

Sensorlose Drehzahlüberwachung in der Sicherheitstechnik



AGV in der Automobilindustrie

Moderne Maschinen erfordern eine sichere Überwachung ihrer Antriebe, um Personen und Anlagen vor Gefährdungen zu schützen. Klassisch werden hierfür oft Drehgeber (Encoder) eingesetzt, doch über die letzten Jahre hat die sensorlose Überwachungstechnologie schnell an Bedeutung gewonnen. Dabei werden zusätzliche Hardware-Sensoren vermieden, wo immer es technisch sinnvoll möglich ist. Stattdessen werden Messwerte direkt am Antrieb (z. B. an den Phasen) aufgenommen und an die (Sicherheits-)Steuerung übertragen.

Drehzahlüberwachung ohne Sensor

Sensorlose Drehzahlüberwachung, also die sichere Kontrolle der Motordrehzahl ohne separaten Drehzahlsensor, fügt sich nahtlos in diesen Trend ein und bietet präzise sowie zuverlässige Überwachung. Im Folgenden werden Funktionsweise und Vorteile dieser Technik erläutert, sicherheitstechnische Funktionen wie SLS, SSR, SSM, SOS und STO beschrieben, geeignete Anwendungsfälle und Grenzen aufgezeigt sowie ein Blick auf die Rolle in der Digitalisierung geworfen. Ziel ist ein sachlicher Überblick für Konstrukteure, Ingenieure, Sicherheitsbeauftragte und Automatisierer in Branchen von der Holzverarbeitung über Werkzeugmaschinen bis hin zur Lebensmittelproduktion.

Funktion

Technische Funktionsweise der sensorlosen Überwachung: Unter Drehzahlüberwachung versteht man allgemein den Vergleich der aktuellen Antriebsdrehzahl mit vorgegebenen Grenzwerten. Im Falle von Abweichungen greift die Sicherheitssteuerung ein und überführt die Maschine in einen sicheren Zustand. Bei der sensorlosen Variante wird die aktuelle Drehzahl nicht über einen externen Geber erfasst, sondern aus den elektrischen Größen des Motors ermittelt. Während der Antrieb bestromt ist, können Spannung, Strom bzw. Frequenz an den

Motorphasen gemessen und in eine Drehzahl umgerechnet werden. Ein separater Drehgeber ist hierfür nicht erforderlich. Diese Methode funktioniert für gängige Industriemotoren wie Servomotoren (synchron), drehzahlgeregelte Asynchronmotoren oder sogar direkt am Netz betriebene Motoren.

Austrudelüberwachung

Zusätzlich kommt bei Bedarf eine Austrudelüberwachung zum Einsatz, die nach einer definierten Zeitspanne den Antrieb als stillstehend betrachtet. Alternativ lässt sich der Stillstand auch über sensorlose Stillstandswächter messen. Diese nutzen das Auswerten der Remanenz- bzw. Restspannung, um einen sicheren Stillstand zu erkennen. So kann z. B. ein Sicherheitsrelais überwachen, ob nach dem Abschalten des Motors keine induzierte Spannung mehr an den Wicklungen anliegt – ein Indikator dafür, dass der Motor wirklich zum Stillstand gekommen ist. Die sensorlose Überwachung ermittelt den Zustand also über Kennwerte wie Antriebsleistung und Motorparameter. Für Sicherheitsfunktionen ist dabei eine zweikanalige Auswertung und Selbstüberwachung der Elektronik wichtig, um den hohen Sicherheitsanforderungen (SIL 3, PL e) gerecht zu werden.

Sichere Bewegungsfunktionen

SLS, SSR, SSM, SOS, STO: Die IEC-Norm 61800-5-2 definiert verschiedene Safe-Motion-Funktionen zur sicheren Überwachung von Antrieben. Viele davon lassen sich heute sensorlos realisieren.

Im Überblick:

SLS - Safely-Limited Speed

SLS (sicher begrenzte Geschwindigkeit) stellt sicher, dass die Antriebsdrehzahl eine vordefinierte Höchstgrenze nicht überschreitet. Wird diese sichere Geschwindigkeit dennoch überschritten, löst das System einen Alarm oder Stopp aus, um gefährliche Situationen zu vermeiden. SLS wird z. B. beim Einrichtbetrieb genutzt, damit

Maschinen nur in ungefährlichem Tempo laufen.

SSR – Safe Speed Range

SSR (sicherer Geschwindigkeitsbereich) erweitert SLS um die Überwachung einer Minimalgeschwindigkeit. Die Drehzahl muss also innerhalb eines definierten Korridors bleiben – weder über dem oberen Grenzwert (SLS) noch unter einem unteren Grenzwert. Verlässt der Antrieb diesen sicheren Geschwindigkeitsbereich, erfolgt ein sicheres Abschalten. SSR hilft z. B. in Fördersystemen, Staus (bei zu langsamer Fahrt) und zu hohe Geschwindigkeiten gleichermaßen zu verhindern.

SSM – Safe Speed Monitor

SSM (sichere Geschwindigkeitsüberwachung) ist eine Funktion, die meldet, wenn eine Maschine unterhalb einer definierten Geschwindigkeitsgrenze läuft. Unterschreitet die Bewegung den definierten Wert, wird z. B. ein Sicherheitsgate entriegelt. Praktisch ermöglicht SSM, dass Bedienpersonal gefahrlos in den Arbeitsbereich eintreten kann, solange die Maschine langsam genug fährt. SSM wird etwa bei kollaborativen Robotern eingesetzt, um bei Wartung oder Formatwechsel sichere Langsamfahrt zu gewährleisten.

SOS – Safe Operating Stop

SOS (sicherer Betriebshalt) überwacht den Stillstand eines Antriebs, ohne ihn auszuschalten. Der Motor bleibt mit Energie versorgt in einer Halteposition und darf nur in einem sehr engen Toleranzband abweichen. Wird die zulässige Abweichung überschritten, greift die Sicherheitsfunktion ein und verhindert unkontrollierte Bewegung. SOS kommt



Automatisierte Abfüllmaschine



Autor:
Stefan Najib
Geschäftsführer
DINA Elektronik GmbH
www.dina.de



CNC Holzfräsmaschine

z. B. bei Robotern zum Einsatz, um einen Arm während des Zugangs eines Menschen exakt in Position zu halten, oder in Werkzeugmaschinen, um Achsen bei einem Werkzeugwechsel sicher stillzusetzen. Der Vorteil: Die Maschine bleibt positioniert, ohne dass die gesamte Steuerung neu gestartet werden muss.

STO – Safe Torque Off

STO (sichere Drehmomentabschaltung) ist die grundlegende Sicherheitsfunktion, bei der die kräftezeugende Energiezufuhr zum Motor sicher unterbrochen wird. Dadurch kann der Antrieb kein Drehmoment mehr erzeugen, und die Bewegung klingt aus (Ausrollen ohne Kraft). STO entspricht Stop-Kategorie 0 (ungesteuertes Stillsetzen) nach EN 60204-1. Beispiele: Not-Halt in Produktionsmaschinen oder das Stromlos-Schalten von Robotern vor Wartungsarbeiten.

Vorteile der sensorlosen Drehzahlüberwachung

Sensorlose Drehzahlwächter bieten eine Reihe von Vorteilen gegenüber traditionellen, sensorgelunden Lösungen.

Reduzierte Kosten

Ein zentraler Pluspunkt sind die reduzierten Kosten: Teure Drehgeber mit Sicherheitszertifizierung

entfallen, ebenso Montageaufwand (z. B. Anbau des Gebers, Ausrichten einer Kupplung) und teils hunderte Meter Kabel. Das verringert nicht nur die Investitionskosten, sondern steigert auch die Nachhaltigkeit – weniger Materialverbrauch trägt messbar zu einer grüneren Bilanz bei.

Geringere Fehleranfälligkeit

Hinzu kommt die geringere Fehleranfälligkeit. Da keine externen Sensoren verbaut sind, gibt es weniger Komponenten, die ausfallen oder falsch justiert werden könnten. Systeme zur sensorlosen Überwachung sind typischerweise robust gegenüber Störeinflüssen wie Schock, Vibration oder elektromagnetischen Feldern. Im rauen Industrieumfeld (Staub, Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen) bedeutet das höhere Verfügbarkeit. Auch Wartung und Instandhaltung werden vereinfacht: Kein Geber, der gereinigt, neu kalibriert oder nach einem Defekt ersetzt werden muss.

Größere Flexibilität und schnellere Inbetriebnahme

Ein weiterer Vorteil ist die größere Flexibilität und schnellere Inbetriebnahme. Änderungen an Produktionslinien und Maschinenaufbauten lassen sich ohne Rücksicht auf Gebersysteme umsetzen. Dadurch verkürzt sich die Inbetriebnahme bei Produktwechseln in der Fertigung (etwa ein neues Format auf einer Verpackungslinie). So können z. B. Formatwechsel schneller und sicher erfolgen. Aus Sicht von Antriebsherstellern und Maschinenbauern bedeutet das auch, dass Sicherheitsfunktionen immer häufiger direkt im Frequenzumrichter oder Servoantrieb integriert werden.



Automatisiertes Fördersystem

Das spart externes Safety-Zubehör und reduziert den Verdrahtungsaufwand, was insgesamt die Komplexität senkt und Reaktionszeiten im Fehlerfall verkürzt. Viele aktuelle Antriebe mit integrierter Sicherheit unterstützen sensorlos überwachte Funktionen und erreichen dabei höchste Safety-Niveaus (PL e, SIL 3).

Neue Einsatzmöglichkeiten

Nicht zuletzt ermöglicht die sensorlose Technik neue Einsatzmöglichkeiten. Bestehende Anlagen lassen sich leichter nachrüsten, da kein mechanischer Anbau erforderlich ist. Insbesondere bei großen Maschinen oder weitläufigen Anlagen (z. B. in Zementwerken oder der Glasindustrie) schafft der Entfall langer Geberleitungen neue Freiheiten in Design und Layout.

Anwendungsfälle und Grenzen

Die sensorlose Drehzahlüberwachung eignet sich für zahlreiche Branchen und Szenarien, in denen sichere

Antriebsüberwachung gefordert ist. Klassische Anwendungsfälle finden sich etwa in der Holzverarbeitung und Metallbearbeitung: Hier werden Frässpindeln oder Sägeaggregate beim Einricht- oder Werkzeugwechsel per SOS auf sicherem Stillstand gehalten. In der Werkzeugmaschinen- und CNC-Industrie überwacht SLS, dass Achsen und Spindeln definierte Höchstdrehzahlen nicht überschreiten, um Bediener und Werkstücke zu schützen. Auch Roboterzellen nutzen SSM/SSR: Sobald ein Bediener den Arbeitsbereich betritt, wechselt der Roboter in einen sicheren Langsamfahrmodus (z. B. <250 mm/s) – so können Eingriffe oder Justagen durchgeführt werden, ohne den Roboter komplett abzuschalten. Überschreitet die Bewegung die sichere Geschwindigkeit, sperrt die Steuerung den Zugang automatisch.

Lebensmittel- und Verpackungsindustrie

In der Lebensmittel- und Verpackungsindustrie lässt sich

Aspekt	Sensorlose Überwachung	Drehgeberbasierte Überwachung
Hardwareaufwand	Kein zusätzlicher Geber nötig; nutzt Motorspannungen/-ströme als Messgröße.	Erfordert Sicherheits-Drehgeber, Kupplung und Verkabelung am Motor.
Wartung & Robustheit	Weniger Komponenten, geringerer Wartungsaufwand; unempfindlicher gegen Schock, Vibration und EMV-Einflüsse.	Zusätzliche mechanische Teile sind anfällig für Verschleiß, Justagefehler und Umweltbedingungen.
Kosten	Spart Anschaffung und Integration des Gebers sowie lange Kabelstrecken.	Höhere Investitionskosten für zertifizierte Geber und Installationsaufwand.
Flexibilität	Einfach per Software parametrierbar; schnelle Anpassung bei Produkt-/Formatwechseln.	Änderungen erfordern oft mechanische Umbauten oder neue Sensoren.
Sicherheit	Erfüllt SIL3, PL e bei korrekter zweikanaliger Umsetzung.	Ebenfalls hohe Sicherheitsstufen erreichbar, jedoch nur durch zusätzliche Hardware möglich.

Vergleich sensorloser und sensorgelundener Drehzahlüberwachung