

Diplomarbeit

Medienwechselerkennung im Kühlsystem anhand der Statusgrößen der elektrischen Wasserpumpe und Implementierung in die Systemdiagnose

Author: Andreas Redtenbacher
Supervisor: Prof. Dr. Luigi del Re

Partner: BMW AG
Finished: April 2008

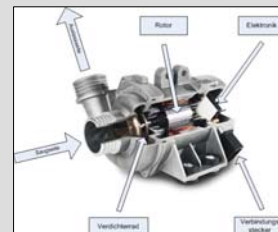
Kurzbeschreibung

Der Einsatz elektrischer Wasserpumpen in Motorkühlkreisläufen hat in den letzten Jahren sehr stark an Bedeutung gewonnen. Das primäre Ziel ist eine bedarfsgerechte Förderung des Kühlmittels um den Verbrauch und damit den CO₂-Ausstoß des Gesamtfahrzeugs zu reduzieren. Natürlich schafft der Einsatz solcher Pumpen neue Anforderungen hinsichtlich der Motorsteuerung und Fehlerdiagnose. Ausfälle müssen rasch und zuverlässig erkannt werden, da diese zu einem Motorschaden führen können. Die Information über einen Ausfall muss dann dem Wärmemanager weitergeleitet werden, um geeignete Maßnahmen setzen zu können.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit einer konkreten Aufgabenstellung im Bereich der Fehlerdiagnose. Luftfeinschlüsse im System Kühlkreislauf sollen ohne zusätzliche Sensorik anhand der Komponentendiagnose der elektrische Wasserpumpen detektiert und von etwaigen durch andere Ursachen hervorgerufenen Fehlern isoliert werden. Dazu wurden Modelle erzeugt, die den Normalzustand einzelner Statusgrößen des Systems berechnen und bei entsprechenden Abweichungen diese mit festgelegten Mustern des Fehlers abgleichen. Bei Übereinstimmung des Fehlverhaltens der gemessenen Signale mit den definierten Charakteristiken des Fehlers kann dann auf Luftfeinschlüsse im System geschlossen werden. Der Kühlkreislauf des Reihensechszylinders N52 der Fa. BMW diente dazu als Grundlage der Versuche, die elektrische Wasserpumpe wird von der Fa. Pierburg erzeugt. Die Simulationsmodelle wurden abschließend mittels einer dSpace Autobox in Echtzeit am realen System getestet und deren Funktion überprüft.

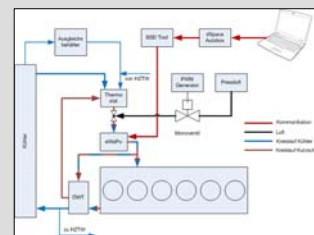
elektrische Wasserpumpe

- Antrieb durch bürstenlosen Permanentmagnetmotor mit Blockkommutierung
- sensorlose Rotoreffassung
- integrierte Sensorik für Drehzahl-, Strom-, Spannung- und Temperaturmessung
- Kommunikation über Bit-Serielle Datenschnittstelle
- Technische Daten:
 - Betriebsspannung: 13.5 V
 - max. Stromaufnahme: 16 A
 - max. Drehzahl: 250 BSD (4500 U/min)
 - hydr. Betriebspunkt: 7m³/h bei 0.45 bar



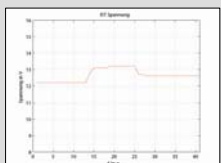
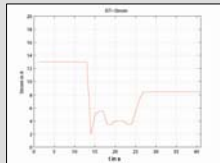
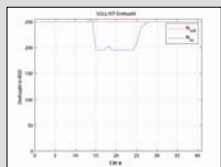
Kühlkreislauf

- Aufbau eines realen Kühlkreislaufs
- Untersuchung des Verhaltens des Systems bei Luftfeinschlüssen
- Einbringen von Luft an der Saugseite der elektrischen Wasserpumpe
- Luftfeinlass durch Monoventil, angesteuert durch PWM Generator
- Reproduzierbare Versuche möglich
- Fahrzeugnahe Einflussfaktoren
- Mechanisch verstellbares Thermostat
- Ansteuerung der Pumpe mittels dSpace Autobox



Medienwechsel

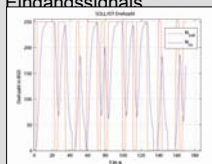
- Untersuchen der Auswirkungen auf Messgrößen
- Großer Einfluss auf Messgrößen im stationären Betrieb
- Im dynamischem Betrieb nur geringe Abweichungen
- Messparameter
 - Luftdruck $p = 0.5 \dots 3$ bar
 - Öffnungszeit Ventil $t_o = 0.3 \dots 1$ s
 - Pulse $1 \dots 3$
 - NSoll $40 \dots 250$ BSD (720...4500 U/min)



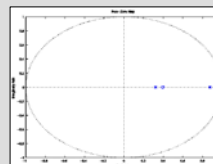
Datenbasierte Modellbildung

- Identifikation der Systemmatrizen der Zustandsraumdarstellung mittels der Prediction error method.
- Wahl eines Eingangssignals, welches System ausreichend anregt.
- Erzeugung zufälliger binärer Signale durch Filterung des Vorzeichens von weißem Rauschen.
- Überprüfung der Bedingungen an das Eingangssignal, an das System, sowie die Eigenschaften der Informationsmatrix H.

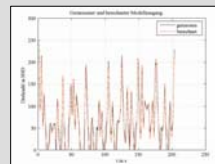
Wahl des Eingangssignals



Stabilitätsuntersuchung

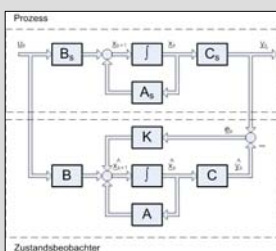


Validierung des Modells



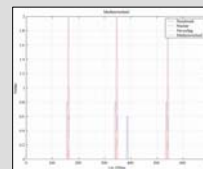
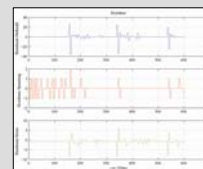
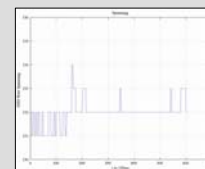
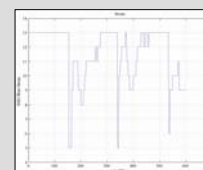
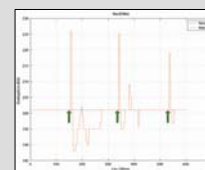
Fehlermodell

- Detektion der Fehler mittels Zustandsbeobachter für
 - Drehzahl
 - Strom
 - Spannung
- Im Normalbetrieb ist die Differenz zwischen Modellausgang \hat{y}_k und gemessenen Ausgang y_k annähernd Null.
- Detektion einer Abweichung vom Normalzustand durch
 1. Wahl geeigneter Residuen
 2. Bilden von Sensibilitätsvektoren
 3. Definition von Symptomen
 4. Adaptive Grenzwertanpassung



Ergebnisse

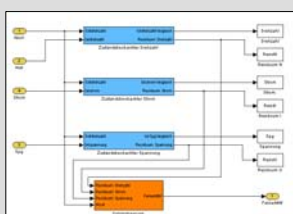
- Messwerte aus Online Medienwechselerkennung
- Ansteuerung / Aufzeichnung durch Control Desk
- Pfeile signalisieren Öffnungszeitpunkt des Monoventils.
- Drehzahleinbruch sowie -überschwingen deutlich zu erkennen
- Stromrücknahme durch Regler
- geringe Spannungsüberhöhung
- Residuenverläufe
 - annähernd Null während Normalbetrieb
 - von Null verschieden während Medienwechsel
- Auftreten aller definierten Symptome führt zum Setzen des Fehlerbits „Medienwechsel“



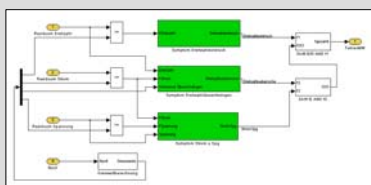
Simulink Modelle

- Implementierung der Zustandsbeobachter zur Fehlerdetektion, Diagnosefunktionen sowie Ansteuerung der elektrischen Wasserpumpe in Simulink und für Online Medienwechselerkennung an DSpace Echtzeithardware
- Block Fehlerdetektion erhält Messdaten aus dem Block Ansteuerung
- Residuen werden an den Block Fehlerdiagnose übergeben

Fehlerdetektion



Fehlerdiagnose



Schlussfolgerungen

- Betrieb im geschlossenen Regelkreis erschwert Identifikation
- Prediction error method liefert biasfreie Schätzwerte
- Physikalisches lineares Modell zu ungenau
- Ohne Rückführung zu große Modellabweichungen
- Durch Zustandsbeobachter nur dynamische Fehler detektierbar
- Fehlerdiagnose erschwert durch geringe Anzahl an Messgrößen

Ausblick

- Variable Abstraten für Kommunikation zur Integration in das Motorsteuergerät
- Untersuchung der Auswirkungen des Medienwechsels auf zusätzliche Messgrößen im Fahrzeug
- Erweiterung der Fehlerdiagnose auf kleine Drehzahlen durch verbesserte Auflösung der BSD Messgrößen
- Betrachtung weiterer Fehlerursachen
- Erweiterung zu Fehlerfrüherkennung