

Zu „Betriebsmittelanforderungen“:

Übung AS 7

Zur Durchsprache in der Vorlesung

7.1 Verfügbarkeit:

An einer Werkzeugmaschine wird der Weitertransport des Werkstücks durch einen mechanischen Endschalter ausgelöst. Dieser fiel im vergangenen Jahr durch mech. Beschädigung im Schnitt einmal pro Monat aus, die Reparatur dauerte jeweils insgesamt 4 Stunden und kostete jeweils ca. 500 €. (Rechnen Sie nur mit einer geplanten Betriebszeit von 16 Std./Tag und 20 Tage / Monat)

- a) **Wie hoch ist die Verfügbarkeit dieser Anlage?**

- b) **Welche Maßnahmen könnten die Verfügbarkeit erhöhen?**

- c) Für eine bessere Lösung mit optischer Lageerkennung wird ein λ von $2 \cdot 10^{-4}$ garantiert, Reparaturzeit und Reparaturkosten würden sich nicht ändern.
Welche Verfügbarkeit ergibt sich nun?

- d) Wenn die Umstellung ca. 10.000 € kosten würde, **nach welcher Zeit** (bezogen auf die alte Lösung) **würde sich die Umstellung (1c) amortisieren?**

7.2 Sicherheitsabschaltung:

Ein Behälterniveau wird analog gemessen um im HMI angezeigt werden zu können. Aus dem Analogsignal soll in einem PLS ein sicherheitsgerichtetes Abschaltsignal für „L < MIN“ erzeugt werden, das zusammen mit anderen Abschaltsignalen über ein ODER mit log. 1 an dessen Ausgang eine Pumpe abschaltet.. Das Analog-Eingabegerät liefert bei Drahtbruch oder Erdschluss im Eingangskreis der CPU 0 %

- a) **Skizzieren Sie Messumformer, Eingabegerät und Logik** in der CPU, geben Sie darin Signalbereiche an!

- b) Wie könnte man (mit höherem Aufwand) die Abschalt- Sicherheit erhöhen, wenn man die Möglichkeit eines Fehlers in der Messung berücksichtigt, der einen Wert über „MIN“ bewirkt obwohl das Niveau unter MIN ist?
Erstellen Sie eine entsprechende Skizze

7.3 Fehlertoleranz

Eine einkanalige Maschinensteuerung besitzt Diagnosefunktionen und ist so ausgelegt, dass bei Auftreten eines Fehlers die Maschine abgeschaltet wird.

- a) **Welchem Auslegungsziel (Verfügbarkeit oder Sicherheit) dient das?**

- b) **Wie verhält sich diese Steuerung im Sinne der Fehlertoleranz** (integer / stetig)?

- c) **Wie würde sie nach IEC 61508** (Fehlertoleranz) **bezeichnet / klassifiziert?**

Als zusätzliche Übungen mit Lösung: (Empfehlung: zuerst zu lösen versuchen, dann nachsehen!)

7.4 Zuverlässigkeit:

In einem Chemiebetrieb werden für chemische Reaktoren Überdruckwächter benötigt, die mit einem Schließerkontakt den Betrieb abschalten, und zwar mit einer MTBF von besser als 3000 Stunden

a) Bei einem Test von 50 Überdruckwächtern eines verfügbaren Typs über 100 Stunden mit periodischem Druckanstieg und -Abfall sprachen 2 Stück nicht mehr an. **Wie hoch ist die Ausfallrate bzw. MTBF?**

b) **Wie könnte man mit den vorhandenen Überdruckwächtern eine MTBF von > 3000 erreichen?**

c) **Wie hoch ist die MTBF bei dieser Maßnahme?**

7.5 Sicherheitsabschaltung, PFX- Aufteilung:

Von einer sicherheitsrelevanten Temperaturbegrenzung in einer Heizungsanlage, die nur ganz selten einzugreifen hat (voraussichtlich alle 2 Jahre), wird SIL 2 verlangt. Sie besteht aus einer Temperaturmessung mit einem Wechslerkontakt, der bei „Temp. zu hoch“ umschaltet, sowie einem Magnetventil zur Unterbrechung der Ölzufuhr an den Brenner. Dieses Ventil öffnet wenn an seiner Spule Spannung anliegt. Die Temperaturregelung erfolgt über ein zweites Ventil in Reihe.

a) **Skizzieren Sie die Schaltung von Kontakt und Spule.** Bei Drahtbruch oder Spannungsausfall / Erdschluss soll das Ventil schließen.

b) Das Fehlerrisiko des Temperaturkontaktes liege bei 60%, das des Ventils bei 40%, keine Redundanz. **Welche Ausfallwahrscheinlichkeit** (Wert gemäß PFD oder PFH?) **ist für die beiden Teile nachzuweisen?** (einzeln angeben)

Lösung zu 7.4 u. 7.5: (Empfehlung: zuerst zu lösen versuchen, dann hier nachsehen!)

7.4 Zuverlässigkeit:

In einem Chemiebetrieb werden für chemische Reaktoren Überdruckwächter benötigt, die mit einem Schließerkontakt den Betrieb abschalten, und zwar mit einer MTBF von besser als 3000 Stunden

- a) Bei einem Test von 50 Überdruckwächtern eines verfügbaren Typs über 100 Stunden mit periodischem Druckanstieg und -Abfall sprachen 2 Stck nicht mehr an. Wie hoch ist die Ausfallrate bzw. MTBF?

$$\lambda = \frac{r}{n * t} = \frac{2}{50 * 100} 10^{-4} \text{ h}^{-1} \text{ (Ausfälle pro Stunde)} \quad | \quad \text{MTBF} = \frac{1}{\lambda} = 2500 \text{ h}$$

- b) Wie könnte man mit den vorhandenen Überdruckwächtern eine MTBF von > 3000 erreichen?
-> Parallelschaltung von zwei Wächtern

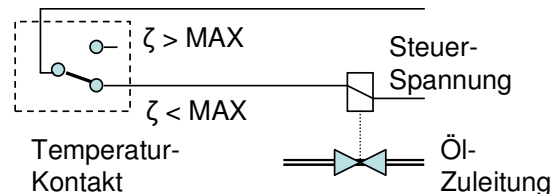
- c) Wie hoch ist die MTBF bei dieser Maßnahme?

$$\text{MTBF}_g = \sum_{i=1}^n \frac{1}{i * \lambda} = \frac{1}{1 * 10^{-4}} + \frac{1}{2 * 10^{-4}} = 2500 + 1250 = 3750 \text{ h}$$

7.5 Sicherheitsabschaltung, PFD / PFH - Aufteilung:

Von einer sicherheitsrelevanten Temperaturbegrenzung in einer Heizungsanlage, die nur ganz selten einzugreifen hat (voraussichtlich alle 2 Jahre), wird SIL 2 verlangt. Sie besteht aus einer Temperaturmessung mit einem Wechslerkontakt, der bei „Temp. zu hoch“ umschaltet, sowie einem Magnetventil zur Unterbrechung der Ölzufuhr an den Brenner. Dieses Ventil öffnet, wenn an seiner Spule Spannung anliegt. Die Temperaturregelung erfolgt über ein zweites Ventil in Reihe.

- a) Skizzieren Sie die Schaltung von Kontakt und Spule. Bei Drahtbruch oder Spannungsausfall / Erdschluss soll das Ventil schließen.



- b) Das Fehlerrisiko des Temperaturkontaktes liege bei 60%, das des Ventils bei 40%, keine Redundanz. Welche Ausfallwahrscheinlichkeit (Wert gemäß PFD oder PFH?) ist für die beiden Teile nachzuweisen?

Bei 1 Anforderung in ca. 2 Jahren gilt „PFD“.
SIL2 bedeutet dann $\text{PFD} \leq 10^{-2}$ für die gesamte Anordnung.

$$\text{Also: } \begin{aligned} \text{PFD}_{\text{Kontakt}} &\leq 0,6 * \text{PFD}_{\text{gesamt}} = 0,6 * 10^{-2} \\ \text{PFD}_{\text{Ventil}} &\leq 0,4 * \text{PFD}_{\text{gesamt}} = 0,4 * 10^{-2} \end{aligned}$$