

Dipl.-Ing. Gerd-Walter Wiederstein¹⁾

Druckmaschinen-Direktantrieb mit Ferraris-Sensor

Erfolgreicher Einsatz

Ein Direktantrieb mit Ferraris-Sensor und neuartiger Reglerstruktur wurde an einer Flexodruckmaschine im Versuchsbetrieb praktisch erprobt. Vorausgegangen waren bereits umfangreiche Untersuchungen an einem Versuchsaufbau mit Verbesserungen an Sensor, Antriebsmechanik und Reglerstruktur.

An der Maschine sollte nachgewiesen werden, daß es mit diesem Antrieb möglich ist, Momentenstöße auf der Lastseite (Druckzylinder) wesentlich besser zu beherrschen und das Druckergebnis nochmals deutlich zu verbessern. Dies gelang mit der eingesetzten Kombination aus Störgrößenbeobachter und Ferraris-Sensor mit unerwartet durchschlagendem Erfolg!

Ausgangsbasis

Ausgangsbasis für den Einsatz an der Druckmaschine waren vorausgegangene, recht umfangreiche Untersuchungen an einem Versuchsantrieb.

Hier stellte sich heraus, daß bessere Regeleigenschaften an dem bereits sehr hochwertig ausgelegten Druckmaschinen-Direktantrieb nicht ohne weiteres realisiert werden konnten. So waren insbesondere Verbesserungen des Ferraris-Sensors (Güte und Dynamik des Meßsignals), der Antriebsmechanik und der Reglerstruktur notwendig [1].

Am Versuchsaufbau konnte schließlich mit einer erweiterten Beobachter- und Filterstruktur in Verbindung mit dem hochwertigen Meßsignal des verbesserten Ferraris-Sensors eine aktive Stabilisierung der unteren Resonanz des Antriebs und ein verbessertes Regelverhalten erreicht werden. Eine entscheidende Verbesserung ergibt sich durch den Störgrößenbeobachter im Störverhalten, also bei der Beherrschung von lastseitigen Störmomenten. Darüberhinaus lassen sich auch noch nichtlineare Effekte besser beherrschen [2].

Beim Einsatz an der Druckmaschine ging es darum, die Praxistauglichkeit der neuen Antriebsregelung und eine Verbesserung des Druckergebnisses im Versuchsbetrieb an der Maschine nachzuweisen.

Die Druckmaschine

Die Erprobung des neuen Direktantriebes fand an einer Flexodruckmaschine, die eigens für Versuche zur Verfügung steht, statt. Diese Maschine ist technisch auf dem neuesten Stand und mit hochwertiger Einzelantriebstechnik, die schon über einen längeren Zeitraum ständig weiterentwickelt wurde [3], ausgerüstet. An den bzgl. der Druckgenauigkeit besonders wichtigen Druckzylindern kommt ein für diese Anwendung speziell ausgelegter Direktantrieb zum Einsatz. Von der Regelungstechnik wird bei diesem Antrieb eine passive Stabilisierung mit speziellem Filter angewendet. Diese schon sehr hochwertige bisherige Regelung wird im folgenden kurz als "Regelung mit Filtereinsatz (F)" und die neue Regelung mit Störgrößenbeobachter demgemäß als "Regelung mit Störgrößenbeobachter (SB)" bezeichnet.

Die Antriebsmechanik des Direktantriebes an der Maschine ist anders aufgebaut als im Versuchsaufbau. Der spezielle Motor mit Ferraris-Sensor ist hier direkt über eine drehsteife Kupplung mit den Druckzylindern verbunden und an einen Axialschlitten montiert. Der gesamte Antrieb ist über den Schlitten axial verschiebbar.

In Bild 1 ist eine Flexodruckmaschine mit vergleichbarer Bauart wie die Versuchsmaschine gezeigt und Bild 2 zeigt das Druckwerk der Versuchsmaschine mit dem neuen Direktantrieb.



Bild 1: Flexodruckmaschine mit vergleichbarer Bauart wie die Versuchsmaschine (BHS Druck- und Veredelungstechnik)



Bild 2: Druckwerk der Versuchsmaschine mit Direktantrieb

Inbetriebnahme der Regelung mit Störgrößenbeobachter

Durch den Einsatz des Axialschlittens ergeben sich veränderte Resonanzstellen mit einer wesentlich höheren unteren Resonanz, was noch einmal eine neue Herausforderung an die Regelung stellt, da sie ja aktiv stabilisiert werden muß.

Für die Parametrierung der neuen Reglerstruktur ist als erstes das Resonanzspektrum des Direktantriebes zu ermitteln (Bild 3). Außerdem bedingt die veränderte Mechanik die Ermittlung eines neuen Ersatzmodells für die Einstellung des Störgrößenbeobachters.

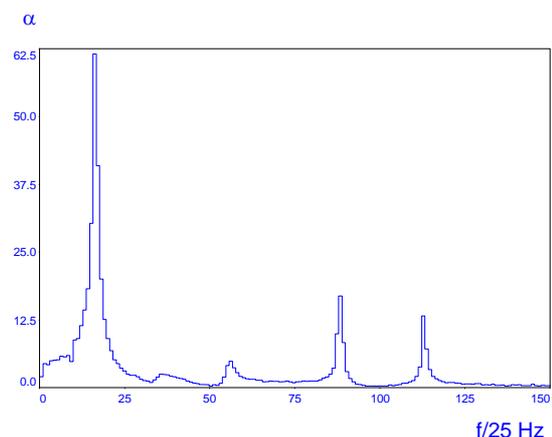


Bild 3: Resonanzspektrum des Antriebs

Dies war alles praktisch nicht ganz so einfach wie es sich hier schreibt, führte aber schließlich zu dem Regelergebnis in Bild 4. Das Führungsverhalten mit Störgrößenbeobachter hat im Vergleich mit der Regelung mit Filtereinsatz eine etwas bessere Dynamik und Stabilität.

Mit Störgrößenbeobachter gelingt also die aktive Stabilisierung der sehr hohen unteren Resonanz des Antriebes und es ergibt sich ein auch bzgl. Führung merklich besseres Regelverhalten!

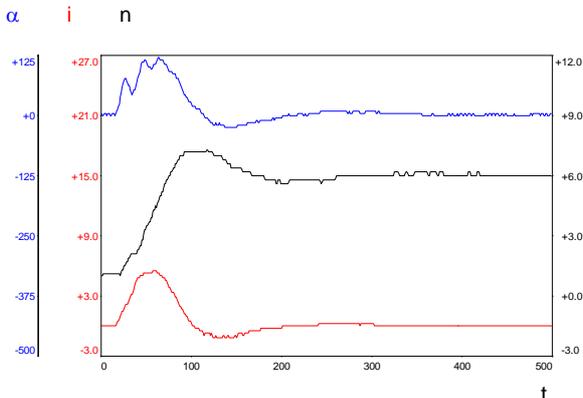


Bild 4: Führungsverhalten mit Störgrößenbeobachter

Versuchsbetrieb

In einem Versuchsbetrieb wurde das Störverhalten des neuen Direktantriebes untersucht. Hierzu wurde ein vollflächiges Klischee mit sehr harter Unterbrechung verwendet und zusätzlich der Druckzylinder sehr hart angestellt. Damit entstehen ganz extreme Bedingungen bzgl. der auftretenden Momentenstöße am Druckzylinder, die so nur bei sehr ungünstiger Auslegung des Klischees und bei falscher Druckeinstellung auftreten. Um die Wirkung von Laststößen aus dem Druckprozeß nachzubilden, sind sie aber ideal geeignet.

Die Regelergebnisse mit Störgrößenbeobachter und Filterlösung sind in Bild 5 gegenübergestellt. Dargestellt ist der Lagefehler (s_d), der bei Kopplung des DZ-Antriebes auf eine virtuelle Leitachse durch die Laststöße entsteht, bei jeweils optimal eingestellter Reglerstruktur!

Es zeigt sich eine dramatisch bessere Ausregelung der Lastmomente durch den Störgrößenbeobachter. Zwar waren, aufgrund der Vorversuche, ganz wesentliche Unterschiede erwartet worden, trotzdem war das erreichte Ergebnis verblüffend.

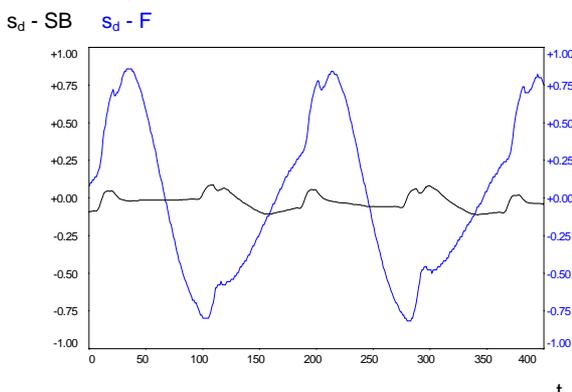


Bild 5: Störverhalten mit Störgrößenbeobachter ($s_d - SB$) und Filtereinsatz ($s_d - F$)

Die Amplitude des Regelfehlers wird um mehr als Faktor 8 reduziert! Betrachtet man die effektiven Fehler, fällt der Vergleich mit der bisherigen Lösung sogar noch etwas günstiger aus.

Die Verbesserung war in Druckversuchen auch direkt sowohl in der Druckgenauigkeit (Passer) als auch in weiteren Merkmalen der Druckqualität, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, erkenn- bzw. meßbar!

Ausblick

Durch die sehr guten Ergebnisse des Versuchsbetriebes ist es hier keine Frage, daß sich der höhere Aufwand für den Sensor und die kompliziertere Reglerstruktur lohnt. Es ist ein Serieneinsatz, zumindest für anspruchsvolle Druckanwendungen geplant. Dies setzt allerdings noch eine robuste und praxisgerechte Lösung für die automatische Parametrierung der neuen Reglerstruktur voraus.

Da der Einsatz des Störgrößenbeobachters prinzipiell nur einen Beschleunigungsmeßwert voraussetzt, wurden natürlich auch schon Überlegungen angestellt, auf den Ferraris-Sensor zu verzichten. Entsprechende Versuche, den Meßwert aus dem Lageistwert neuester hochauflösender Geber zu bilden, sind aber erst einmal daran gescheitert, daß die Güte nicht ausreicht. Zum Ferraris-Sensor gibt es daher zunächst keine Alternative.

Zusammenfassung

Beim Versuchsbetrieb an einer Flexodruckmaschine, mit bereits sehr hochwertig ausgelegtem Druckzylinder-Direktantrieb, konnte nachgewiesen werden, daß durch die Kombination von Störgrößenbeobachter und Ferraris-Sensor eine entscheidende Verbesserung des Regelverhaltens, insbesondere bei Störung möglich ist. Die höhere Regelgenauigkeit findet sich direkt im Druckergebnis wieder.

Damit rechtfertigt sich der höhere Aufwand für den Sensor und die komplexere Reglerstruktur und es ist ein Serieneinsatz geplant.

Da das Störverhalten auch bei anderen Druckverfahren und völlig anderen Anwendungen, wie beispielsweise Werkzeugmaschinen, eine wesentliche, manchmal die entscheidende Rolle spielt, haben die Ergebnisse ganz aktuelle und weitreichende Bedeutung.

- 1) Mitarbeit: Dipl.-Ing. (FH) Matthias Hüschemenger
Dipl.-Ing. (FH) Frithjof Zöller

Literaturverzeichnis

- [1] Gerd-Walter Wiederstein
(Matthias Hüschemenger, Frithjof Zöller)
Ferraris-Sensor in einem Druckmaschinen Direktantrieb – Möglichkeiten und Grenzen
FLEXOPRINT 7/2003 und IEE 11/2003
(Sonderdruck kann angefordert werden unter info@wiedeg.de)
- [2] Günther Brandenburg
Einfluß und Kompensation von Lose und Coulombscher Reibung bei einem drehzahl- und lagegeregelten, elastischen Zweimas-sensystem
Automatisierungstechnik 1 und 3/1989
- [3] Hans Schadl, Gerd-Walter Wiederstein
Druckmaschinen mit elektronisch gekoppelten Einzelachs-antrieben
Flexo- + Tief-Druck 3/96

Dieser Artikel ist erschienen in der Fachzeitschrift ANTRIEBSTECHNIK 5/2005

WIEDEG ELEKTRONIK

Industrielle Elektronik für die
Steuer- und Regelungstechnik

WIEDEG Elektronik GmbH

Müllenbacher Straße 14, 51709 Marienheide

Tel.: 02264/4577-0, Fax: 02264/457729

e-mail: info@wiedeg.de, http://www.wiedeg.de