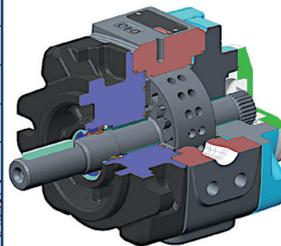
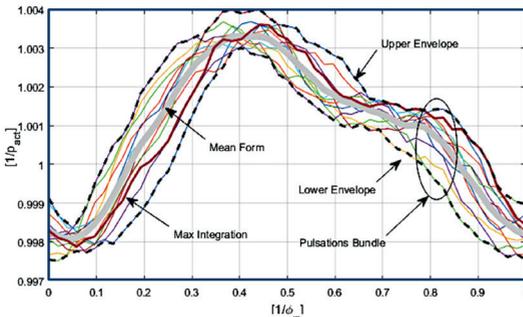
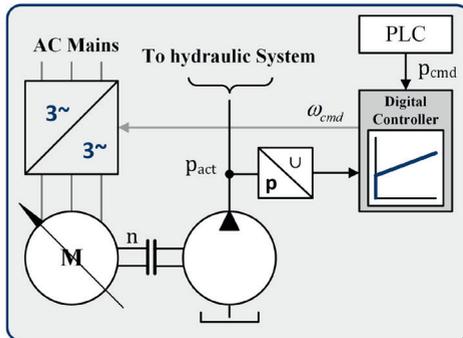
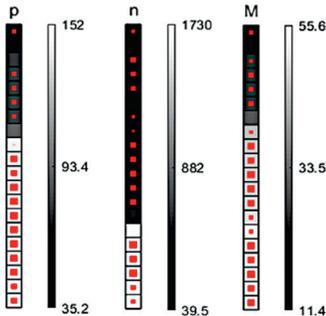


Emad Ali

Self-Learning Condition Monitoring for Smart Electrohydraulic Drives



Fluidmechatronische Systeme

Emad Ali

**Self-Learning Condition Monitoring for Smart
Electrohydraulic Drives**

Shaker Verlag
Düren 2020

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Diss., 2019

Copyright Shaker Verlag 2020

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7383-6

ISSN 2196-2340

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Phone: 0049/2421/99011-0 • Telefax: 0049/2421/99011-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Self-Learning Condition Monitoring for Smart Electrohydraulic Drives

von M. Ing. Emad Ali

- Fluid-Power Systeme besitzen einen großen Anteil in modernen industriellen Anlagen. Typische Beispiele sind Anwendungen wie Pressen und Spritzgießmaschinen (**IMM**).
 - Der Einsatz von drehzahlvariablen Antrieben (**SvPs**) für Druckreglungsaufgaben bei solchen Maschinen bzw. Systemen, führte dazu, die Energieeffizienz zu verbessern.
 - SvPs verfügen, im Zusatz zu den Hauptkomponenten (Elektromotor, hydrostatische Pumpe), über Möglichkeiten zur Programmierung und Integrierbarkeit in Fabrik-Netzwerke.
 - Robustheit und Haltbarkeit haben noch größere Folgen gegenüber Energieeffizienz für das übergeordnete Ziel der Profitabilitätssteigerung. Dazu dient die Zustandsüberwachung „Condition Monitoring“ (**CM**) hinsichtlich Fehlererkennung und Ausfallvermeidung.
 - Mehr als 70% der Defekte in hydraulischen Systemen sind direkt oder indirekt fluidbedingt. Deshalb liegt der Fokus in der Dissertation auf solche Probleme und deren Einflüsse auf die Pumpe.
 - Die aus der Praxis hergeleiteten Anforderungen an die CM-Module sind: Robustheit, Flexibilität, und einfache Bedienung ohne hohe Kosten.
 - Die hauptsächlichen Herausforderungen hierbei sind: die variable Systemstruktur und die Einflüsse der Betriebsrandbedingungen auf die Fluideigenschaften und demzufolge das Verhalten des Antriebs im fehlerfreien/defekten Zustand.
 - Um die Anforderungen unter diesen Umständen zu erfüllen, eignen sich die herkömmlichen klassischen Methoden nicht.
 - Als Lösung wird eine zweiteilige Strategie angestrebt:
 - Der erste Teil basiert auf der Ausnutzung von bereits verfügbaren Variablen (Signalen) im Regelkreis, um Fehlersymptome zu gewinnen.
 - Hierbei ist die Dynamik des Störverhaltens als Gütekriterium entscheidend, um die systematische Beobachtbarkeit auszuwerten und das bestmögliche Merkmal zum Fehlersymptom zu extrahieren (in Zeit/ Winkel-/ Frequenzdomäne).
 - Der zweite Teil ist ein datenbasiertes Verfahren um die Merkmale bei jedem Betriebspunkt zu modellieren und die Abweichungen als Fehlersymptom zu erkennen. Das maschinelle Lernen (ML) bietet sich als geeignete Technik für diesen Zweck an.
 - Unter mehreren untersuchten ML-Algorithmien, hebt sich das Clustering-Verfahren von Kohonen, Self-Organising Maps (SOMs), für die Aufgabe hervor, jedoch besteht ein Verbesserungsbedarf hinsichtlich des CM.
 - Ein neuer Algorithmus wurde auf Basis von SOMs entwickelt, nämlich „Abnormality Isolator“ (AbIso). Der Vorteil hierbei ist die Anomalität zu lokalisieren und somit eine weitere Diagnose zu ermöglichen. Das AbIso besteht aus mehreren 1-dimensionalen SOMs, eines für jedes Merkmal, und einer Vernetzung, um die Clustering-Zusammenhänge statistisch abzubilden.
 - Das AbIso wurde genutzt, um den fehlerfreien Betrieb eines SvP im IMM-Zyklus zu modellieren ohne Vorkenntnisse der Umgebungstemperatur oder des hydraulischen Kreises.
 - Das gesamte Verfahren wurde erprobt für die Erkennung von Pumpenverschleiß in 3 Stadien:
 - Fortgeschritten (Degradation): das Symptom ist die Zunahme der stationären Drehzahl aufgrund der erhöhten volumetrischen Verluste.
 - Progressiv: Die Heterogenität in der Druckpulsationsform ermöglicht eine örtliche Auswertung der Verschleißentwicklung. Ein Symptom ist extrahiert auf Basis von Wavelet Transformation und Korrelationsanalyse des Drucksignals.
 - Früh: Die soliden Kontaminationen im Fluid können rasche Erosion verursachen. Das Phänomen wurde am Sonderprüfstand untersucht. Das erkannte Symptom ist die Drehmoment-Charakteristik des treibenden Motors im stationären Betrieb.
-