfolgend wird die Ausfallwahrscheinlichkeit für das Teilsystem Sensor/Aktor berechnet.
- $MTTF_d$: Bei 240 Arbeitstagen, 8 Arbeitsstunden und einer Stunde Zykluszeit beträgt $n_{op} = 1920$ Zyklen/Jahr. Für den Positionsschalter B1 wird aufgrund der Zwangsöffnung ein B_{10d} -Wert von 20 000 000 Zyklen [N] angenommen, der zugehörige $MTTF_d$ -Wert beträgt 104 116 Jahre. Für B2 wird aufgrund des definierten Steuerstroms (niedrige Last, mechanische Lebensdauer der Kontakte ist bestimmend) ein B_{10d} -Wert von 1 000 000 Zyklen [G] angenommen (siehe auch Tabelle D.2) und damit eine $MTTF_d = 5208$ Jahre. Das Schütz Q1 mit B_{10d} -Wert von 400 000 Zyklen schaltet betriebsmäßig nur einmal täglich, entsprechend $n_{op} = 240$ Zyklen/Jahr und $MTTF_d = 16667$ Jahre. Folgende Werte werden geschätzt: Für T1 $MTTF_d = 100$ Jahre und für G1/G2 $MTTF_d = 50$ Jahre [G]. Diese Werte ergeben eine symmetrisierte $MTTF_d$ pro Kanal von 41 Jahren („hoch“).

- DC_{avg} : Für die verwendeten Komponenten wird jeweils ein $DC = 99\%$ angenommen. Dieser basiert für die Positionsschalter und die Tachogeneratoren auf einem Kreuzvergleich von Eingangssignalen in K1. Für den Umrichter T1 erfolgt eine Fehlererkennung durch den Prozess, für das Netzschütz Q1 erfolgt eine direkte Überwachung über die SPS. Diese Werte ergeben einen DC_{avg} von 99% („hoch“).
- Ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (70 Punkte): Trennung (15), FMEA (5), Schutz gegen Überspannung usw. (15) und Umgebungsbedingungen (25 + 10)
- Das Subsystem Sensor/Aktor entspricht Kategorie 3 mit hoher $MTTF_d$ pro Kanal (41 Jahre) und hohem DC_{avg} (99 %). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von $6,56 \cdot 10^{-8}$ /Stunde. Dies entspricht PL e. Der $PL_r = d$ wird übertroffen, was bei erforderlicher zweikanaliger Ausführung der Hardware mit wenigen Bauteilen und der Verwendung von B_{10d} -Werten nach Norm, einem DC von „hoch“ sowie einer „moderaten“ Schalthäufigkeit nahezu immer der Fall sein wird.
- Die Gesamtausfallwahrscheinlichkeit wird durch Addition der Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von K1 ($1,5 \cdot 10^{-7}$ /Stunde) ermittelt und beträgt $2,16 \cdot 10^{-7}$ /Stunde. Dies entspricht PL d.

Weiterführende Literatur

- Grigulewitsch, W.; Reinert, D.: Schaltungsbeispiele mit programmierbaren Steuerungen zur Umsetzung der Steuerungskategorie 3. Kennzahl 330 227. 27. Lfg. I/95. Hrsg.: BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Berlin 1985 – Losebl.-Ausg.
www.bgia-handbuchdigital.de/330227
- DIN EN 61800-5-2 (VDE 0160-105-2): Elektrische Leistungsantriebe mit einstellbarer Drehzahl – Teil 5-2: Anforderungen an die Sicherheit – Funktionale Sicherheit (04.08). Beuth, Berlin 2008
- DIN EN 1010-1: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (03.05). Beuth, Berlin 2005

Subsystem BGIA

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

Kanal 1

Name	DC [%]	MTTFd [a]
BL Positionsschalter B1	99 (High)	104166,67 (-)
BL Tachogenerator G1	99 (High)	50 (High)
BL Frequenzumrichter T1	99 (High)	100 (High)

Kanal 2

Name	DC [%]	MTTFd [a]
BL Positionsschalter B2	99 (High)	5208,33 (-)
BL Tachogenerator G2	99 (High)	50 (High)
BL Leistungsschütz Q1	99 (High)	16666,67 (-)

Verhinderung zu hoher Drehzahlen im Tippbett

PLr	d
PL	d
PFH [1/h]	2,16E-7
SB Sensor/Aktor	
PL	e
PFH [1/h]	6,56E-8
Kat	3
MTTFd [a]	41,87 (High)
DCavg [%]	99 (High)
CCF	70 (erfüllt)

Abbildung 8.37:
PL-Bestimmung mithilfe
von SISTEMA