

Experimentelle Filtereinstellung für Lageregler mit unterlagertem Drehzahlregler

Die nachfolgende Beschreibung gilt für die Produkte MCU-3000 / MCU-6000 / MCU-3100, MCU-3T, MCU-6, PA8000, PS840, APCI8001, APCI-8008 und APCI8401.

Diese Anleitung ist nur gültig für Antriebssysteme mit Servo-Drehzahlreglern. Bei anderen Antriebssystemen wie z.B. stromgesteuerte Systeme oder Schrittmotorsysteme kann diese Vorgehensweise nicht verwendet werden.

Die Einstellungen erfolgen im Programm mcfg.exe. Zur Verifikation des Systemverhaltens wird ein "Graphic Analysis" Fenster benötigt. Einstellungen und Verfahrkommandos werden in einem "Motion Tools" Fenster gemacht. Zur Positionsanzeige kann ausserdem ein "Axis Status" Fenster hilfreich sein. Vor Beginn der Untersuchung muss bei den verwendeten Fenstern, die richtige Achse ausgewählt werden. Für das residente Speichern der ermittelten Reglerparameter muss das Fenster "System Data" verwendet werden. Zum Speichern in diesem Fenster braucht die jeweilige Achse nicht angewählt zu werden, weil immer die Parameter aller Achsen gespeichert werden.

Die angezeigten Filterparameter auf der Registerkarte "Digital Filter" im Fenster "Motion Tools" sind temporäre Werte. Bei Bedarf, können diese aus der "System Data" Maske geholt werden mit dem Button "Load Data from System". Vor dem Speichern der hier ermittelten Werte müssen diese temporären Werte in die "System Data" Maske übertragen werden mit dem Button "Update System Data". Änderungen, die in der Registerkarte "Digital Filter" im Fenster "Motion Tools" gemacht werden, werden im Lageregler erst wirksam, wenn der Button "Update Filter" geklickt wurde. Dies darf vor der Überprüfung des Verhaltens neuer Einstellwerte nicht vergessen werden.

Standard-Regler

Bei Verwendung eines Drehzahlreglers sind die nachfolgend aufgeführten Filterparameter einzustellen:

K_p , K_i , k_{fcv}

Alle anderen Parameter bleiben auf 0. Lediglich bei schlecht gedämpften Systemen, kann die Einstellung mit Hilfe von K_d verbessert werden. Bei dieser Anleitung wird vorausgesetzt, daß der Anwender mit den Menüs und Begriffen des Programms mcfg unter Win32 vertraut ist. Die Vorgehensweise zum Übernehmen geänderter Filterparameter (Update Filter) und zum Starten und zurückfahren von Trapez-Profilen sowie die Anzeige der Verfahrbewegung in einem Grafikfenster muß bekannt sein.

Weiterhin wird vorausgesetzt daß der Anwender sich bewusst ist, daß die Achsen z.T. ungerregelt verfahren werden und daß es jederzeit möglich ist, daß z.B. durch eine Falscheingabe unerwartete Verfahrbewegungen durchgeführt werden. Deshalb muß gewährleistet sein, daß der entsprechende Motor frei drehen kann oder daß jederzeit ein Stopp per Not-Aus-Abschaltung oder sonstige Vorrichtungen gewährleistet ist.

Vorabmessungen

Zunächst wird eine Verfahrbewegung im Open-Loop aufgezeichnet. Hierbei muß überprüft werden ob die Drehrichtung stimmt (positive Ausgabewerte müssen positive Zählrichtung bewirken) und ob das Einschwingverhalten des Drehzahlreglers einem ordnungsgemäßen System entspricht (in etwa e-Funktion beim Einschwingverhalten der Ist-Drehzahl). Gegebenenfalls muß zunächst der Drehzahlregler richtig eingestellt werden. Ansonsten ist die Einstellung des überlagerten Lagereglers nur bedingt möglich.

Einstellung von K_p

Die Achse wird mit einem Trapez-Drehzahl-Profil mit geeigneten Beschleunigungsrampen und mit geeigneter Maximalgeschwindigkeit verfahren. Der Verfahrweg sollte so groß sein, daß für Beschleunigungsbereich, linearer Verfahrbereich und Bremsbereich jeweils ca. 1/3 der Verfahrzeit benötigt wird. Nun wird der Proportionalitätsfaktor K_p experimentell ermittelt von kleinen Werten (ca.

0,1) beginnend bis der Istwert dem Sollwert bestmöglich nachfolgt ohne daß jedoch Stabilitätsverschlechterungen sichtbar sind. Realistische Werte liegen zwischen 0,1 und 10. Der so gefundene Wert für K_p wird notiert.

Einstellung von k_{fcv}

Danach wird K_p wieder auf 0 gesetzt und der Geschwindigkeitsvorsteuerkoeffizient k_{fcv} wird auf ähnliche Weise wie K_p ermittelt. Hier wird jedoch mit dem Wert 1 begonnen. Realistische Werte liegen hier ca. zwischen 10 und 200. Dieser Parameter wird so abgeglichen, daß die Maximalgeschwindigkeit beim Soll- und Istwertverlauf auf gleichem Niveau liegen. Der gefundene Wert wird notiert.

Vorsicht: Bei dieser Einstellung wird das System nur gesteuert betrieben, d.h. es wird ein Drehzahlsollwert ausgegeben der dem Soll-Drehzahlverlauf proportional ist (Trapezverlauf). Hier zeigt sich in manchen Fällen ein Überschwingen besonders nach dem Ende der Beschleunigungs- und der Bremsphase. Weiterhin sind durch ungünstig gewählte Faktoren unerwartet große oder schnelle Verfahrbewegungen möglich. Das System darf ausserdem nicht unbeaufsichtigt in diesem Zustand verbleiben, da die Achsen ansonsten wegdriften und Schaden anrichten können.

Nach der Ermittlung von k_{fcv} sollte zunächst der Regelkreis geöffnet werden, um sprungartige Verfahrbewegungen durch Reaktivierung des Proportionalreglers zu vermeiden.

Gemeinsame Einstellung von K_p und k_{fcv}

Nun werden bei K_p und k_{fcv} die notierte Werte eingetragen. Wenn nun verfahren wird sollte die Achse stabil sein. Der Istgeschwindigkeitsverlauf sollte dem Sollgeschwindigkeitsverlauf ohne nennenswerten Versatz folgen. Lediglich am Ende von Beschleunigungs- und Bremsrampe sind ggf. Überschwinger bzw. Einschwingvorgänge sichtbar. Im Allgemeinen muß der Wert von K_p an dieser Stelle noch etwas nach unten korrigiert werden um das Regelverhalten zu verbessern bzw. um ein Optimum zu finden. Optimum heißt jedoch nicht daß der Überschwinger verschwunden ist.

Optionaler D-Anteil

Falls das Einschwingverhalten nicht ohne Überschwinger einstellbar ist, kann dieser in vielen Fällen durch Hinzufügen eines D-Anteils (K_d) eliminiert werden. Wenn dieser Wert gefunden wurde, kann K_p normalerweise noch weiter erhöht werden. Realistische Werte liegen hier zwischen 0,001 und 1.

Zur experimentellen Einstellung ermittelt man zunächst K_p und k_{fcv} , wie in dieser Application-Note beschrieben und stellt diese so ein, dass der Zielpunkt mit einem Überschwinger erreicht wird (Position und/oder Geschwindigkeit). Danach fügt man per K_d einen D-Anteil hinzu. Es wird mit einem kleinen Wert, z.B. 0,001 begonnen. Dieser wird nun sukzessive verdoppelt und dabei das Regelverhalten beobachtet. Der richtige Wert ist gefunden, wenn der Überschwinger minimiert ist. **Aber Vorsicht: Bei einem beliebigen Wert kann der Lageregelkreis nur durch geringfügige Erhöhung instabil werden.**

Wenn ein geeigneter Wert gefunden wurde, kann i.A. auch K_p weiter erhöht und somit die Steifigkeit des Regelkreises erhöht werden.

Einstellung von K_i

Zur Kompensation des Eingangsoffsets des Drehzahlreglers kann ein I-Anteil hinzugefügt werden. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn in der Lageregelung die Positioniergenauigkeit nicht ausreicht. Hier ist zu beachten, daß sich diese durch Temperatur- und Langzeiteffekte verändern kann. Wenn nach Verfahrprofilen keine Regelabweichung sichtbar ist, kann der I-Anteil normalerweise auf dem Wert 0 verbleiben.

K_i muß ebenfalls experimentell bestimmt werden. Realistische Werte liegen zwischen 0,1 und 100. Dieser Wert wird langsam erhöht. Stabilität und Einschwingverhalten dürfen sich nicht verschlechtern.

Der Filterparameter kpl

Der Wert von kpl kann in den meisten Fällen bei 0 belassen werden und hat somit keine Wirkung. Bei Bedarf können jedoch mit diesem Wert zwei unterschiedliche Regleroptionen aktiviert werden. Welche dieser Optionen aktiviert wird, wird mit dem Vorzeichen des Wertes festgelegt.

Positive Werte in kpl

Bei positiven Werten in kpl hat dieser Wert die Bedeutung einer Verzögerungszeitkonstante für einen realen D-Anteil. Insbesondere bei kleinen Abtastzeiten und bei hoher Reglerhärte kann es leicht sein, dass die Reglerstellgröße in die Übersteuerung gerät und der Regler somit nichtlineares Verhalten zeigt. Mit dieser Zeitkonstante wird die Dauer einer D-Sprungantwort verlängert aber dafür die Amplitude verkleinert. Die Einheit von kpl ist in Sekunden. Realistische Werte liegen zwischen 0.0002 und 0.01 s.

Negative Werte in kpl

Bei negativen Werten in kpl hat dieser Wert die Bedeutung einer Verzögerungszeitkonstante im Stellgrößenkanal. Damit kann in vielen Fällen ein Überschwingen beim Einfahren in die Zielposition, welche durch die Vorsteuerung, obwohl optimal angepasst, verursacht wird. Die Einheit von kpl ist in -Sekunden. Realistische Werte liegen zwischen -0.0002 und -0.01 s.

Änderung der Abtastzeit

Falls die Abtastzeit eines Systems geändert werden soll hat dies Einfluss auf den Geschwindigkeitsvorsteuerkoeffizienten kfcv. Falls Dieser nicht neu ermittelt werden soll kann er auch durch Berechnung ermittelt werden.

Der Wert von kfcv ist im gleichen Verhältnis zu verkleinern wie die Abtastzeit erhöht wird bzw. ist im gleichen Verhältnis zu erhöhen, wie die Abtastzeit vermindert wird.

Wird zum Beispiel die Abtastzeit halbiert, so ist kfcv zu verdoppeln.

Der Beschleunigungsvorsteuerkoeffizient ist ggf. ebenfalls anzupassen, allerdings mit dem Quadrat des Verhältnisses. Die anderen Filterparameter können i.A. erhalten bleiben.

Übernahme der Werte in das File SYSTEM.DAT

Nachdem die optimalen Einstellungen gefunden sind müssen die gefundenen Werte gespeichert werden. Hierzu wird zunächst der Button „Update System Data“ angeklickt. Dadurch werden die Werte in das Fenster „System Data“ übernommen. Dieses Fenster muß danach z.B. mit Ctrl-S geöffnet werden. Nun kann z.B. mit einem Klick auf das Diskettensymbol gespeichert werden. Dadurch werden die Werte in SYSTEM.DAT gespeichert und stehen somit bei der nächsten Session oder der Applikation zur Verfügung.