



WAS WIRTSCHAFTSINGENIEURE ÜBER FUNKTIONALE SICHERHEIT WISSEN MÜSSEN

WHITE PAPER

Wie funktionale Sicherheit die Produktzuverlässigkeit steigert, Stillstandszeiten in der Fertigung reduziert und Ihre Marktpräsenz stärkt.

-Von Scott Orlosky und Jean-Marc Hubsch, Sensata Technologies

Ingenieure wenden bei der Entwicklung von Systemen für Industrie- und Fertigungsanwendungen die Prinzipien der funktionalen Sicherheit an, um das Risiko von Systemausfällen zu minimieren, die kostspielige Sachschäden oder Verletzungen zur Folge haben könnten. Darüber hinaus fördert funktionale Sicherheit den Ausbau der weltweiten Marktpräsenz und die Erweiterung des Kundenstamms von Herstellerbetrieben.

Der Schutz der Systembediener vor potenziellen schweren Verletzungen hat beidseits des Atlantiks höchste Priorität. Zwar existieren international vereinheitlichte Sicherheitsstandards, doch die Umsetzung erfolgt eher schleppend. Hersteller und Systementwickler wägen vor einer Entscheidung sorgfältig ab, welche Standards für sie am besten geeignet und wettbewerbstechnisch von Vorteil sind.

In Großbritannien und Europa sind die Prinzipien für funktionale Sicherheit in den europäischen Normen EN ISO 13 849-1 und EN 62061 festgeschrieben und damit verpflichtend. In den USA hingegen gelten andere Sicherheitsvorschriften. Zum besseren Verständnis bietet sich eine Analyse der 2012 in Kraft getretenen europäischen Normen an.



DIE SITUATION IN EUROPA

Die Maschinenrichtlinie der Europäischen Kommission schreibt vor, dass Maschinen und Anlagen keine als inakzeptabel eingestuften Risiken bergen dürfen. In der Praxis können natürlich nicht alle Gefahren vollständig eliminiert werden. Das Ziel der Richtlinie lautet daher, die Risiken in Abhängigkeit der Einsatzumgebung auf ein akzeptables Maß zu senken.

Wenn die Sicherheit von Steuerungssystemen (Drehgeber, Sensoren, usw.) abhängt, müssen diese so ausgeführt sein, dass die Wahrscheinlichkeit von Funktionsstörungen auf ein ausreichend geringes Maß reduziert wird. Sollte dies nicht möglich sein, dürfen etwaige Störungen nicht zu einem Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

In der Vergangenheit erfolgte die Gestaltung der sicherheitsbezogenen Bauteile von Maschinensteuerungen gemäß der Norm EN 954-1 auf Basis des kalkulierten Risikos. Die Entwicklung neuer, fortschrittlicher Hardware- und Softwarekomponenten machte jedoch eine Aktualisierung der Standards zur Beurteilung und Überwachung der Sicherheit erforderlich. Mittlerweile ist die IEC/EN 61508 die zentrale Norm für funktionale Sicherheit. Sie beinhaltet mehrere detaillierte Standards zur Regelung spezifischer Fertigungs- und Designaspekte, darunter vor allem die EN ISO 13849 und die IEC/EN 62061.

EN ISO 13849-1 (verfasst unter spezifischer Bezugnahme auf die Sicherheit von Maschinen): Diese Norm gilt für sicherheitsbezogene Bauteile von Systemen zur Steuerung aller Arten von Maschinen, unabhängig von der verwendeten Technologie und

Energieform. Bei diesen Bauteilen kann es sich u.a. um Relais, Ventile, Positionsschalter, SPS, Motorsteuergeräte, Drucksensoren, usw. handeln. Die Zuverlässigkeit einer Sicherheitsfunktion wird durch den Performance Level (PL) ausgedrückt, der eine Skala von „a“ (niedrigster PL) bis „e“ (höchster PL) umfasst.

IEC/EN 62061 (verfasst unter spezifischer Bezugnahme auf elektrische/elektronische Bauteile): Diese Norm definiert die Anforderungen und Empfehlungen für den Entwurf, die Integration und die Validierung von sicherheitsbezogenen elektrischen, elektronischen und programmierbaren elektronischen Steuerungssystemen für Maschinen. Die Zuverlässigkeit einer Sicherheitsfunktion wird durch den Safety Integrity Level (SIL) angegeben. Der SIL ist in vier Kategorien von 1 bis 4 eingeteilt, wobei Kategorie 4 hochkomplexe Systeme auf Werksebene in Umgebungen mit höchstem Risiko umfasst. (Im Rahmen dieses White Papers beschränken wir uns auf die Level 1 bis 3 und ihre Anwendung auf industrielle Maschinen.)

Abbildung 1 – NIVEAUS FUNKTIONALER SICHERHEIT IN BEZUG AUF DAS RISIKO

PFD (Probability of Failure on Demand)	PFH (Probability of Failures per Hour)	SIL EN 61508 EN 62061	PL EN 13849-1	Risk reduction factor
$10^{-2} < \text{PFD} < 10^{-1}$	$10^{-6} < \text{PFH} < 10^{-5}$	1	b,c	10 to 100
$10^{-3} < \text{PFD} < 10^{-2}$	$10^{-7} < \text{PFH} < 10^{-6}$	2	d	100 to 1000
$10^{-4} < \text{PFD} < 10^{-3}$	$10^{-8} < \text{PFH} < 10^{-7}$	3	e	1000 to 10000

Der Safety Integrity Level (SIL) und der Performance Level (PL) beschreiben die Fähigkeit des Steuerungssystems, den sicherheitstechnischen Risikofaktor zu verringern.



GRUNDLAGEN SICHEREN DESIGNS

Die sicherheitstechnische Gestaltung von Industrieanwendungen beinhaltet für gewöhnlich Maßnahmen und Vorkehrungen sowohl des Ingenieurs in der Design- und Entwicklungsphase als auch des Betreibers nach erfolgter Installation und Inbetriebnahme. Während der anfänglichen Designphase implementierte Maßnahmen sind generell vorzuziehen, da sie in der Regel effektiver sind als Maßnahmen des Betreibers. (Andererseits ist heute auch die nachträgliche Ausstattung von Steuerungssystemen mit sicherheitstechnisch bewerteten und zertifizierten Bauteilen problemlos möglich, wie an späterer Stelle erläutert.)

Designtechnische Aspekte

Unabhängig davon, ob die Maßnahmen vor der Designphase oder nach erfolgter Installation des Systems implementiert werden, sind folgende Designfaktoren zu berücksichtigen:

- Festlegung der Grenzen und der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine
- Identifizierung von Gefährdungen und zugehörigen Gefährdungssituationen
- Einschätzung des Risikos für jede identifizierte Gefährdung und Gefährdungssituation
- Bewertung des Risikos und Treffen von Entscheidungen über die Notwendigkeit zur Risikominderung

Ein wichtiger Teil des Prozesses zur Risikominderung besteht darin, die Sicherheitsfunktionen einer Maschine zu definieren. Dies beinhaltet die Sicherheitsfunktionen der Steuerung, z. B. zur Vermeidung von unerwartetem Anlaufen, überhöhter bzw. zu niedriger Geschwindigkeit, usw.

Ebenso wichtig ist die Berücksichtigung der Tatsache, dass eine Maschine unterschiedliche Betriebszustände (z. B. Automatik- und Einrichtbetrieb) hat und die Schutzmaßnahmen in diesen einzelnen Zuständen durchaus unterschiedlich sein können. Je nach Betriebszustand können zur Erreichung des erforderlichen Sicherheitsniveaus eine oder mehrere sicherheitsrelevante Steuerungsteile und mehrere Sicherheitsfunktionen in das System integriert sein.

Industrieanwendungen

Nehmen wir das Beispiel einer Transportbandanwendung. Hier könnte die erste „Schutzlinie“ aus einem Sensor bestehen, der erkennt, wenn sich eine Person im Umkreis von 2,5 m vom Transportband aufhält. Anstatt das Transportband abzuschalten, verringert die Steuerung zunächst die Bandgeschwindigkeit, um das Risiko zu begrenzen. Auf diese Weise wird die Produktion aufrechterhalten, ohne die Sicherheit zu kompromittieren.

In einem Abfüllbetrieb beispielsweise könnte integrierte funktionale Sicherheit darin bestehen, dass zwecks einer kurzen Inspektion oder Reparatur die Geschwindigkeit bzw. das Drehmoment an der Flaschenabfülllinie auf ein „sicheres“ Maß reduziert wird, ohne die Produktion zu stoppen. In ähnlicher Weise ermöglicht die Implementierung funktionaler Sicherheit an einer Druckerpresse die Reinigung der Druckwalzen bei laufendem Betrieb, ohne dass der Bediener gefährdet wird.

In der Holzwirtschaft ist funktionale Sicherheit unverzichtbar für den Betrieb halbautomatischer Systeme und Maschinen zur Abholzung und Entrindung sowie zur Regelung der Geschwindigkeit und Position der Stämme beim Sägen. Ähnliches gilt für Stahlwerke, wo Vorrichtungen zum sicheren und präzisen Vergießen von geschmolzenem Stahl sowie zum Formen und Walzen von Stahlblöcken oder -platten erforderlich sind.

Weitere Beispiele für unverzichtbare Sicherheitsfunktionen sind Geschwindigkeitssensoren in Fahrtreppen und Rollsteigen oder Vorrichtungen zur Positionsteuerung des Fahrkorbs sowie zur Berechnung von Gewicht und maximaler Last in Aufzügen. In hochmodernen Anwendungen, speziell im Bereich der kooperativen Roboter (auch als „Cobots“ bezeichnet), erfordert die effektive Zusammenarbeit zwischen Roboter und Mensch umfassende Sicherheitsfunktionen, insbesondere wenn es darum geht, einen Kontakt festzustellen bzw. die angewendete Kraft zu verringern.

In allen vorgenannten Industriezweigen und Anwendungen trägt das richtige Maß an integrierter funktionaler Sicherheit dazu bei, schwere oder sogar tödliche Verletzungen zu verhindern.

Eine typische Komponente von Systemen mit funktionaler Sicherheitsstufe sind Drehzahlsensoren. Nehmen wir als Beispiel einen Inkrementalgeber, der präzise die Geschwindigkeit und Richtung eines fahrerlosen Transportfahrzeugs (FTF) zur Beförderung von Produkten in einem Warenlager oder an einer Produktionslinie misst. Als Teil eines Systems zur Regelung von Geschwindigkeit, Richtung und Motordrehmoment garantiert dieser Drehgeber die Sicherheit der im umliegenden Bereich tätigen Bediener.

Verwendung zertifizierter Produkte

Indem sie Bauteile verwenden, die von einer anerkannten Zertifizierungsstelle wie z. B. dem TÜV Rheinland für einen spezifischen Safety Integrity Level (SIL) zugelassen wurden, können Anwender in kürzestmöglicher Zeit mühelos und effektiv das für ihre Systeme geforderte Sicherheitsniveau erreichen. Sie müssen lediglich die relevanten Daten in die SISTEMA-Software (kostenlos im Internet verfügbar)

eingeben, um das Sicherheitsniveau abschließend zu bewerten und zu dokumentieren. Natürlich ist auch die Verwendung von Standardprodukten ohne individuelle Sicherheitsbewertung möglich. Allerdings könnte dann die Sicherheitsstufe des Systems insgesamt niedriger ausfallen, oder es sind umfassende unabhängige Analysen des Systems erforderlich, die letztendlich die Zeit bis zur Marktreife verlängern.

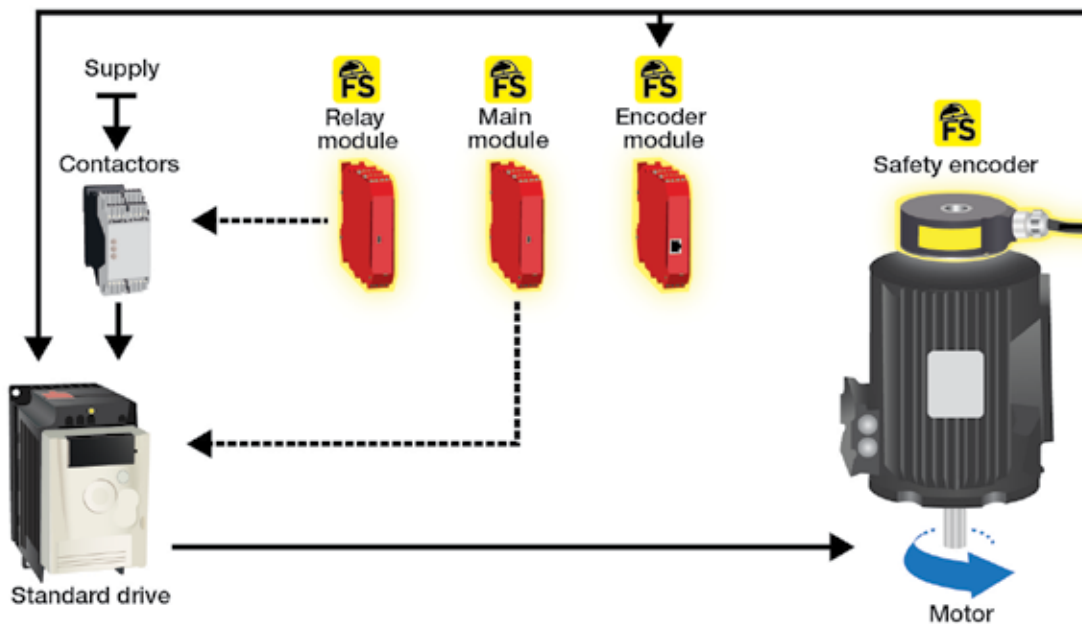
Zertifizierte Produkte erleichtern den Ingenieuren nicht nur die Ermittlung und ordnungsgemäße Registrierung der Sicherheitseinstufung für das Gesamtsystem, sondern liefern auch wichtige Daten wie z. B. die mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (MTBF, Mean Time Between Failure). Darüber hinaus sinkt der Arbeitsaufwand (und der Kostenaufwand) für den OEM zur nachträglichen Integration von Vorrichtungen für funktionale Sicherheit.

Abbildung 3



Inkrementalgeber wie der DSM9H von Sensata mit Einstufungen bis SIL3/PLe Kat. 4 und vielfältigen Ausgangssignalen, darunter analoge Sin/Cos- oder digitale TTL-/HTL-Ausgänge, bieten höchste Flexibilität beim Design sicherer Systeme.

Abbildung 2 – BEISPIEL FÜR EINE MODULARE SICHERHEITSLÖSUNG



Produkte wie Drehgeber und Sicherheitsmodule mit funktionaler Sicherheitsbewertung ermöglichen die Aufrüstung vorhandener Anlagen zur Schaffung einer modularen Lösung, die das Sicherheitsniveau des Systems auf bis zu SIL3/PLe erhöht.

Sensata hat für seine Inkrementalgeber, darunter die Modelle mit analogen Sin/Cos-Ausgängen sowie digitalen TTL- und HTL-Ausgängen, die höchste Sicherheitseinstufung für industrielles Zubehör (SIL3) erlangt. Drehgeber mit TTL- und HTL-Ausgängen stellen eine Produkttechnologie dar, die mit den meisten Sensoren am Markt kompatibel ist. Sie bieten Entwicklern insbesondere bei der Nach- und Aufrüstung vorhandener Systeme eine größere Auswahl und Flexibilität. Ingenieure können auf diese Weise direkt das Maß an funktionaler Sicherheit eines Systems als Ganzes erhöhen, indem sie einfach ältere Bauteile durch neue ersetzen. Diese neuen Komponenten sind häufig technisch ausgereifter, sodass zuweilen eine einzelne Vorrichtung Aufgaben übernimmt, die bislang den Einsatz mehrerer Geräte zur Aufrechterhaltung derselben Sicherheitseinstufung erforderten.

Eine Metallumformpresse beispielsweise kann verschiedene Steuerungstechnologien wie Kameras, Schalter, Näherungssensoren, usw. erforderlich machen. Die Verwendung von Drehgebern mit einer Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls pro Stunde (PFH, Probability of Failure per Hour), die an der oberen Grenze von SIL 2 liegt, erlaubt die Ausstattung mit zusätzlichen Komponenten eines niedrigeren SIL, jedoch an der Grenze zu SIL 2, ohne dass die SIL-Bewertung des Systems insgesamt beeinträchtigt wird. Der aus den einzelnen Komponenten abgeleitete PFH-Gesamtwert bestimmt das funktionale Sicherheitsniveau der Maschine.

Die digitalen HTL/TTL-Ausgänge der Inkrementalgeber von Sensata definieren präzise die Auflösung des Geräts und stellen damit sicher, dass dieser Wert innerhalb der gewünschten Grenzen bleibt. Neben der Positionserfassung dienen Inkrementalgeber auch zur Bestimmung der Geschwindigkeit, die in potenziell gefährlichen Metallstanz-Anwendungen eine entscheidende Messgröße darstellt.

Das umfassende Portfolio an Sicherheitsdrehgebern von Sensata beinhaltet Produkte für den Einsatz in höchst anspruchsvollen und gefährlichen Außenanwendungen, einschließlich Offshore- und Schiffstechnik. Die Drehgeber verfügen über eine entsprechende IP-Schutzart für Washdown-Bereiche.



DIE VORTEILE FUNKTIONALER SICHERHEIT

Aus kommerzieller Sicht sind Hersteller, die ihr Systemdesign an weltweit gültige Normen angleichen, hervorragend aufgestellt, um ihre Maschinen optimal zu vermarkten und sich weltweit dem Wettbewerb zu stellen.

Die Vorteile funktionaler Sicherheit erstrecken sich nicht nur auf den Schutz der Mitarbeiter, der Anlagen und der Einsatzumgebung. Integrierte funktionale Sicherheit erhöht außerdem die Produktivität, indem die Durchführung kleinerer Wartungs- und Reparaturarbeiten bei laufendem Systembetrieb ermöglicht wird.

Die Modifizierung vorhandener Engineering- und Designprozesse ist natürlich mit Zusatzkosten verbunden. Doch mit der neuen Generation von Sensoren, Drehgebern und Steuerungen verfügen Ingenieure heute über die Bausteine zur Entwicklung eines sichereren Systems mit relativ wenig Aufwand und minimalen Kosten. Zudem können vorhandene Systeme problemlos auf ein höheres Sicherheitsniveau aufgerüstet werden, ohne das Design von Grund auf zu überarbeiten.

Die Anwendung von Best Practices in Bezug auf funktionale Sicherheit wird nicht nur durch die Notwendigkeit gefördert, Branchenstandards zu erfüllen und Unfälle zu vermeiden. Funktionale Sicherheit sorgt auch für einen effektiveren und produktiveren Betrieb, indem Ausfallzeiten und kostspielige Reparaturen von zumeist sehr teuren Anlagen reduziert werden. Hersteller, die funktionale Sicherheit in ihre Prozesse und Anlagen integrieren, profitieren von einer international anerkannten Sicherheitseinstufung und sind in der Lage, ihre Lösungen weltweit zu vermarkten.
