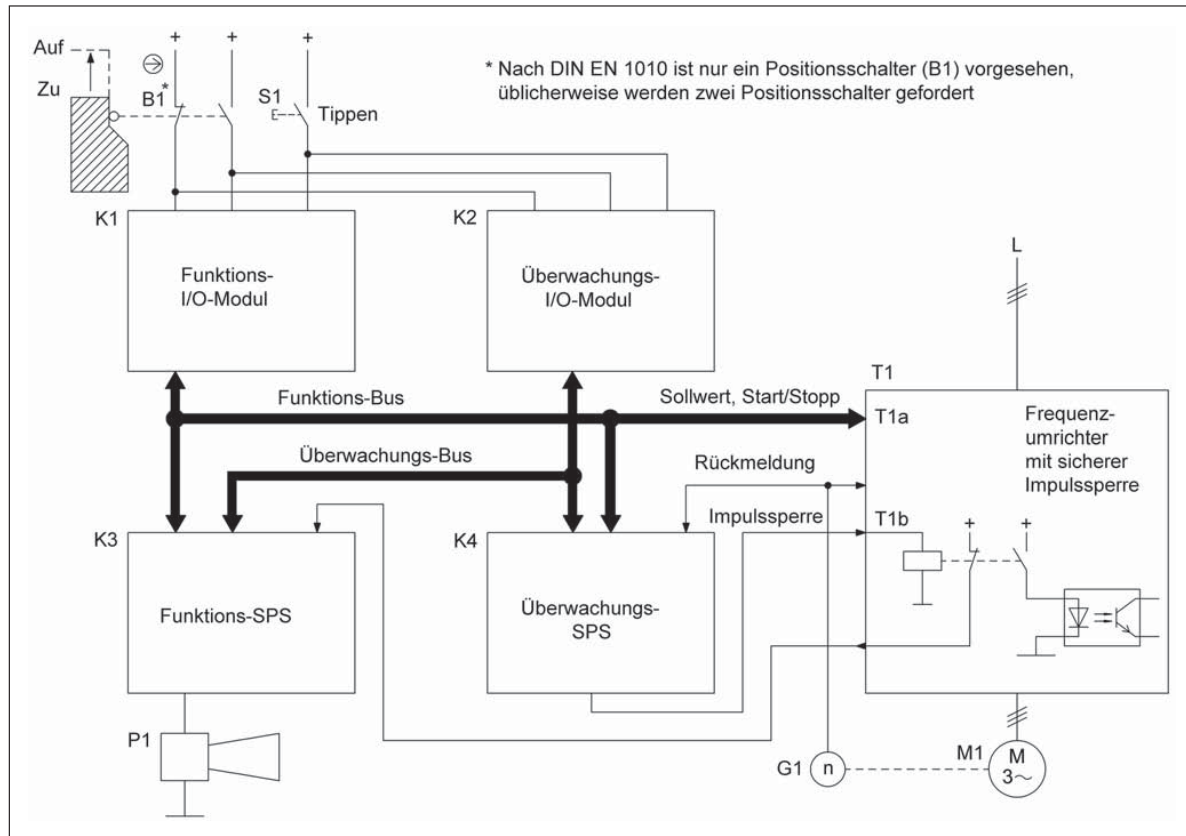


8.2.24 Tippbetrieb mit sicher begrenzter Geschwindigkeit an einer Druckmaschine – Kategorie 3 – PL d bzw. c (Beispiel 24)

Abbildung 8.42:

Tippbetrieb mit sicher begrenzter Geschwindigkeit an einer Druckmaschine durch eine zweikanalige Rechnersteuerung

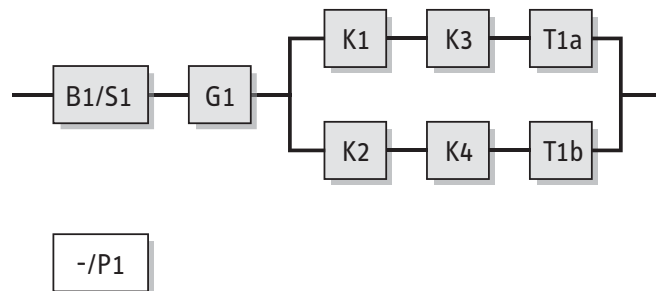


Sicherheitsfunktionen

- Sicherheitsbezogene Stoppfunktion, eingeleitet durch eine Schutzeinrichtung: Beim Öffnen der Schutztür soll der Antrieb anhalten (SS1 – Sicherer Stopp 1).
- Sicher begrenzte Geschwindigkeit (SLS): Bei geöffneter Schutztür dürfen Maschinenbewegungen nur mit begrenzten Drehzahlen erfolgen.
- Tippbetrieb: Bei geöffneter Schutztür sind Bewegungen nur während der Betätigung eines Tipptasters möglich.

Funktionsbeschreibung

- Das dezentrale I/O-Modul K1 erfasst die Zustände des Positionsschalters mit Personenschutzfunktion B1 und des Tipptasters S1 und stellt diese auf dem Funktionsbus als Information zur Verfügung. Diese Information wird durch die Funktions-SPS K3 ausgewertet und führt zur Ansteuerung des Frequenzumrichters T1 (Funktionsmäßige Ansteuerung T1a) über den Funktionsbus. Redundant zu K1 und K3 arbeiten das I/O-Modul K2 und die Überwachungs-SPS K4, die über einen eigenen Überwachungsbus kommunizieren. K4 kann durch Anwahl der sicheren Impulssperre von T1 eine ungesteuerte Stillsetzung (Austrudeln) herbeiführen (Sicherheitsabschaltung T1b).
- Bei geöffnetem B1 ist nur ein Tippbetrieb über S1 mit sicher begrenzter Geschwindigkeit erlaubt.



- Entsprechend DIN EN 1010-1 ist ein einziger Positionsschalter B1 ausreichend. Die meisten Fehler in S1 werden durch eine akustische Anlaufwarnung mittels P1 und Zwangsdynamisierung aufgedeckt und beherrscht: Nach erstmaliger Betätigung von S1 erfolgt eine akustische Warnung (P1), erst nach Loslassen und erneutem Betätigen das verzögerte Anlaufen des Antriebs.
- Fehler in K1 und K2 werden durch Zustandsvergleich in K4 erkannt. K4 überwacht auch K3 durch Mithören der Eingangs- und Ausgangsinformationen. Ein Teil der Fehler in K3 werden zusätzlich durch Fehler im Prozess offenbart. In K4 finden Selbsttests (z.B. zeitliche Programmlaufüberwachung durch internen Watchdog) statt, außerdem benutzt K3 K4 zur regelmäßigen Anwahl der Impulssperre und überwacht deren Rückmeldung durch den zwangsgeführten Öffnerkontakt des Impulssperrelais von T1.
- Der Frequenzumrichter T1 bildet mit dem Sin/Cos-Geber G1 ein Regelsystem, in dem Fehler durch den hochsynchronen Produktionsprozess offenbart werden (Fehldruck, Papierriss). G1 wird zur Überwachung der sicher begrenzten Geschwindigkeit zusätzlich in K4 zurückgelesen und auf Plausibilität der Sin/Cos-Information ($\sin^2 + \cos^2 = 1$) sowie Übereinstimmung mit dem Sollwert für T1 überwacht.

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.
- Der Öffner von B1 entspricht DIN EN 60947-5-1, Anhang K. Maßnahmen zur Verhinderung der Lageänderung und der vernünftigerweise vorhersehbaren Manipulation sind realisiert (siehe DIN EN 1088 mit Anhang A1). Ein stabiler Aufbau der Schutzeinrichtung zur Betätigung des Positionsschalters ist sichergestellt.
- Trotz Anlaufwarnung und Zwangsdynamisierung kann S1 während des Tippbetriebs hängen bleiben. Daher muss in Reichweite des Bedieners zusätzlich ein Not-Halt-Gerät installiert sein.
- Für die Anschlussleitungen von S1 müssen die Bedingungen eines Fehlerrückschlusses für Leitungskurzschlüsse nach DIN EN ISO 13849-2, Tabelle D.4, eingehalten werden. Fehler in den Anschlussleitungen von B1 werden durch eine Anti-valenzüberwachung des Öffner- und Schließerkontaktes in K1 und K2 erkannt.
- Die programmierbaren Komponenten K1 bis K4 erfüllen die normativen Anforderungen gemäß Abschnitt 6.3.
- G1 liefert redundante Positionsinformationen (z.B. Sin/Cos-Geber) und ist in den Regelkreis eingebunden (Gewinnung der Kommutierung).
- T1 besitzt eine sichere Impulssperre (T1b), deren erfolgreiche Anwahl durch einen zwangsgeführten Öffnerkontakt zurückgelesen wird.
- Der Einsatz der Standardkomponenten G1 und T1 erfolgt entsprechend den Hinweisen aus Abschnitt 6.3.10.
- Der Einsatz der Bussysteme (Funktionsbus, Überwachungsbus) erfolgt entsprechend den Hinweisen aus Abschnitt 6.2.17.

Bemerkungen

- Anwendung z.B. zur Absicherung von Einzugsstellen an Rotationsdruckmaschinen. Die Anwendung der DIN EN 1010-1 erfordert für nicht zyklischen Eingriff in den Gefahrenbereich, d.h. weniger als einen Eingriff pro Stunde, nur einen Positionsschalter für die Stellungsüberwachung der trennenden Schutzeinrichtung. Das Kriterium der Fehlertoleranz für Kategorie 3 erfordert für vergleichbare Maschinensteuerungen üblicherweise die Verwendung von zwei Positionsschaltern (z.B. ein Öffner, ein Schließer).
- Für den Tippbetrieb unter der Voraussetzung bereits gewährleisteter sicher begrenzter Geschwindigkeit kann unter bestimmten Bedingungen von der Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung ausgegangen werden.

Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit

- Die Sensorebene B1, S1 und G1 liegt außerhalb der redundanten Logik- und Aktorebene und wird daher separat betrachtet.
- Für B1 kann ein Fehlerausschluss für den zwangsöffnenden Kontakt erfolgen. Für den mechanischen Teil wird ein B_{10d} -Wert von 20 000 000 Zyklen [N] angenommen. Bei wöchentlich 10-facher Betätigung ist $n_{op} = 520$ Zyklen/Jahr und $MTTF_d = 384\,615$ Jahre. Dies entspricht rechnerisch einer mittleren Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von $2,97 \cdot 10^{-10}$ /Stunde. Um den Besonderheiten der DIN EN 1010-1 Rechnung zu tragen, wird dieser Wert auf den oberen Eckwert $1,00 \cdot 10^{-7}$ /Stunde für PL d zurückgestuft, statt wie üblich die $MTTF_d$ für einen Kanal auf 100 Jahre zu begrenzen.
- S1 besitzt einen B_{10d} -Wert von 100 000 Zyklen [H]. Bei wöchentlich 10-facher Betätigung ist $n_{op} = 520$ Zyklen/Jahr und $MTTF_d = 1\,923$ Jahre. Wegen Zwangsdynamisierung und Anlaufwarnung wird ein DC von mindestens 60 % angenommen (ein Hängenbleiben nach wiederholtem Tippen wird aber nicht erkannt). S1 erreicht damit durch die Einbindung in eine Kategorie-2-Struktur eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von $5,28 \cdot 10^{-7}$ /Stunde.
- G1 ist durch Auswertung der Sin/Cos-Signale und Nutzung im Regelkreis (Verwendung für die Kommutierung) gemäß Kategorie 3 eingebunden. Mit 30 Jahren $MTTF_d$ pro Kanal [G] und 90 % DC durch Plausibilitätsprüfung und Fehlererkennung im Prozess ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von $2,65 \cdot 10^{-7}$ /Stunde.
- $MTTF_d$: Es werden 100 Jahre [G] für K1 und K2, 50 Jahre [G] für K4 und 30 Jahre [G] für K3 in Rechnung gestellt. Außerdem werden 30 Jahre [G] für T1a und 1 000 Jahre [G] für T1b angesetzt. Damit ergibt sich insgesamt ein symmetrisierter $MTTF_d$ -Wert pro Kanal von 24 Jahren („mittel“).
- DC_{avg} : DC = 99 % für K1 und K2 ergibt sich durch den direkten Vergleich der bereitgestellten Zustandsinformationen in K4. DC = 99 % für K3 gründet sich auf der parallelen Verarbeitung aller sicherheitsrelevanter Informationen in K4 und den dortigen direkten Vergleich mit den von K3 gebildeten Zwischenergebnissen und Ausgangssignalen. Die in K4 umgesetzten Selbsttests plus partielle Überwachung durch die von K3 zurückgelesene Impulssperre führen für K4 auf einen DC von 60 %. DC = 99 % für T1a basiert auf dem Soll-/Ist-Wert-Vergleich der Achsposition in K4. Für T1b ergibt sich bei Annahme eines Fehlerausschlusses für den internen Optokoppler durch Rücklesung der Impulssperrenanwahl ein DC von 60 %. Durch Mittelung ergibt sich damit ein DC_{avg} von 91 % („mittel“).
- Ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (70 Punkte): Trennung (15), FMEA (5), Schutz gegen Überspannung usw. (15) und Umgebungsbedingungen (25 + 10)
- Die Kombination von K1 bis K4 und T1 entspricht Kategorie 3 mit mittlerer $MTTF_d$ pro Kanal (24 Jahre) und mittlerem DC_{avg} (91 %). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von $3,33 \cdot 10^{-7}$ /Stunde. Für die sicherheitsbezogene Stoppfunktion und die sicher begrenzte Geschwindigkeit ist dazu der Wert von B1 und G1 zu addieren. So ergibt sich mit $(1,00 + 2,65 + 3,33) \cdot 10^{-7}$ /Stunde = $6,98 \cdot 10^{-7}$ /Stunde ein PL d. Für den Tippbetrieb muss der Wert von S1 und G1 hinzugefügt werden, womit sich ein Wert von $(5,28 + 2,65 + 3,33) \cdot 10^{-7}$ /Stunde = $1,13 \cdot 10^{-6}$ /Stunde errechnet. Dies entspricht PL c.

Weiterführende Literatur

- DIN EN 1010-1: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Teil 1: Gemeinsame Anforderungen (03.05). Beuth, Berlin 2005
- Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen. Elektrische Ausrüstung und Steuerungen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung, Wiesbaden 2004
<http://www.bgdp.de/pages/service/download/medien/220-2.pdf>
- Apfeld, R.; Zilligen, H.: Sichere Antriebssteuerungen mit Frequenzumrichtern. BGIA-Report 5/2003. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2003
www.dguv.de/bgia, Webcode d6428

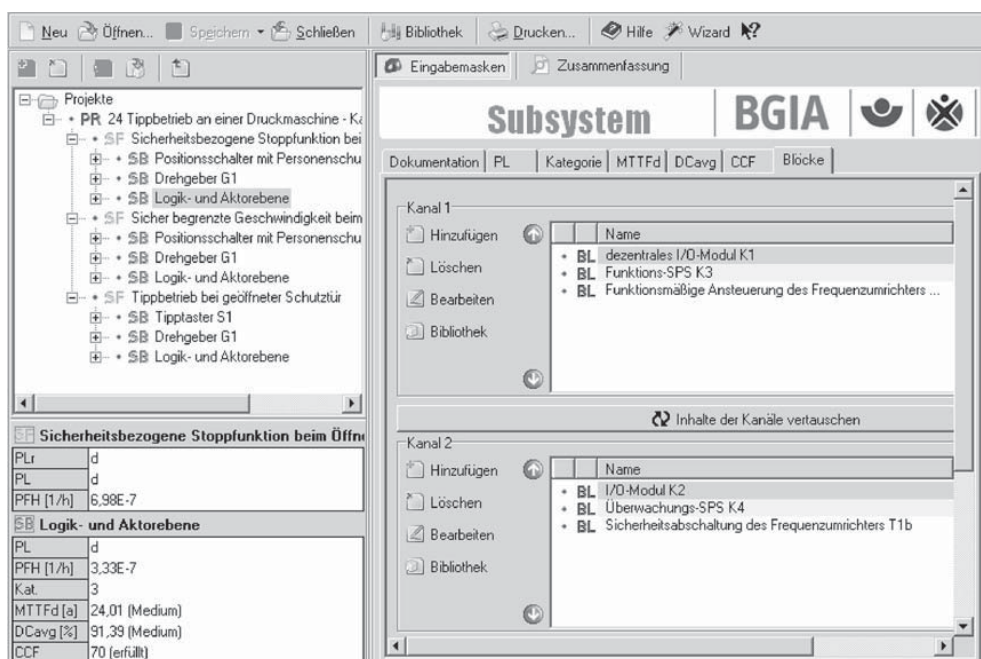
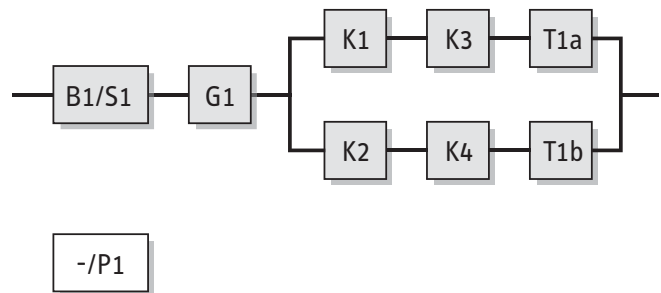


Abbildung 8.43:
PL-Bestimmung mithilfe
von SISTEMA