

8.2.37 Planschneidemaschine mit programmierbar elektronischer Logiksteuerung – Kategorie 4 – PL e (Beispiel 37)

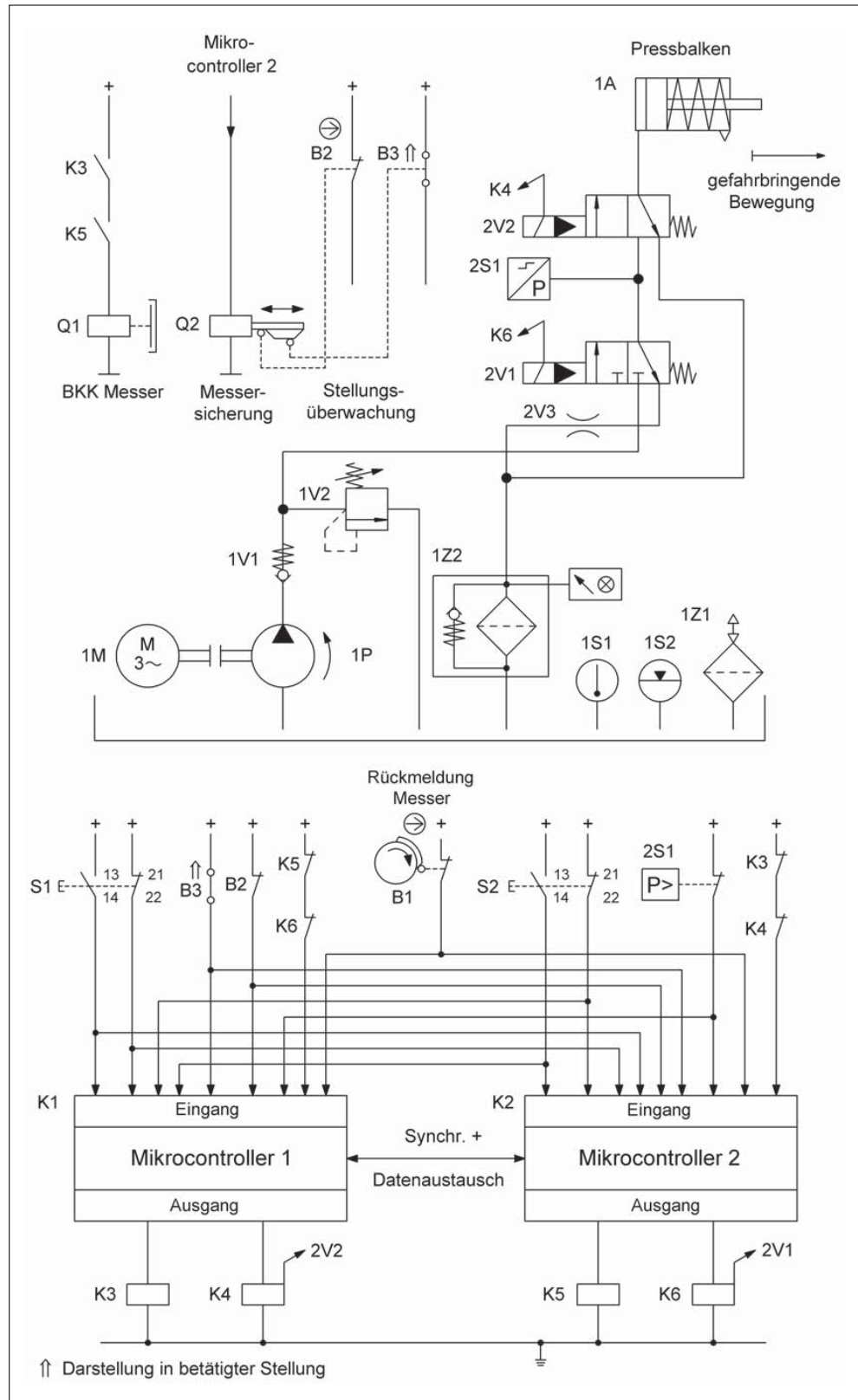
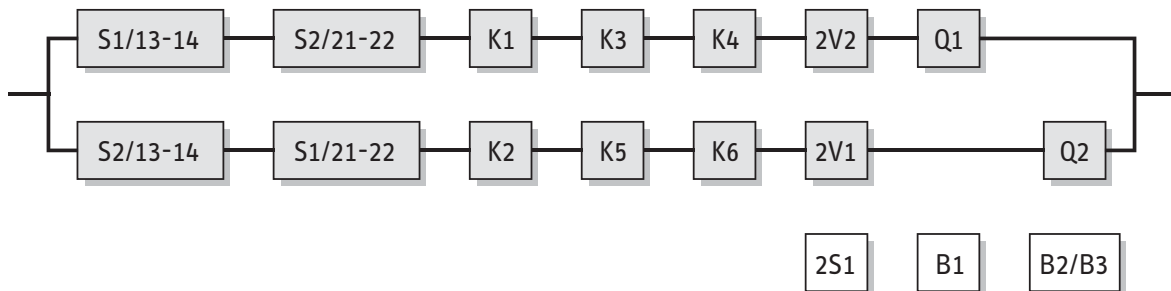


Abbildung 8.60:
Ansteuerung eines
elektrischen Messer-
antriebs und eines
hydraulischen
Pressbalkens



Sicherheitsfunktion

- Ortsbindung der Hände eines einzelnen Bedieners außerhalb des Gefährdungsbereiches während der Press- und Schneidbewegung: Beim Loslassen mindestens eines der beiden Taster S1/S2 wird die Freigabe aufgehoben und so lange blockiert, bis beide Taster entlastet und erneut synchron betätigt werden.

Funktionsbeschreibung

- Die Betätigung der Zweihandschaltung (ZHS) S1 und S2 startet die gefahrbringenden Bewegungen (Bearbeitungszyklus) des Pressbalkens (Hydraulik) 1A und des Messers (Elektromechanik). Wird während eines Zyklus auch nur ein Taster S1 oder S2 losgelassen, oder erfolgt ein Signalwechsel in der Peripherie der Maschine (z.B. Lichtgitter, im Schaltbild nicht dargestellt) nicht wie durch die Steuerung erwartet, stoppt der Zyklus und die Maschine verbleibt in diesem sicheren Zustand. Das Messer und der Pressbalken stellen wegen ihrer unmittelbaren räumlichen Nähe zueinander eine gemeinsame Gefahrstelle dar, die Gefährdung wiederholt sich zyklisch. Nicht explizit dargestellt ist der Antrieb des Messers durch einen Exzenterantrieb, dessen Energie aus einer kontinuierlich laufenden Schwungmasse entnommen wird. Der Pressbalken wird linear durch eine Hydraulik angetrieben, deren Pumpe an den Antrieb der Schwungmasse gebunden ist.
- Mit Drücken der Taster S1/S2 (ZHS) werden die Signalwechsel beiden Mikrocontrollern K1 und K2 zugeführt. Erfüllen diese Signale die Anforderungen an die Gleichzeitigkeit nach Norm (DIN EN 574, Typ III C) und erfüllen alle peripheren Signale eine Startbedingung, setzen K1 und K2 die Ausgänge für eine gültige Schnitthanforderung. Über die Hilfsschütze K3 bis K6 kontrolliert jeder Mikrocontroller beide gefahrbringenden Bewegungen. Über zwei hydraulische Ventile 2V1 und 2V2 kann die Schließbewegung des Pressbalkens 1A unterbunden werden. Die Ansteuerung der Brems-/Kupplungskombination (BKK) Q1 kann über K3 und K5 unterbunden werden. Eine geeignet dimensionierte mechanische Konstruktion einer Messersicherung Q2 muss zusätzlich zyklisch von K2 freigegeben werden. Bei erkannten Fehlern in Q1 kann damit spätestens im Folgezyklus der Messerdurchlauf verhindert werden.
- Fehler in den Schaltern S1/S2 oder in den Hilfsschützen K3 bis K6 mit zwangsgeführten Rücklesekontakten werden durch einen Kreuzvergleich in den Mikrocontrollern erkannt. Die Funktion von 2V1/2V2 wird mithilfe des Druckschalters 2S1 überwacht. Da die Mikrocontroller während des Betriebs im Hintergrund zusätzlich Selbsttests ausführen, können hier interne Fehler und Fehler in der Peripherie rechtzeitig erkannt werden.
- Alle Maschinenzustände werden durch beide Mikrocontroller überwacht und gesteuert. Durch den zyklischen Ablauf eines Schnittes werden alle Systemzustände ebenfalls zyklisch durchlaufen und untereinander verglichen. Fehler und Abweichungen von definierten Zwischenzuständen führen spätestens nach einem durchlaufenen Zyklus zum Stopp der Maschine. Dieses Verfahren ist im Schaltbild durch „Rückmeldung Messer“ B1 und „Stellungsüberwachung“ B2/B3 der Messersicherung Q2 angedeutet.
- Die Überwachung eines Verschleißes der Bremse erfolgt mithilfe von Positionsschalter B1. Schon bei minimal erhöhtem Nachlauf wird B1 angefahren und ein weiterer Schnitt steuerungstechnisch verhindert.

Konstruktive Merkmale

- Grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien sowie die Anforderungen der Kategorie B sind eingehalten. Schutzbeschaltungen wie in den ersten Abschnitten von Kapitel 8 beschrieben sind vorgesehen.
- Die Stellteile S1 und S2 der Zweihandschaltung entsprechen DIN EN 60947-5-1.
- B1 und B2 sind zwangsöffnende Positionsschalter entsprechend DIN EN 60947-5-1, Anhang K.
- K3 bis K6 besitzen zwangsgeführte Kontaktelemente entsprechend DIN EN 60947-5-1, Anhang L.

- Die Anschlussleitungen der Positionsschalter sind entweder getrennt oder gegen mechanische Beschädigung geschützt verlegt.
- Die Software der homogen redundanten Rechnerstruktur entspricht den Anforderungen der DIN EN 61508-3, Abschnitt 7, für SIL 3.
- Für den Fehler „vollständiges Versagen der Brems-/Kupplungskombination“, d.h. Nicht-Auskuppeln bei zurückgezogener Schnittfreigabe nach ausgelöstem Schnitt, erfolgt ein Fehlerausschluss. Dieser begründet sich in langjähriger Erfahrung und den konstruktiven Merkmalen der Brems-/Kupplungs-Kombination mit der Möglichkeit, einen Bremsverschleiß frühzeitig zu bemerken.
- Die Bauteile B1 und B2/B3 werden benötigt, um die in DIN EN 1010-3 geforderten Maßnahmen zu Messerstillstand und Messernachlauf umzusetzen.

Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit

- Die vorgesehene Architektur für Kategorie 4 für die Ansteuerung des Messerantriebs und des Pressbalkens wird wie beschrieben durch zwei unabhängige Kanäle realisiert. Da die Kanäle nahezu identisch aufgebaut sind und mit gleichen Zahlenwerten berechnet werden, ist eine Symmetrisierung nicht erforderlich. Zur Vereinfachung wird die Ansteuerung von Q1 nur einkanalig angenommen. Die berechnete Ausfallwahrscheinlichkeit ist daher in der Realität geringfügig kleiner.
- Da S1 und S2 unabhängig voneinander beim Loslassen eine Abschaltung auslösen müssen, sind sie logisch in Reihe geschaltet. Dazu wurde je ein Schließerkontakt 13-14 und ein Öffnerkontakt 21-22 einem Steuerungskanal zugeordnet. Das sicherheitsgerichtete Blockdiagramm unterscheidet sich hier deutlich vom funktionalen Schaltplan. Als Abschätzung zur sicheren Seite wird der B_{10d} -Wert für jeden einzelnen Schaltkontakt verwendet.
- $MTTF_d$: Bei 240 Arbeitstagen, 8 Arbeitsstunden und 60 Sekunden Zykluszeit beträgt $n_{op} = 115\,200$ Schaltspiele/Jahr. Für S1 und S2 werden wegen des definierten Steuerstroms (niedrige Last, mechanische Lebensdauer der Kontakte ist bestimmend) B_{10d} -Werte von je 2 000 000 Schaltspielen [H] angenommen und damit eine $MTTF_d = 173$ Jahre. Für die Mikrocontroller einschließlich ihrer Peripherie wird nach SN 29500-2 eine $MTTF_d$ von 878 Jahren [D] angegeben. Für die Hilfsschütze K3 bis K6 gilt bei geringer Last $B_{10d} = 20\,000\,000$ Schaltspiele [N] und damit $MTTF_d = 1736$ Jahre. Für die Brems-/Kupplungskombination Q1 wird der $MTTF_d$ -Wert von 607 Jahre aus $B_{10d} = 7\,000\,000$ Zyklen [G] errechnet. Der gleiche Wert wird für die Messersicherung Q2 im zweiten Kanal angenommen. Die Werte für die beiden Wegeventile 2V1 und 2V2 betragen 150 Jahre [N]. Diese Werte ergeben eine $MTTF_d$ eines Kanals von 45,2 Jahren („hoch“).
- DC_{avg} : $DC = 99\%$ für S1/S2 basiert auf dem Kreuzvergleich von Eingangssignalen ohne dynamischen Test mit häufigem Signalwechsel. $DC = 90\%$ für K1/K2 folgt aus Selbsttests durch Software und dynamischem Kreuzvergleich von Daten mit zeitlicher Erwartungshaltung. $DC = 99\%$ für K3 bis K6 ergibt sich durch Plausibilitätsprüfung über zwangsgeführte Kontakte. Für 2V1/2V2 ist die $DC = 99\%$ wegen indirekter und direkter Überwachung durch elektrische Drucküberwachung bei häufigem Signalwechsel. Ein Verschleiß der Kupplung führt zu einem geänderten Schnittverhalten. Dieses Verhalten wird messtechnisch erfasst und daher für Q1 ein $DC = 99\%$ angenommen. Ein Ausfall von Q2 wird infolge der zyklischen Betätigung und den Überwachungselementen B1 und B3 sofort bemerkt. Damit wird ein $DC = 99\%$ begründet. Diese Werte ergeben einen DC_{avg} von 98,5 % (im Toleranzbereich von „hoch“).
- Ausreichende Maßnahmen gegen Fehler gemeinsamer Ursache (65 Punkte): Trennung (15), Schutz gegen Überspannung usw. (15) und Umgebung (25 + 10)
- Für Kategorie 4 ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von $6,47 \cdot 10^{-8}$ /Stunde. Dies entspricht PL e.
- Unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Abschätzung zur sicheren Seite ergibt sich für die verschleißbehafteten Elemente S1 und S2 ein Wert von über 17 Jahren (T_{10d}) für den vorgesehenen Austausch.

Weiterführende Literatur

- DIN EN 1010-3: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Teil 3: Schneidemaschinen (12.02). Beuth, Berlin 2002
- DIN EN 574: Sicherheit von Maschinen – Zweihandschaltungen – Funktionelle Aspekte; Gestaltungsleitsätze (02.97). Beuth, Berlin 1997
- DIN EN 60947-5-1: Niederspannungsschaltgeräte – Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente – Elektromechanische Steuergeräte (02.05). Beuth, Berlin 2005

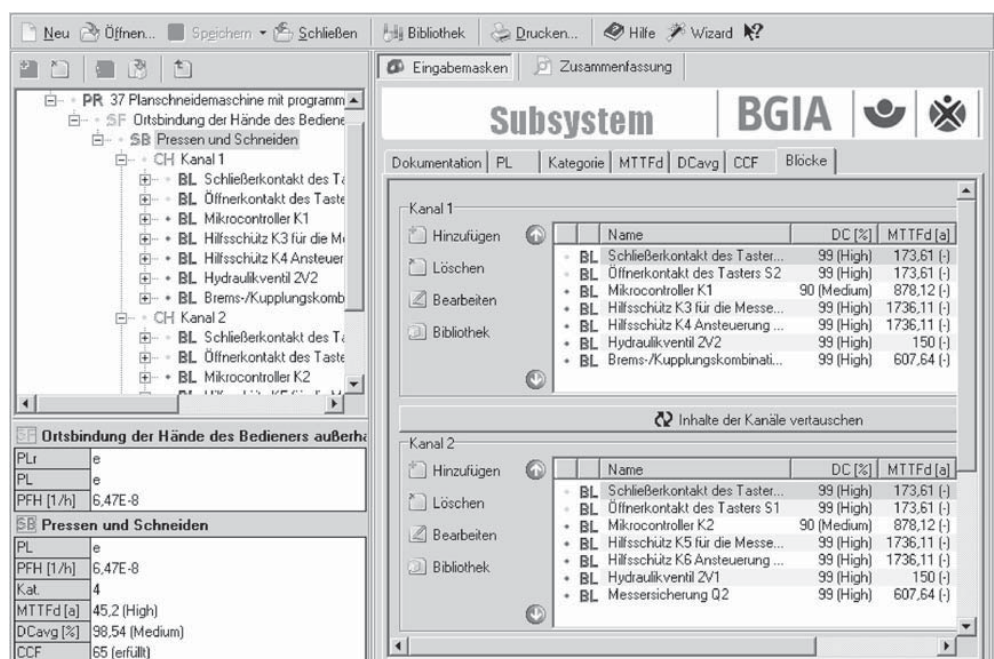
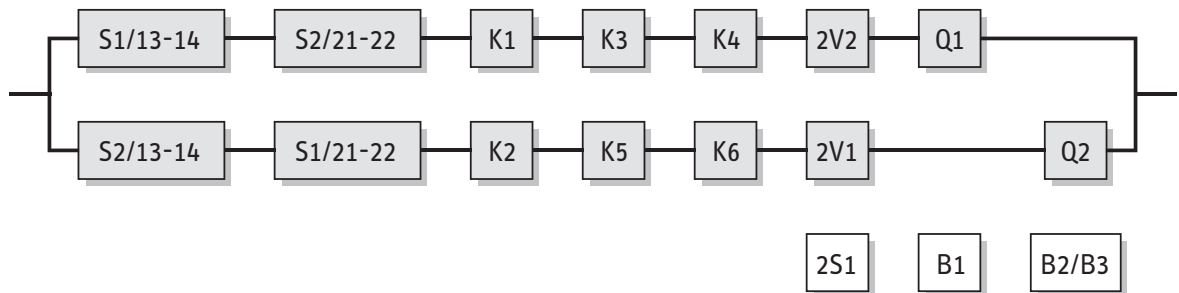


Abbildung 8.61:
PL-Bestimmung
mithilfe von SISTEMA