

A&D Kompendium 2002: Beitrag für „Neue Forschungsergebnisse“

1. Titel

Reglerentwurf zur Schwingungsbedämpfung bei steif gekoppeltem Dreimassenschwinger mit unterlagerter direkter Drehmomentregelung

2. Aussagen zum Forschungsgegenstand

Bei steifer Kopplung von elektrischer Antriebsmaschine und Last treten mechanische Resonanzschwingungen mit Frequenzen deutlich über 100 Hz auf. An der verwendeten Anlage sind dies 400 und 859 Hz. Ein passives Bedämpfen dieser Frequenzen mit Filtern hat zwei Nachteile, die Dynamik der Regelung nimmt ab und einmal angeregte Schwingungen werden nur durch die meist sehr kleine mechanische Dämpfung vermindert. Mit der Dynamik moderner Antriebe sowie der hier verwendeten direkten Drehmomentmittelwertregelung (DMTC) sind diese Resonanzschwingungen aber auch aktiv bedämpfbar. Hierfür werden ein rauscharmes Drehzahlsignal ohne signifikante Phasenverschiebung oder für einen Zustandsregler auch alle mechanischen Zustände des Systems benötigt. Eine einfache Tiefpassfilterung des differenzierten Lagesignals ist aufgrund der unzulässigen Phasenverschiebung des Filters nicht möglich. Allerdings erlauben geeignete Beobachterstrukturen die Generierung des Drehzahlsignals und sonstiger nötiger Zustände des mechanischen Systems. Um die hohe Dynamik der direkten Drehmomentmittelwertregelung zur Schwingungsbedämpfung des Dreimassenschwingers optimal nutzen zu können, müssen spezielle Reglerstrukturen verwendet werden. Die Auslegung eines geeigneten Zustandsreglers zum Beispiel ist aufgrund der Stellgrößenbeschränkung nicht trivial.

3. Charakterisierung der Arbeitsergebnisse

Die aktive Dämpfung mechanischer Resonanzen ist auch schon mit einem einfachen P- oder PI-Regler außerhalb der Drehmomentbegrenzung sehr gut möglich, falls ein geeignetes Drehzahlsignal zur Verfügung steht. Jeglicher Tiefpass, welcher das Rauschen des durch Differenzierung aus der Lage eines hochauflösenden Inkrementalgebers ermittelten Drehzahlsignals ausreichend filtert, bewirkt durch seine Phasenverschiebung eine Mitkopplung der Resonanzschwingungen und kann somit nicht verwendet werden. Eine Alternative bietet hierzu bei zusätzlicher Verwendung eines industriellen Ferraris-Beschleunigungsgebers die Bildung des Drehzahlsignals mit einem Beobachter. Das gemessene Beschleunigungssignal wird integriert und bildet das zur Regelung verwendete Drehzahlsignal. Die Beobachterkorrektur erfolgt anhand eines Vergleichs der ungefilterten differenzierten Lage und des Beobachterdrehzahlsignals. Eine andere erfolgreich getestete Möglichkeit zur Generierung eines geeigneten Drehzahlsignals ist ein Beobachter für den gesamten Dreimassenschwinger. Aufgrund der hohen Resonanzfrequenzen des mechanischen Systems ist die Modellierung des gesamten Dreimassenschwingers nötig. Die Auslegung dieses Beobachters setzt allerdings die Kenntnis der Parameter des mechanischen Systems voraus. Mit diesem Beobachter kann man dann die Zustandsgrößen für einen Zustandsregler nachbilden.

Die Schwingungsbedämpfung wurde mit verschiedenen Reglerstrukturen untersucht. Schon mit einem einfachen PI-Drehzahlregler kann man gute Ergebnisse erzielen. Daneben wurden auch Zustandsregler und spezielle Signalaufschaltungen in der Simulation und am Teststand untersucht.

4. Aussagen zur Applikationsreife

Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass auch höherfrequente Schwingungen bis über 800 Hz mit geeigneten Regelalgorithmen erfolgreich aktiv bedämpft werden können. Der Verzicht auf eine Drehzahlfilterung mit einem Tiefpass führt außerdem zu einer sehr guten Dynamik der Drehzahlregelung. Diese Aussagen und Vorgehensweisen sind auch auf andere Servoantriebssysteme mit ähnlicher Struktur übertragbar.

5. Autor

Dipl.-Ing. Jochen Faßnacht

Institut für Stromrichtertechnik und Antriebsregelung (Prof. Dr.-Ing. Peter Mutschler)

Technische Universität Darmstadt

Landgraf-Georg-Str. 4, 64283 Darmstadt

Tel.: 06151/162666 / Fax: 06151/162613

e-mail: jfass@srt.tu-darmstadt.de