

## 8.2.28 Stellungsüberwachung beweglicher trennender Schutzeinrichtungen – Kategorie 4 – PL e (Beispiel 28)

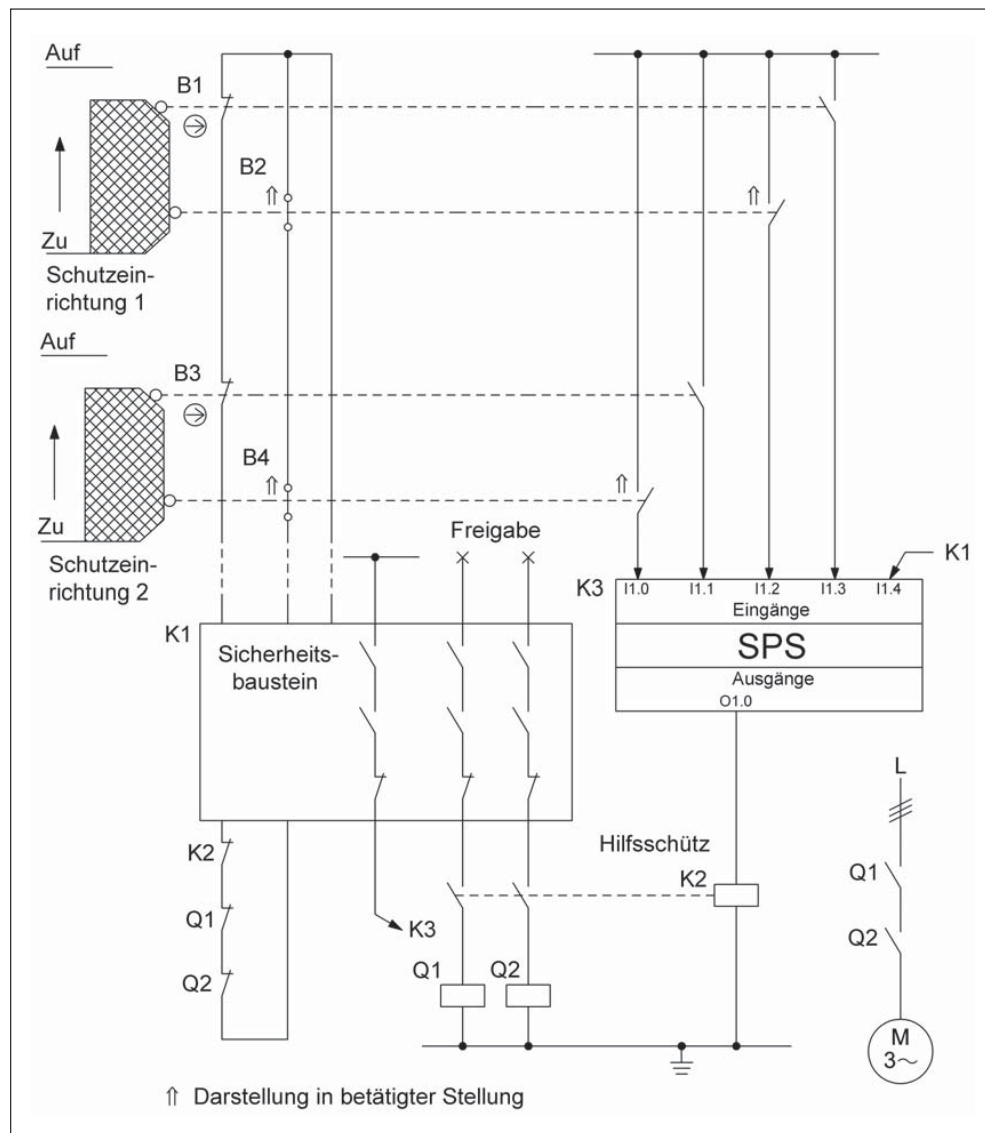


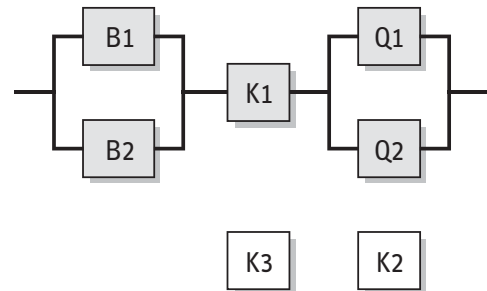
Abbildung 8.47:  
Stellungsüberwachung  
beweglicher trennender  
Schutzeinrichtungen zur  
Verhinderung von gefahr-  
bringenden Bewegungen

### Sicherheitsfunktion

- Sicherheitsbezogene Stoppfunktion, eingeleitet durch eine Schutzeinrichtung: Das Öffnen einer beweglichen trennenden Schutzeinrichtung (Schutzgitter) leitet die Sicherheitsfunktion STO – Sicher abgeschaltetes Moment ein.

### Funktionsbeschreibung

- Die Sicherung einer Gefahrenstelle erfolgt mit zwei beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen (Schutzgittern). Das Öffnen jedes Schutzgitters wird durch zwei Positionsschalter B1/B2 bzw. B3/B4 in Öffner-Schließer-Kombination erfasst und in einem zentralen Sicherheitsbaustein K1 ausgewertet. Dieser steuert zwei Schütze Q1 und Q2 an, durch deren Abfallen gefahrbringende Bewegungen oder Zustände unterbrochen bzw. verhindert werden.
- Alle Positionsschalter werden zur Fehlererkennung durch einen zweiten Kontakt in eine handelsübliche SPS K3 eingelesen, die hauptsächlich der Funktionssteuerung dient. Über ein Hilfsschütz K2 kann diese im Fehlerfall unabhängig von K1 die Schütze Q1 und Q2 abschalten. Fehler in K2, Q1 und Q2 werden durch den Sicherheitsbaustein K1 erkannt. Einige wenige Fehler werden nicht erkannt (z.B. Nichtunterbrechung der Kontakte in B2 und B4).



- Beim Auftreten eines Bauteilausfalls bleibt die Sicherheitsfunktion erhalten. Die meisten Bauteilausfälle werden erkannt und führen zur Betriebshemmung. Eine Anhäufung von unerkannten Fehlern führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.

#### 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 Schutzeinrichtungen zur Betätigung der Positionsschalter ist sichergestellt.
- B1 und B3 sind Positionsschalter mit zwangsöffnendem Kontakt entsprechend DIN EN 60947-5-1, Anhang K.
- Die Zuleitungen zu den Positionsschaltern sind getrennt oder geschützt verlegt.
- Störungen im Anfahr- und Betätigungsmechanismus werden durch Verwendung von zwei prinzipverschieden betätigten Positionsschaltern (Öffner-Schließer-Kombination) erkannt.
- Es können mehrere Schutzeinrichtungen hintereinander geschaltet werden (Kaskadierung).
- Der Sicherheitsbaustein K1 erfüllt alle Anforderungen für Kategorie 4 und PL e.
- Die Schütze K2, Q1, Q2 besitzen zwangsgeführte Kontaktelemente entsprechend DIN EN 60947-5-1, Anhang L.
- Die programmierbare SPS K1 erfüllt die normativen Anforderungen gemäß Abschnitt 6.3.

#### Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit

- Die Schaltung lässt sich in drei Subsysteme aufteilen, wie im sicherheitsbezogenen Blockdiagramm gezeigt. Die Ausfallwahrscheinlichkeit des Sicherheitsbausteins K1 wird am Ende der Berechnung addiert ( $2,31 \cdot 10^{-9}$ /Stunde [H], geeignet für PL e). Für die übrigen Subsysteme wird die Ausfallwahrscheinlichkeit im Folgenden berechnet. Da jede Schutztür Bestandteil einer eigenen Sicherheitsfunktion ist, wird hier stellvertretend die Berechnung für die Schutzeinrichtung 1 gezeigt.
- $MTTF_d$ : Für den Positionsschalter B1 ist ein Fehlerausschluss für den zwangsöffnenden elektrischen Kontakt möglich. Für den elektrischen Schließerkontakt des Positionsschalters B2 beträgt  $B_{10d} = 1\,000\,000$  Schaltspiele [H]. Für den mechanischen Teil von B1 und B2 wird ein  $B_{10d}$ -Wert von  $1\,000\,000$  Zyklen [H] angegeben. Bei 365 Arbeitstagen, 16 Arbeitsstunden pro Tag und 1 Stunde Zykluszeit ist für diese Komponenten  $n_{op} = 5\,840$  Zyklen/Jahr und  $MTTF_d$  beträgt 1 712 Jahre für B1 bzw. 856 Jahre für B2. Für die Schütze Q1 und Q2 entspricht bei induktiver Last (AC3) der  $B_{10}$ -Wert der elektrischen Lebensdauer von  $1\,000\,000$  Schaltspielen [H]. Bei Annahme von 50 % gefahrbringenden Ausfällen ergibt sich der  $B_{10d}$ -Wert durch Verdoppelung des  $B_{10}$ -Wertes. Mit dem oben angenommenen Wert für  $n_{op}$  folgt für Q1 und Q2 eine  $MTTF_d$  von 3 424 Jahren pro Kanal. Insgesamt ergibt sich in beiden Subsystemen ein symmetrisierter  $MTTF_d$ -Wert pro Kanal von 100 Jahren („hoch“).
- $DC_{avg}$ :  $DC = 99\%$  für B1 und B2 beruht auf der Plausibilitätsüberwachung der Öffner-Schließer-Kombinationen in der SPS K3.  $DC = 99\%$  für die Schütze Q1 und Q2 ergibt sich aus der Überwachung bei jedem Einschalten von K1. Die genannten DC-Werte entsprechen dem  $DC_{avg}$  für das jeweilige Subsystem.
- Ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache in den Subsystemen B1/B2 und Q1/Q2 (70 Punkte): Trennung (15), bewährte Bauteile (5), Schutz gegen Überspannung usw. (15) und Umgebungsbedingungen (25 + 10)
- Die Subsysteme B1/B2 und Q1/Q2 entsprechen jeweils Kategorie 4 mit hoher  $MTTF_d$  (100 Jahre) und hohem  $DC_{avg}$  (99 %). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von jeweils  $2,47 \cdot 10^{-8}$ /Stunde. Nach Hinzufügen des Subsystems K1 beträgt die mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle  $5,16 \cdot 10^{-8}$ /Stunde. Dies entspricht PL e.