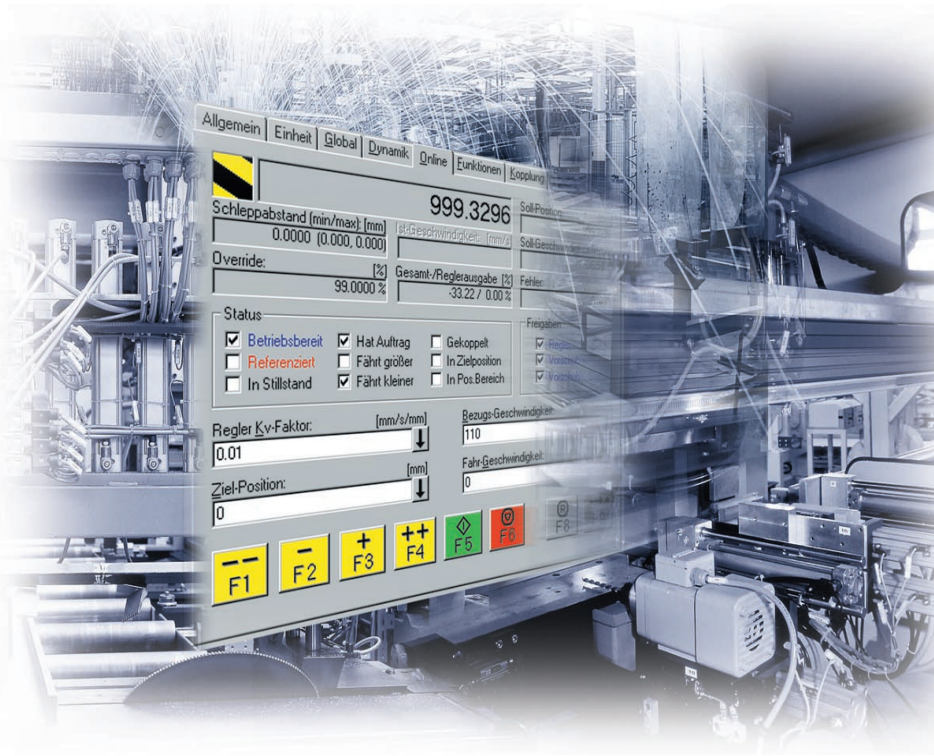


Holger Büttner

Antriebsregelungen mit PC Control und Profibus MC

Mit der Variante Motion Control erobert Profibus jetzt auch das Anwendungsfeld der Antriebe. So hat das Unternehmen Beckhoff mit dieser Profibus-DP-Erweiterung bereits eine Antriebsregelung auf Basis der eigenen PC-Steuerung und Antrieben von Siemens realisiert.



Die Leistungssteigerungen der PC-Technologie im Quartalsrhythmus haben zur Folge, daß die Evolution der Standardrechner – zur Zeit ist dies der PC – in viel schnelleren Schritten vor sich geht, als dies bei den Automatisierungsrechnern der Fall ist, zu denen die klassischen speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS), die Numerischen Steuerungen (NC/CNC) und die Prozeßrechner zählen. Dies hat dazu geführt, daß der PC Einzug in der Automatisierungstechnik gefunden hat und sich heute ohne weiteres per PC sowohl SPS- als auch NC-Steuerungen realisieren lassen, die eine deterministische, zyklische Bearbeitung im Millisekundentakt gewährleisten.



Holger Büttner ist seit 1996 bei Beckhoff tätig und Mitglied des PNO-Arbeitskreises, der sich mit der Spezifikation und der Erweiterung des Profibus-DP-Protokolls beschäftigt.

Die Leistungsfähigkeit dieser PC-Steuerungen legt nahe, auch schnelle Prozesse wie die Lage-
regelung von Antrieben durch Soft-NC-Regler durchführen zu

lassen, um z.B. die Komplexität von Antrieben zu reduzieren. Die dazu notwendige taktgenaue, synchrone Erfassung des Lage-Istwertes bzw. die Vorgabe des Sollwertes kann hierbei, wie im folgenden beschrieben, über den Feldbus Profibus MC erfolgen, der voll kompatibel zu Profibus DP ist.

Das Profil einer Soft-NC

Die Lageregelung zur Achspositionierung muß deterministisch erfolgen, was bedeutet, daß die PC-CPU im Zyklus des Lagereglers (z.B. 1 ms) die Istposition des Antriebes ermittelt und einen Geschwindigkeitsvektor zu den Antriebsverstärkern überträgt. Alle

Koordinierungsfunktionen zwischen den Antrieben führt sinnvollerweise die zentrale PC-Steuerung aus. Die entsprechenden Signale an die Antriebe müssen im Lageregelungstakt über den Feldbus übertragen werden. Sinnvollerweise sollte eine auf einem PC betriebene SPS/NC-Software alle üblichen Antriebstypen ansteuern können, also
➔ Servoverstärker,
➔ Frequenzumrichter,
➔ geschaltete Motoren,
➔ und Schrittmotoren.
Kommt ein schneller deterministischer Feldbus zum Einsatz, ist es möglich, den Lageregler vom (Servo-)Antrieb zu trennen und auf der

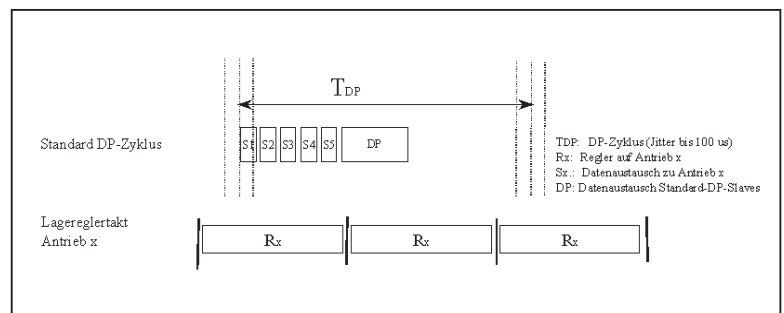


Bild 1. Der Standard-DP-Zyklus: Sollen Antriebsregelkreise an Profibus-DP betrieben werden, so lassen sie sich nicht mit dem DP-Zyklus synchronisieren.

CPU des PC zu installieren. Das heißt, die PC-CPU berechnet die Bewegungsbahn und führt die Vorsteuerung mit „Look ahead“-Algorithmus aus. Der Lageregler eliminiert dabei auftretende Schleppabstände. Hinzu kommt, daß auf dem PC-System alle achsspezifischen Daten abgelegt werden, also auch die typischerweise im Servoverstärker hinterlegten Werte.

Die E/A-Komponenten geben im Lagereglerzyklus und deterministisch (also ohne schwankende Zykluszeit) einen Geschwindigkeitsbefehl aus und lesen die Istposition der Achse ein, der Servoverstärker verfügt nur noch über standardisierte Grenzwert-Einstellungen. Auf diese Weise läßt sich die gesamte E/A-Hardware bis hin zum Motor schnellstens gegen identische Ersatzteile austauschen, keine Einstell- und Programmierarbeiten behindern die Wiederinbetriebnahme.

Ein Lageregler in dieser Form benötigt auf modernen Prozessoren nur noch eine sehr kurze Bearbeitungszeit pro Achse. Deshalb können heute schon einige Dutzend Achsen gemeinsam mit SPS-Aufgaben und HMI-Bedienprogramm

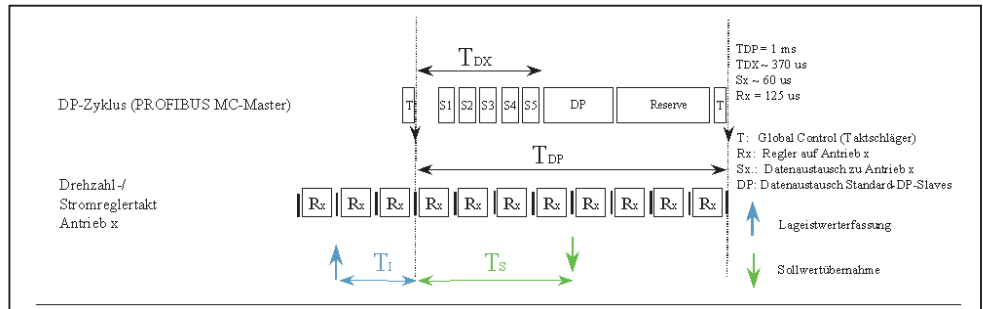


Bild 2. Der DP-Zyklus unter Profibus MC: Die Drehzahlregelkreise werden auf den DP-Zyklus synchronisiert.

auf einem PC ausgeführt werden (s. auch *Kasten*).

Das Feldbussystem Profibus DP ist für den schnellen zyklischen Datenaustausch insbesondere bei Master/Slave-Systemen mit dezentralen Feldgeräten verbreitet. Dabei sendet der Master in einem Zyklus an jeden Slave ein Telegramm, wie *Bild 1* zeigt.

Antriebslösungen mit Profibus DP zu realisieren, ist deshalb kritisch, weil die Antriebsregelkreise nicht mit dem DP-Zyklus synchronisiert sind. Der Telegrammverkehr erfolgt zwar zyklisch, der Jitter kann aber bei einer Übertragungsrate von 12 Mbaud bis zu 100 µs betragen und addiert sich auch bei den meisten Mastern nicht zu 0. Ein

möglichst kleiner Jitter, der sich in der Summe zu 0 addiert, ist aber die Voraussetzung, damit sich eine zyklische Slave-Applikation (z.B. ein Antriebs-Drehzahlregelkreis) auf den Empfang des zyklischen Telegramms synchronisieren kann. Bei Profibus MC sieht es etwas anders aus: Hier werden die Antriebsregelkreise über das Global-Control-Broadcast-Telegramm am Anfang eines jeden DP-Zyklus synchronisiert. Weiterhin werden die Zeitpunkte der Istwert-Übergabe und Sollwert-Übernahme im Antrieb bei Profibus MC während einer Initialisierungsphase eingestellt. Alle Zeitinformationen, wie z.B. die Zykluszeit des Drehzahlreglers im Antrieb, sind standardisiert, werden per GSD-Datei im Profibus-DP-Konfigurator eingelesen und stehen bei der Berechnung der Synchronisations-Zeitpunkte zur Verfügung.

Bild 2 zeigt den Ablauf eines DP-Zyklus in Verbindung mit den Antriebsregelkreisen. Mit dem Takt schläger synchronisieren sich die Drehzahlregelkreise der Antriebe auf den DP-Zyklus. Durch die Einstellung der Sollwert-Übernahme- bzw. Lage-Istwert-Erfassungszeitpunkte erhält der NC-Regler einen deterministischen Lage-Istwert, der für die Lageregelung notwendig ist. Weiterhin ist in *Bild 2* der Zeitpunkt der Sollwert-Übernahme so gewählt, daß er für alle Antriebe gleich ist. Obwohl die Telegrammfolge sequentiell ist, können somit alle Antriebe miteinander synchron-

Die Vorteile der PC-Steuerung

Die Bearbeitung auf einer zentralen CPU hat viele Vorteile und eröffnet Freiheiten bei der Realisierung von speziellen Bewegungsfunktionen:

- Die NC-Softwarestruktur erlaubt eine dreistellige Anzahl von Achsen, Kanälen und Spindeln.
- Nahezu beliebig große Satzprogramme sind realisierbar.
- Eine offene Schnittstelle durch die reine PC-Entwicklungsumgebung ist gegeben.
- Frei definierbare Override-Funktionen sind möglich.

→ Kaskadierbare Master-Slave-Achskopplungen in 1:N:M-Struktur sind machbar.

- Elektronische Getriebe (beliebiger Faktor) lassen sich realisieren.
- Nockenschaltwerke und Kurvenscheiben sind als Software-Funktion umsetzbar.
- Signalquellen für Achsposition, Override etc. sind frei definierbar.
- Ein digitales Scope für die SPC- und Hüllkurven-Überwachung läßt sich auf dem PC mit installieren.

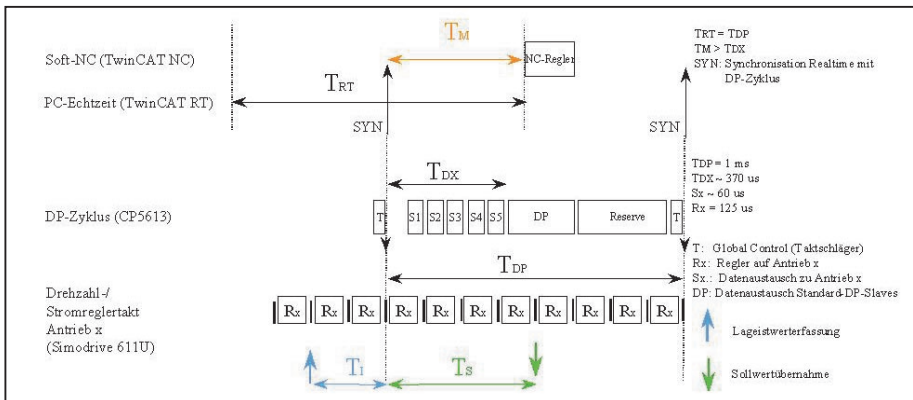


Bild 3. Eine Lageregelungsapplikation: Der NC-Regler und die Drehzahlregelkreise erhalten zum gleichen Zeitpunkt das Synchronisationssignal.

nisiert werden. Zur Überprüfung der Synchronisation wird sowohl vom Drehzahlregler auf dem Antrieb als auch vom Lageregler in der Soft-NC ein Lebenszeichenzähler übertragen, mit dem ein Zyklusausfall sofort erkannt wird. Ein kurzzeitiger Ausfall ist durch das Abschätzen des Sollwertes noch tolerierbar, bei einem lange andauernden Ausfall reagiert der Antrieb allerdings mit einer entsprechenden Ausfallstrategie. Standard-DP-Slaves werden wie bisher behandelt, sie werten den Global-Control-Broadcast nicht aus. Daher ist es mit dem Feldbus Profibus MC möglich, sowohl Antriebe über den Profibus zu regeln als auch zyklisch Informationen mit dezentralen Feldgeräten auszutauschen, was ihn von anderen speziellen Antriebsfeldbussen unterscheidet.

Der Praxisfall

Eine erste Applikation zur Lageregelung von Antrieben über Profibus MC realisierte Beckhoff mit der Automatisierungssoftware TwinCAT (Beckhoff) als PC-Echtzeit-Erweiterung und Soft-NC sowie mit der PCI-Interfacekarte CP5613 als Profibus-MC-Master und Simodrive-611U-Antrieben. *Bild 3* zeigt die Synchronisation zwischen den einzelnen Komponenten. Das Ende des Global_Control-Broadcast-Telegramms löst sowohl in den Antrieben als auch im PC

einen Interrupt aus, so daß Master-Applikation (NC-Regler) und Slave-Applikationen (Drehzahlregelkreise) zum gleichen Zeitpunkt das Synchronisationssignal empfangen. Grundsätzlich ist es so, daß alle drei Applikationen (NC-Regler, DP-Zy-

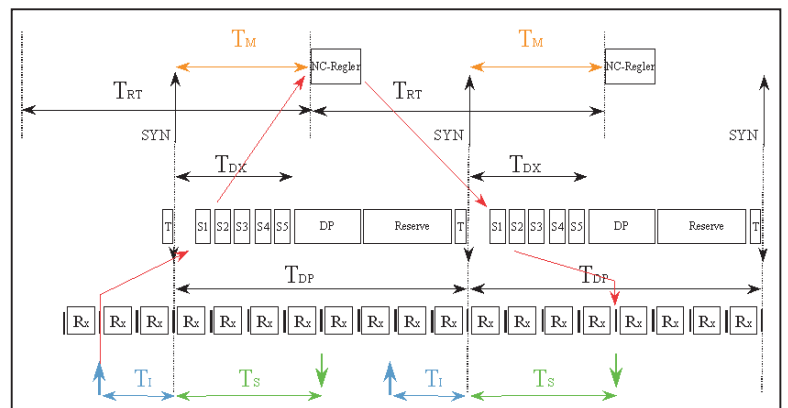


Bild 4. Die Reaktionszeit von der Erfassung des Lage-Istwertes bis zur Übergabe des daraus resultierenden Sollwertes.

klus und Antriebsregelkreis) jede für sich zyklisch ablaufen. Durch das Synchronisationssignal wird einerseits in der Anlaufphase der Zyklus der Slave- bzw. Master-Applikation so verschoben, daß er bei Empfang des Synchronisationssignals bzw. mit einer parametrisierten Verschiebung (T_M) beginnt. Der Startzeitpunkt des NC-Reglers wird so gewählt, daß er möglichst kurz nach dem Ablauf des letzten Antriebstelegramms (S5 in *Bild 3*) erfolgt, um eine kurze Reaktionszeit zu erreichen.

In *Bild 4* erfolgt jetzt eine Betrachtung der Reaktionszeit, das heißt der Zeit, die von der Erfassung des Lage-Istwertes bis zur Übergabe des daraus resultierenden Sollwertes vergeht (In *Bild 4*: $T_I + T_{DP} + T_S = 1,75$ ms). Bei einer DP-Zykluszeit von $500 \mu s$ kann sie je nach Anzahl der Antriebe bis auf $875 \mu s$ reduziert werden ($T_I = R_X$, $T_S = 2 \times R_X$). Da dem NC-Regler aber die genaue Zeitdifferenz zwischen Lage-Istwert-Erfassung und NC-Zyklus bekannt ist, kann der zu übertragende Sollwert entsprechend interpoliert werden, so daß die wirkliche Reaktionszeit eigentlich noch kleiner ist. Bei einer NC-Reglerbearbeitungszeit von $200 \mu s$ können noch elf Simodrive-611U-Antriebe mit einem DP-Zyklus von 1 ms und einer Reaktionszeit von $1,875$ ms betrie-

ben werden ($T_M = 750 \mu s$, $T_I = 125 \mu s$, $T_S = 750 \mu s$). Mit Profibus MC als kombiniertem Feldbus zur Antriebsregelung und Übertragung von dezentralen I/Os für PC-Steuerungssysteme wie TwinCAT ist es also möglich, neben den Steuerungsapplikationen auch Antriebsregelungen zentral zu bearbeiten. Somit können Achsen einfach miteinander synchronisiert sowie die Komplexität von Antrieben reduziert werden. Für die Übertragung der Signale ist nur noch ein einziger Feldbus notwendig. hap