
Fehlertoleranzstrategien für mechatronische Systeme

Abschlussbericht

Kurzfassung

In vielen technischen Prozessen und Anlagen haben mechatronische Systeme die klassischen, rein mechanischen, pneumatischen oder hydraulischen Komponenten verdrängt. Gründe hierfür sind die gestiegenen Anforderungen an Funktionalität und Leistungsfähigkeit, die mit den klassischen Komponenten häufig nicht realisiert werden können. Durch den Einsatz mechatronischer Systeme steigt die Anzahl der im Gesamtsystem vorhandenen Komponenten an, was zur Folge hat, dass die Komplexität zu- und die Zuverlässigkeit abnimmt. Während bei rein mechanischen, pneumatischen oder hydraulischen Komponenten mithilfe des traditionellen Ansatzes der Perfektion (z.B. Überdimensionierung, verbesserte Materialien, umfangreiche Qualitätskontrollen) die Ausfallwahrscheinlichkeit verringert werden kann, ist dies bei mechatronischen Systemen häufig entweder nicht möglich oder zu kostenintensiv. Wegen des im Vergleich zur Mechanik ungünstigeren Ausfallverhaltens für Sensorik, Elektronik, Aktoren und Software sind besonders für sicherheitskritische Anwendungen fehlertolerante mechatronische Systeme erforderlich. Während bei dem Redundanzkonzept „statische Redundanz“ keine Fehlererkennung und -diagnose zur Toleranz von Fehlern benötigt wird, wird bei dem Redundanzkonzept „dynamische Redundanz“ eine kontinuierliche Überwachung der Komponenten benötigt. Die Performanz der Fehlererkennung und -diagnose spielt bei der dynamischen Redundanz eine entscheidende Rolle. Insbesondere die modellbasierten Verfahren zur Fehlererkennung im geschlossenen Regelkreis, die in dieser Arbeit vorgestellt werden, ermöglichen es, selbst kleine Fehler im mechatronischen System früh zu erkennen. Ist im mechatronischen System Redundanz, in Form von redundanten Komponenten oder in Form von analytischer Redundanz, vorhanden, können Fehler im mechatronischen System und Ausfälle einzelner Komponenten toleriert werden. Das mechatronische System bleibt aufgrund der im Forschungsprojekt untersuchten Fehlertoleranzstrategien im Fehlerfall vollständig oder in vermindertem Maße funktionsfähig.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde insbesondere darauf Wert gelegt, dass der Zusammenhang, aber auch die Unterschiede zwischen Fehlertoleranz, Zuverlässigkeit und Sicherheit in Bezug auf mechatronische Systeme deutlich werden. Es werden die Methoden zur Fehlererkennung und -diagnose und -toleranz praxisnah dargestellt. Insbesondere der Einsatz von Hardware-Redundanz sowie auch von analytischer Redundanz zur Steigerung der Zuverlässigkeit und Sicherheit mechatronischer Systeme werden vorgestellt. Verschiedene Möglichkeiten zur Reglerumschaltung, die ein hartes Umschalten zwischen Reglern mit weichem Übergang der Stellgrößen ermöglichen, und zur Rekonfiguration von Regelkreisen nach Aktorfehlern wurden untersucht. Die verschiedenen Fehlertoleranzstrategien werden am Beispiel eines Duplex-Ventilsystems und an einem Duplex-Servolenksystem verifiziert.

Berichtsumfang:	197 S., 153 Abb., 14 Tab., 69 Lit.
Beginn des Projekts:	01.07.2007
Ende des Projekts:	30.06.2009
Zuschussgeber:	BMW/IGF-Vorhaben-Nr. 14990N
Forschungsstelle:	Technische Universität Darmstadt Institut für Automatisierungstechnik Forschungsgruppe Regelungstechnik und Prozessautomatisierung Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Rolf Isermann Landgraf-Georg-Straße 4 64283 Darmstadt
Bearbeiter/Verfasser:	Dipl.-Ing. Mark Beck
Vorsitzender des Beirats:	Dipl.-Ing. Josef Schwarz, ZF Friedrichshafen
