

IEE

Elektrische Automatisierung + Antriebstechnik

Hannover Messe 2015

**Das Schaufenster
der Industrie 4.0**

Seite 8

Stromversorgung

**Expertenrunde diskutiert
über intelligente Netzteile**

Seite 38

Visualisierungskonzept

**Mit Datenbrillen und OPC UA
sieht der Bediener mehr**

Seite 50

Christian Mische, Beckhoff Automation

Smarte Motion Control



1925-2015

90 JAHRE



Hüthig

FOKUSTHEMA
Automatisierungs-Apps
im Überblick
Seite 54

Kompakte Regelungs-Power

Auf der SPS IPC Drives in Nürnberg und auf der Hannover Messe war er das Highlight bei Beckhoff Automation: der modulare Servoverstärker AX8000. Mit deutlich reduziertem Bauvolumen und neuen Funktionen, wie der FPGA-basierten Stromregelung und dem werkzeuglosen Verbindungssystem, will Beckhoff Automation vor allem in Asien, Amerika und Europa die Marktstellung als Antriebshersteller ausbauen. Produktmanager Christian Mische zur Strategie.

Worauf fokussierten denn die Besucher auf den Messen?

Das Hauptaugenmerk lag auf kompakter Bauform und einfacher Installation sowie auf den integrierten Safety-Funktionen. Ein weiteres Highlight waren die extrem kurzen Reglerzyklen in Verbindung mit der FPGA-basierten Regelung.

Anders als die Baureihe AX5000 ist die neue Generation AX8000 von Grund auf als modulares System konzipiert: Man wählt das geeignete Einspeisemodul, das zum Spannungssystem des Bestimmungsorts und zur Leistung passt, ergänzt es mit den Achsmodulen und eventuell benötigten Optionen und verbindet die Komponenten mit der integrierten AX-Bridge. Dabei baut die Lösung wesentlich kleiner als das AX5000-System.

Wie viel kleiner denn?

In jeder Dimension haben wir die Abmessung um 30 % verkleinert. In Summe sind das 66 % weniger Volumen für ein Achsmodul.

Wie bringen Sie bei der hohen Packungsdichte die Verlustleistung aus dem Gerät heraus, um ein frühes Derating zu vermeiden?

Bei der kompakten Bauform können wir trotz Hochleistungskühlkörper nicht mehr mit natürlicher Konvektion arbeiten. Um die Verlustleistung überhaupt abführen zu können, sind Lüfter erforderlich, die den Wärmestrom garantieren. Allerdings regeln wir die Lüfterdrehzahl abhängig von der Kühlkörpertemperatur.

Wird das akzeptiert? Bei den Industrie-PCs will man wegen der MTBF und Wartung doch möglichst ohne Lüfter auskommen.

Ziel für uns waren die kompakte Bauform in Kombination mit einer möglichst hohen Leistungsdichte. Und da gibt es nur zwei Möglichkeiten: einen Lüfter zu akzeptieren oder die Wärme über eine Cold Plate mit Wasserkühlung aus dem Schaltschrank zu bringen. Auch das ist eine Variante, die auf unserer Roadmap steht.

Spielt die Baugröße denn eine so große Rolle?

Die Baugröße und vor allem die Bautiefe zu reduzieren, war uns wichtig, unter anderem auch, um uns den asiatischen Markt für die Antriebstechnik weiter zu erschließen.

Die neue Baureihe passt also in 300 mm tiefe Schaltschränke und damit unter und in die Maschinen.

Wir sehen einen Trend weg vom externen Schaltschrank, hin zur Integration in die Maschine. Damit steht zwangsläufig auch weniger Platz zur Verfügung. Wir benötigen sogar nur 192 mm Tiefe und passen damit in die marktüblichen 210-mm-Schränke. Zudem muss dann natürlich alles einfach handhabbar sein. Schließlich verschwinden die Servoverstärker zusammen mit dem Schrank in oder unter der Maschine. Auch dazu haben wir uns intensiv Gedanken gemacht und die Anschluss technik komplett überarbeitet.



„ Der im FPGA realisierte Stromregler ist im Markt ein Novum.“

Christian Mische

Und das Ergebnis ist die AX-Bridge

Hinsichtlich Montage- und Anschlusstechnik hatten wir bei der Entwicklung stets die Einbausituation im Hinterkopf: kleine Schaltschränke, eingebettet im Maschinensockel.

Die neue AX-Bridge ist bei der AX8000-Serie daher jetzt werkzeuglos zu verbinden und im Gerät integriert. Die Basis bildet ein Schiebemechanismus, mit dem wir sowohl den Zwischenkreis, PE als auch Ethercat und die 24 V zwischen den Modulen zuverlässig und schnell verbinden: einfach durch Verschieben und Einrasten der Federzugklemmtechnik. Im Vergleich zur Bridge des AX5000 mit insgesamt 18 Schraubkontakten geht die Installation nun wesentlich schneller.

Standardmäßig nutzen wir weiterhin die bewährte One-Cable-Technologie OCT, die nochmals überarbeitet wurde: Beim AX8000 kommt ein optimierter Steckverbinder zum Einsatz, der automatisch einrastet und sicher verbindet und der auch wieder entriegelt werden kann. Gleichzeitig fixiert der Stecker das Schirmblech. Das Schrauben entfällt!

Wie ist das System nun aufgebaut?

Wir sind unserer Philosophie treu geblieben – keine externen Komponenten, keine versteckten Kosten. Daher ist im Einspeisemodul der Netzfilter bereits integriert, ebenso wie ein interner Bremswiderstand und ein Brems-Chopper.

Insgesamt gibt es vier Einspeisemodule, jeweils zwei mit 20 und 40 A. Zwei Einspeisemodule sind für Netze von 100 bis 230 V geeignet. Mit diesen Spannungsebenen adressieren wir speziell den asiatischen und amerikanischen Markt. Abgestimmt auf diese Spannungen bieten wir auch Servomotoren der Baureihe AM8000 mit optimierten Wicklungen an. Für die europäischen und nordamerikanischen Netze mit 400 und 480 V gibt es ebenfalls zwei Einspeisemodule mit 20 und 40 A. Diese Versionen haben bei gleichem Formfaktor dann die doppelte Leistung.

Und welche Achsmodule stehen zur Verfügung?

Die Achsmodule gibt es einachsrig für Motoren bis 8 A in 60 mm Breite. Die Anpassung an den angeschlossenen Motor erfolgt →

Interview mit Christian Mische, Beckhoff Automation

über unsere spezielle Motorstrommessung. Sie ist die Voraussetzung, um mit einem einzigen Modul den Bereich von 1 A bis 8 A Motornennstrom abzudecken.

Das gleiche Prinzip kommt auch bei dem 90 mm breiten 18-A-Modul zum Einsatz. Besonders platzsparend ist das 60 mm breite Doppelachsmodul mit zweimal 6 A Nennstrom. Der Summenstrom kann dabei variabel genutzt werden, sodass an einem Kanal zum Beispiel ein 3-A-Motor betrieben werden kann und am anderen Kanal ein 8-A-Motor. Dies führt zu einer erhöhten Flexibilität innerhalb der Maschine.

Die Module sind mit der werkzeuglosen AX-Bridge wesentlich schneller zum Antriebssystem kombiniert.

Christian Mische

Dann haben wir noch ein optionales Kondensatormodul entwickelt. Vor allem bei einer einphasigen Einspeisung beeinflusst der Spannungsrippel im Zwischenkreis die Regelgüte. Auch könnte die Spannung im Zwischenkreis bei starken Beschleunigungen einbrechen. Abhilfe schafft das Kondensatormodul. Gleichzeitig puffert es die anfallende Bremsenergie und stellt diese für spätere Beschleunigungsvorgänge wieder effizient zur Verfügung, statt die Energie im Bremswiderstand zu vernichten.

Warum ist die schnelle Strommessung so wichtig?

Die neue Prozessorgeneration beschleunigt die Strommessung und alle nachgelagerten Regelkreise. Wir messen den Strom innerhalb einer Mikrosekunde in einem FPGA und können auf Änderungen umgehend reagieren. Beim Stromregler erreichen wir 16 µs Zykluszeit.

Das gibt uns die Möglichkeit, den Geräteschutz im Verstärker zu integrieren. Ein Beispiel: Wenn bei einer Positionierfahrt der Motor gegen ein Hindernis auf Block fährt, würde normalerweise der Strom unzulässig ansteigen. Der Verstärker merkt diese Anomalie sofort und begrenzt den Strom innerhalb einer Mikrosekunde auf den Nennwert. Das heißt, weder Motor noch Regler können überlastet werden. Die eigentliche Abschaltung erfolgt dann über die Schleppfehlerüberwachung.

Beim Positionsregler erreichen wir mit dem Dual-Core-Prozessor 31,25 µs. So schaffen wir pro-



blemlos die 62,5 µs des Ethercat-Zyklus, was der Präzision bei Positionierungen und Bahnfahrten zu Gute kommt.

Darüber hinaus stellen wir unseren Kunden optional eine Twincat-Runtime je Achsmodul zur Verfügung. Teile der Firmware sind in sogenannten TCOM-Objekten geschrieben, also modular aufgebaut. Das sind zum Beispiel die Geschwindigkeits- oder Positionsregelung, Filter oder Observer.

Das System passt in 210 mm tiefe Schränke und damit direkt in oder unter die Maschine.

Christian Mische

Und worin besteht der Vorteil dieser Twincat-Runtime?

Wenn ein Anwender der Meinung ist, er hat eine dieser Funktionen besser gelöst als Beckhoff, kann er unser Software-Modul durch sein eigenes ersetzen. Er könnte also in der Runtime jedes einzelne TCOM-Objekt optimieren, um die Regelungsgüte seiner spezifischen Applikation zu verbessern. Hinsichtlich Produkt- und Versionspflege wäre es für jeden Hersteller aufwendig, solche kundenspezifischen Features in der Standard-Software zu implementieren und über Jahre vorzuhalten. Mit dem TCOM-Konzept schaffen wir hier Differenzierungsmöglichkeiten für unsere Kunden. Die Runtime arbeitet allerdings ausschließlich achsbezogen und kommuniziert nicht mit anderen Achsen.

Ist der Trend zu kompakten Schaltschränken im Maschinenbau so ausgeprägt, dass Schaltschränke künftig komplett verschwinden?

Das würde ich nicht sagen. Wir sehen einen Trend, dass in einigen Applikationen Platz in der Maschine geschaffen wird, um die langen Motorleitungen zu eliminieren. Leitungen kosten viel Geld, ohne in irgendeiner Form Nutzen zu bringen. Dementsprechend haben sich einige Kunden überlegt, den Platz unter der Maschine zu nutzen und einen Teil der Automatisierung in die Maschine zu verlagern. Das reduziert auch die Leitungslänge. Aber es gibt ja noch weitere Automatisierungskomponenten, die ebenfalls Platz in einem Schrank benötigen.

Beckhoff bietet bereits ein breites Spektrum an IP67-Komponenten. Ist es denkbar, die Servoantriebe anders zu verpacken und noch näher am Motor zu platzieren?



Solche Überlegungen gibt es sicherlich. Im Moment sehen wir hierfür aber keine Notwendigkeit im Bereich der Servotechnik. Zumal das den Ansatz, Leitungen einzusparen, konterkarieren würde. Seit wir OCT in den Markt eingeführt haben, verkaufen wir fast ausschließlich Motoren mit dieser Anschlusstechnik. Der Grund: Die Leitungs- und Anschlusskosten reduzieren sich. Bei dezentralen Antrieben in IP65 wären wieder Leitungen für Energieversorgung, DC-Zwischenkreis, 24 V und Kommunikation notwendig. Ob sich das unter dem Strich für den Maschinenbauer rechnet?

Servoantriebe sind die Rennwagen in der Automation. Spielt hier Energieeffizienz überhaupt eine Rolle?

Energieeffizienz ist definitiv ein Thema. Dabei spielt die optimale Achsauslegung eine ebenso wichtige Rolle wie die Verlustleistung der einzelnen Komponenten. Energie spart das Kondensatormodul, indem es Bremsenergie puffert und im nächsten Maschinentakt den Achsen wieder zur Verfügung stellt. Weiterhin haben wir Funktionen realisiert wie die reduzierte Bremspannung. Ähnlich wie bei Magnetventilen kann man nach dem Öffnen der Bremse die Haltespannung verringern. Das spart ebenfalls Energie, weil die Haltebremse ja während der

Motorbewegung elektrisch offen gehalten werden muss.

Bei den Servomotoren setzen wir auf die Einzelzahnwicklung. Sie ermöglicht es, mehr Kupfer im gleichen Bauraum unterzubringen. Mehr Kupfer heißt mehr Drehmoment bei gleichem Motorvolumen.

Zudem sorgt die schnelle Regelungstechnologie im Servoverstärker in Verbindung mit unserer schnellen XFC-Technologie grundsätzlich für kürzere Taktzeiten.

Wie ist hier der Zusammenhang?

Lässt sich ein Sensor durch XFC schneller abtasten, steht er eventuell schon einen Regelungszyklus früher im PC zur Verfügung und kann eher ausgewertet werden. Dementsprechend ermittelt Twincat die Stellgrößen früher, die Maschine reagiert früher und der Maschinentakt steigt. In Summe betrachtet

erreicht man so einen spürbar höheren Produktionsausstoß bei gleichem Energieeinsatz, allein aufgrund der schnelleren Steuerungstechnik. Bei Verpackungsmaschinen ist der Effekt besonders deutlich spürbar.

Warum sollte ein Maschinenbauer künftig noch die AX5000 einsetzen?

Ziel ist nicht, den AX5000 zu ersetzen oder unsere Kunden zu einem Wechsel zu bewegen. Dazu gibt es keinen Grund. Mit dem AX8000 wollen wir den Anforderungen des Marktes gerecht werden, welche darin bestehen, immer mehr und kleinere Servoachsen in Maschinen zu integrieren, um damit die Flexibilität, Genauigkeit und Geschwindigkeit der Anlagen zu erhöhen. Beide Produktreihen haben ihre Daseinsberechtigung.

Woran machen Sie das fest?

Punkt 1: Das AX5000-Spektrum reicht mittlerweile von 1,5 A bis 170 A. Der AX8000 endet aktuell bei 18 A Motor-Nennstrom. Von daher gibt es nur eine geringe Überschneidung. Punkt 2: Der AX5000 unterstützt zahlreiche Fremdmotoren und Gebersysteme. Beim AX8000 liegt der Fokus auf einer möglichst einfachen Inbetriebnahme und Installation. Daher ist das Gerät im Moment nur für die One-Cable-Technologie (OCT) vorbereitet. In Verbindung mit unserer Motorenreihe AM8000 und dessen elektronischen Typenschildern, lassen sich dessen Leistungsreserven optimal nutzen. ←

*Das Interview führte Stefan Kuppinger,
Chefredakteur der IEE.*

” **Der Startschuss für die Baureihe AX8000 fällt im Herbst.**

Christian Mische

” **Zielsetzung war, die AX8000-Reihe möglichst kompakt zu halten.**

Christian Mische

infoDIREKT

750iee0515

www.all-electronic.de
Link zur Produktreihe

Benchmark für Dynamik und Montage

Das Multiachs-Servosystem AX8000 sorgt mit extrem kurzen Regelzyklen für präzise Positionier- und Bearbeitungsvorgänge. Hinzu kommt ein reduzierter Aufwand bei der Montage und Inbetriebnahme. In Verbindung mit den geringen Abmessungen hat das System das Zeug zum Benchmark in dieser Gerätekategorie.

Als Antriebssteuerung eignet sich das Multiachs-Servosystem AX8000 insbesondere bei hohen Anforderungen an Regelgeschwindigkeit und -genauigkeit sowie für eine optimierte Ausnutzung des Bauraums im Schaltschrank. Das Mehrachssystem kann entsprechend der Applikationsanforderungen aus verschiedenen Einspeise-, Ein- und Doppelachsmodule sowie einem Kondensatormodul aufgebaut werden. Mit 230 mm Höhe bei 60 oder 90 mm Breite und 192 mm Tiefe sind die einzelnen Module – und damit auch das komplette System – kompakt und unterstützen so die platzsparende Konstruktion der Schaltschränke.

Für zusätzliche Kostenreduktion sorgen die einfache Montage und Inbetriebnahme. Erreicht wird dies unter anderem durch das jetzt in die Module integrierte Schnellverbindingssystem AX-Bridge, das die Module fehlersicher und werkzeuglos per Federkrafttechnik verbindet; konkret den Zwischenkreis, 24 V DC und Ethercat. Die Arbeitserleichterung endet nicht beim Aufbau des Servosystems. Im Feld spielt die Verdrahtung der Motoren eine ebenso wichtige Rolle. Hier reduziert die One Cable Technology (OCT) in Verbindung mit einem Schnellanschluss-Steckverbinder sowohl auf der Motorseite also auch am Servoverstärker den Aufwand.

Modullandschaft bleibt übersichtlich

Die Einspeisemodule generieren die Zwischenkreisspannung der Achs- und Optionsmodule. Als Ausführungen stehen jeweils zwei 60 und 90 mm breite Varianten für die weltweit verschiedenen Spannungssysteme zur Verfügung: für Asien und Amerika 100 bis 230 V AC mit 20 oder 40 A sowie 400 bis 480 V AC mit 20 und 40 A für Europa und Nordamerika. Alle vier Versionen haben den Bremswiderstand, den Brems-Chopper sowie einen Netzfilter integriert. Somit sind keine weiteren externen Komponenten erforderlich, was sowohl die Teilevielfalt als auch den Platzbedarf reduziert.

Um die gewünschten Achskonfigurationen zu realisieren, stehen ein 60 mm breites Einachsmodule mit 8 A Nennstrom und ein ebenso breites Doppelachsmodule mit zweimal 6 A Nennstrom zur Verfügung. Hinzu kommt ein Einachsmodule mit 18 A Nennstrom, das 90 mm breit baut. Über die skalierbare Motor-

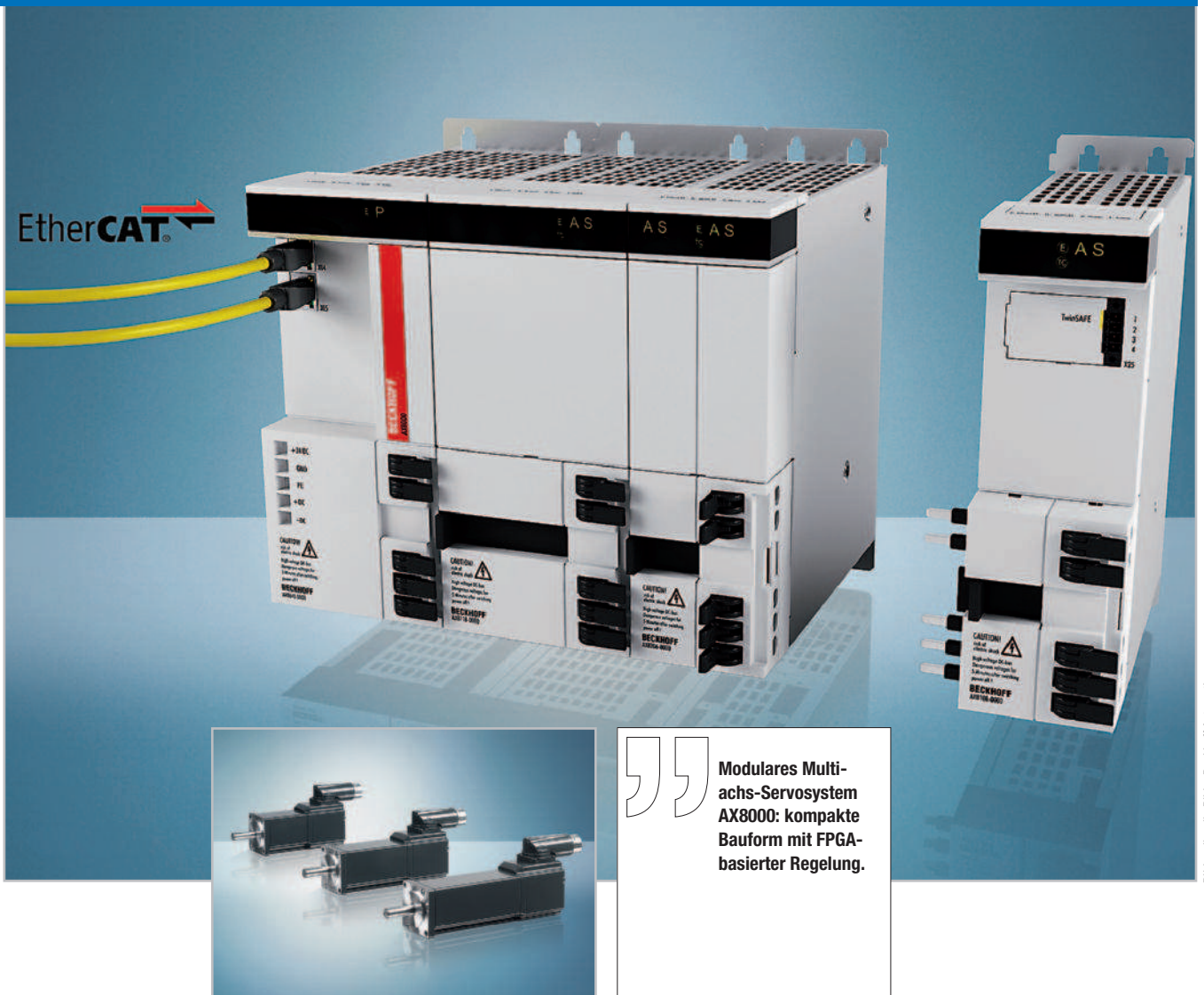
strommessung decken diese Module auch deutlich kleinere Motornennströme ab. Achsmodule unterschiedlicher Leistung können beliebig kombiniert werden, um die Auslegung der einzelnen Achsen zu optimieren. Als Anschlussystem für das Feedback-System und die Motorzuleitung kommt die Einkabellösung OCT zum Einsatz, wie sie auch die Servomotoren-Baureihe AM8000 nutzt.

Jeder Achskanal hat vier digitale Eingänge; zwei davon sind für Onboard-Safety-Funktionen vorkonfiguriert. An Twinsafe-Funktionen werden unterstützt: Stopp-Funktionen (STO, SOS, SS1, SS2), Geschwindigkeitsfunktionen (SLS, SSM, SSR, SMS) mit bis zu acht Geschwindigkeiten, Positionsfunktionen (SLP, SCA, SLI) mit Referenznocken, Beschleunigungsfunktionen (SAR, SMA), Drehrichtungsfunktionen (SDIp, SDIn), Bremsfunktion (SBC) sowie sicher begrenztes Moment (SLT).

Das optionale Kondensatormodule mit einer Kapazität von insgesamt 1755 µF ist dafür gedacht, bei einphasiger Einspeisung den Spannungszwischenkreis zu stützen. Zudem spart das Puffer-Module Energie, indem es auftretende Spannungsspitzen speichert, die beim Abbremsen der Motoren entstehen. Dadurch verhindert das Module weitestgehend das Zuschalten des Bremswiderstands und verringert so die Verlustleistung. Insgesamt senkt das Kondensatormodule die Gesamtanschlussleistung und erlaubt es, die Sicherung kleiner zu dimensionieren.

Logistik und Engineering vereinfacht

Nicht nur der integrierte Netzfilter und der Bremswiderstand vereinfachen die Lagerhaltung, sondern auch die geringere Modulvielfalt. Denn anstelle vieler unterschiedlicher Servoverstärker lässt sich das gesamte Spektrum von Motion Control komplett mit den 8-A- und 18-A-Modulen abdecken. Die Grundlage dafür schafft die skalierbare Motorstrommessung. Für Effizienz im Engineering ist ebenso gesorgt. Kunden mit sehr speziellen Anforderungen an die Achsregelung oder eigenen, proprietären Regelalgorithmen erhalten über die optionale TwinCAT-Runtime Zugriff auf die T-COM-Objekte, in denen zum Beispiel Drehzahlregler, Filter oder der Beobachter programmiert sind. Sie können diese Software-Bausteine gegen ihre eigenen Objekte austauschen. Eine individuelle Programmierung



„ Modulares Multi-achs-Servosystem AX8000: kompakte Bauform mit FPGA-basierter Regelung.

Bildquelle: alle Bilder Beckhoff Automation

der Objekte ist in IEC 61131, C++ und Matlab/Simulink möglich. Als Diagnosewerkzeuge dienen die Oszilloskop-Funktion (Twincat Scope) und die Achsoptimierung Twincat Bodeplot.

Positionieren mit Präzision und Speed

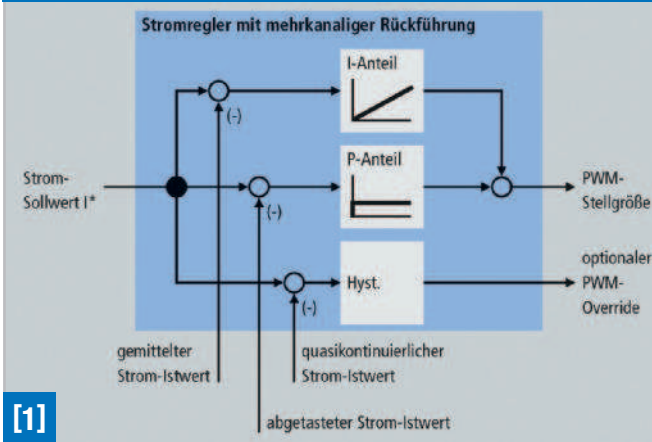
Der Kompaktantrieb kombiniert FPGA-Technologie mit Multi-core-ARM-Prozessoren. Sie sind es, die für die Performance des Systems sorgen: Abtast- und Reaktionszeiten kleiner 1 μ s bei der Stromregelung sowie Drehzahlregler-Zykluszeiten – je nach konfigurierter Schaltfrequenz – ab 16 μ s. Zum Vergleich: Die minimale Ethercat-Zykluszeit liegt bei 62,5 μ s. Für Motion-Anwendungen bedeutet dies schnellstmögliche Regelung und hochpräzise Positionierung sowie eine erhöhte Konturschärfe bei Bearbeitungsvorgängen und einen insgesamt erhöhten Produktionsausstoß. Der vollständig in Hardware (FPGA) implementierte Mehrkanal-Stromregler vereint die Vorteile analoger und digitaler Regelungstechnik: Durch die Stromregelung mit

mehrkanaliger Rückführung bei 8 kHz Schaltfrequenz erreicht der Stromregler fast 4 kHz Bandbreite, was dem theoretisch maximal Erreichbaren entspricht. Das erlaubt Maschinenbauern, entweder bei gleicher Schaltfrequenz die Dynamik einer Maschine zu steigern oder bei unveränderter Dynamik die Schaltfrequenz fast zu halbieren und damit die Energieeffizienz zu steigern.

XFC-Technologie optimiert die Signalverarbeitung

Zur Leistungsfähigkeit des AX8000 trägt zum großen Teil auch die XFC-Technologie (Extreme Fast Control) von Beckhoff bei. Neben den mit Ethercat möglichen Zykluszeiten von 62,5 μ s beinhaltet XFC weitere Funktionen, die speziell die zeitliche Genauigkeit verbessern und die Auflösung erhöhen. Dazu zählen beispielsweise die verteilten Uhren (Distributed Clocks), die eine synchronisierte Systemzeit aller Ethercat-Teilnehmer sicherstellen. Hinzu kommen Timestamp Data Types für einen exakten →

Technik zur Titelstory



[1]

[1] Der Servoverstärker verwendet eine Stromregelung mit mehrkanaliger Rückführung, wodurch sich die Dynamik einer Maschine steigern oder die Schaltfrequenz zur Verbesserung der Energieeffizienz reduzieren lässt.



[2]

[2] Die Beckhoff-Antriebstechnik: skalierbar von der kompakten Servoklemme über das modulare System AX8000 bis zum Ethercat-Servoverstärker AX5000 mit 120 kW Leistung.

Zeitstempel der Prozessdaten sowie das Oversampling zur mehrfachen Abtastung eines Prozessdatums innerhalb eines Kommunikationszyklus. Beim Servosystem kommen insbesondere die Distributed Clocks zum Tragen: Lässt sich die Ethercat-Zykluszeit von 62,5 µs noch relativ leicht erreichen, ist es eine Herausforderung, sicher zu stellen, dass bereits wenige Mikrosekunden nach Eintreffen des jeweiligen Ethercat-Frames – getriggert durch das Signal der Distributed Clocks – die Leistungshalbleiter wie vorgegeben reagieren. Das Multiachs-Servosystem wird dem in jeder Hinsicht gerecht.

Nach außen zur Steuerung kommuniziert der AX8000 über das Einspeisemodul per Ethercat mit Standard-Ethernet-Technologie. Intern verwendet der Antrieb dagegen den Ethercat-Klem-

men-Systembus (E-Bus), der die Ethernet-Frames nur um wenige Nanosekunden verzögert. Herzstück der Achsmodule ist das leistungsfähige FPGA, in dem sowohl die programmierbare Logik als auch eine Dual-Core-ARM-CPU integriert sind. (sk) ←

Autor

Christian Mische

ist Produktmanager Antriebstechnik bei der Beckhoff Automation GmbH & Co. KG in Verl.

infoDIREKT

750iee0515

www.all-electronic.de
Link zum Multiachs-System

FLUXOPHOBEB ESCHICHTUNG

Wir machen komplexe Sachverhalte regelmäßig transparent. Zuverlässig und mit höchster redaktioneller Qualität. Deshalb sind die Fachzeitschriften und Online-Portale von Hüthig in vielen Bereichen von Wirtschaft und Industrie absolut unverzichtbar für Fach- und Führungskräfte.



Hüthig GmbH
Im Weiher 10
D-69121 Heidelberg

Tel. +49 (0) 6221 489-0
Fax +49 (0) 6221 489-279
www.huethig.de