

Neue Lösungsansätze für Antriebssysteme basierend auf Ethercat

Ethercat ist die schnellste Industrial-Ethernet-Technologie: Das ist allgemein akzeptiert. Ethercat ist der Ethernet-Feldbus – also Ethernet, aber einfach wie ein klassischer Feldbus. Auch das ist mittlerweile bekannt. Aber was bedeutet das für die Automatisierungstechnik? Am Beispiel des Ethercat-basierten XTS-Systems lässt sich zeigen, dass der Einsatz dieser Industrial-Ethernet-Technologie nicht nur „höher, schneller, weiter“ heißt, sondern neuartige Lösungsansätze ermöglicht.

Martin Rostan

sich alle 30 mm ein Positionssensor, der präzise im 250-µs-Takt abgefragt werden muss, und auch die verteilten Spulen werden in diesem Takt angesteuert. Die daraus resultierenden Anforderungen an das Kommunikationssystem sind hoch: Alle 3 m XTS-Wegstrecke müssen ca. 80 MBit/s

Das Antriebssystem XTS („eXtended Transport System“) kombiniert die Vorteile bewährter Rotations- und Lineartriebssysteme und stellt im Ergebnis ein Antriebssystem dar, welches das bisherige Linearmotorprinzip erweitert [1]: XTS ist der Linearmotor, der im Kreis fährt (Bild 1). Der Motor ist zusammen mit Leistungselektronik und Wegerfassung vollständig in eine Baugruppe integriert. Ein oder mehrere leitungslose „Mover“ können auf einer nahezu beliebigen, modularen und flexiblen Streckenkonfiguration dynamisch bis zu 4 m/s bewegt werden. In kompakter Bauform ermöglicht XTS neue, platzsparende Maschinenkonzepte und bietet dem Maschinenbau damit neue Freiheiten.

Die regelungs- und kommunikationstechnische Herausforderung der XTS-Technologie liegt darin, dass die Antriebsregelkreise nicht lokal in den verteilten Antriebsmodulen ge-

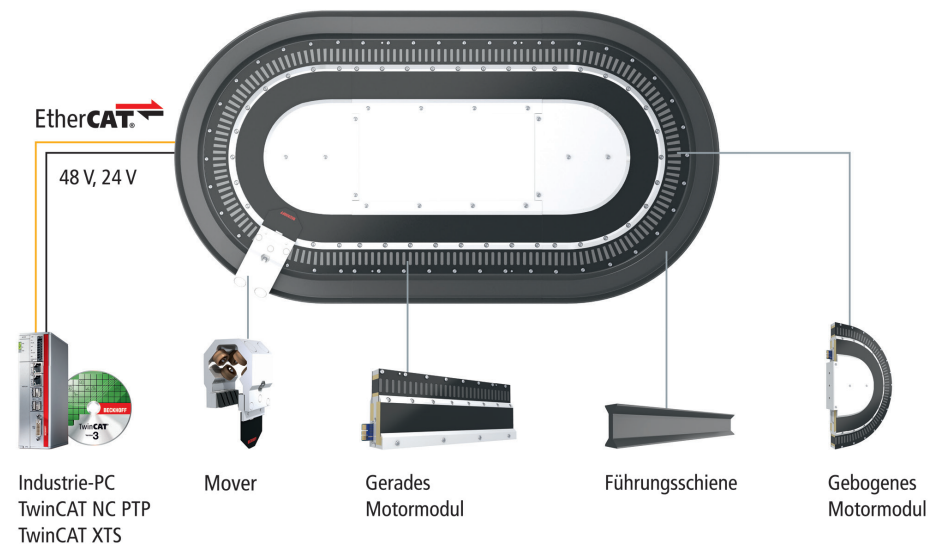


Bild 1. Die Hauptbestandteile des XTS

schlossen werden können: Die Mover werden ja mit Hilfe von aneinandergereihten Magnetspulen bewegt. Die Antriebsverstärker im Modul steuern mehrere Magnetspulen an und haben es dabei mit einer ständig wechselnden Anzahl von Movern zu tun. Da die dynamischen Eigenschaften der Mover über die Modulgrenze hinweg mitgenommen werden sollen, muss die Regelung zentral erfolgen – schließlich sollen die Mover ruckfrei und nahtlos von einem Modul zum nächsten weitergegeben werden.

Hohe Prozessdaten-kommunikation: 80 MBit/s pro 3 m Wegstrecke

Die Herausforderung wird durch die große Anzahl der Positionssensoren und Spulen nicht einfacher. So befindet

Prozessdaten zu und von den verteilten Modulen transportiert werden. Da es sich beim XTS um ein präzises Antriebssystem handelt, müssen die Prozessdaten auch weitgehend jitterfrei erfasst bzw. ausgegeben werden: Hochgenaue Synchronisierung der Teilnehmer ist also ebenfalls erforderlich – bei längeren Wegstrecken sogar über mehrere Ethercat-Segmente hinweg. Und selbstverständlich soll das ganze System robust, einfach zu verkabeln, und – last but not least – kostengünstig sein.

Datenverarbeitung im Durchlauf

Ethercat erfüllt diese Anforderungen aufgrund seines besonderen Funktionsprinzips [2]: der Verarbeitung im Durchlauf. Jeder Netzwerkteilnehmer entnimmt die für ihn bestimmten Da-

Martin Rostan ist Leiter Technologie-Marketing bei der Beckhoff Automation GmbH in Nürnberg.

E-Mail: M.Rostan@beckhoff.com



Prinzip vertauscht: Der Linear-motor, der im Kreis fährt

XTS ist ein mechatronisches System, das alle für den Betrieb notwendigen Funktionen enthält:

- einen modularen vollintegrierten Linearmotor mit Leistungselektronik und Wegerfassung in einem Gerät,
- einen oder mehrere Mover als bewegte Teile,
- eine mechanische Führungsschiene sowie
- einen Industrie-PC mit der Steuerungssoftware Twincat.

Die gewünschten Geometrien, Längen und Radien werden durch die Anzahl und Auswahl der Komponenten gebildet. Eine aufwändige Verkabelung und Schleppketten können entfallen. Zusätzlich ist das Wegmesssystem bereits integriert. Das Maschinenvolumen wird maximal ausgenutzt, da Hin- und Rückweg sowie die Kurven für den aktiven Materialtransport genutzt werden können.

Die Einsatzmöglichkeiten für XTS kennen kaum Einschränkungen: Die Mover können beschleunigen, bremsen, positionieren und sich synchronisieren. Sie können absolute und relative Positionen zueinander einnehmen; sie können sich gruppieren und aufstauen; sie können in der Bewegung Klemmkräfte erzeugen, Kurven wie die Gerade durchfahren, Energie durch Nutzbremmung zurückgewinnen und die Rückebenso wie die Hinwege zu Transportzwecken nutzen.

Das XTS-System ist einfach und modular konfigurierbar: Die Motormodule bilden eine Einheit mit den Movern und Führungsschienen. Sie enthalten die elektromagnetischen Spulen und alle weiteren aktiven Funktionalitäten, die für den Betrieb des Systems notwendig sind. Lediglich die Spannungsversorgung und eine Ethercat-Verbindung werden benötigt. Die Motormodule enthalten keine bewegten Teile und unterliegen keinem Verschleiß.

Der Mover enthält Magnetplatten, die zusammen mit den Spulen des Motormoduls Vortriebskräfte erzeugen können. Er nimmt die Anzugskräfte der Magnete beider Seiten auf und kompensiert sie weitestgehend. So können die Rollen des Movers, die mit einer besonders verschleißarmen Kunststofffläche ausgerüstet sind, mit hoher Geschwindigkeit in der Führungsschiene laufen. Eine mechanisch robuste Geberfahne übermitteln die Moverposition an das Motormodul.

XTS ist vielseitig in verschiedensten Branchen einsetzbar. Es ist prädestiniert für den Highspeed-Materialtransport (Bild 2 bis 4).

ten aus den gemeinsam genutzten Datenframes, bzw. schreibt seine Daten in diese Frames, ohne die Frames, wie sonst üblich, erst zu empfangen, dann zu verarbeiten, und dann wieder abzuschicken. Die Frames werden in den Ethercat Slave Controllern praktisch verzögerungsfrei während der Weiterleitung bearbeitet. Aus diesem speziellen Funktionsprinzip leiten sich fast alle vorteilhaften Eigenschaften von Ethercat ab:

- Die Netto-Nutzdatenrate erreicht über 95 % der Bitrate, weil der Ethernet-Frame-Overhead nicht pro Teilnehmer und Richtung anfällt, sondern nur einmal je ca. 1 500 Bytes Prozessdaten, die auf beliebig viele Teilnehmer verteilt sein dürfen. Die geforderten 80 MBit/s werden damit

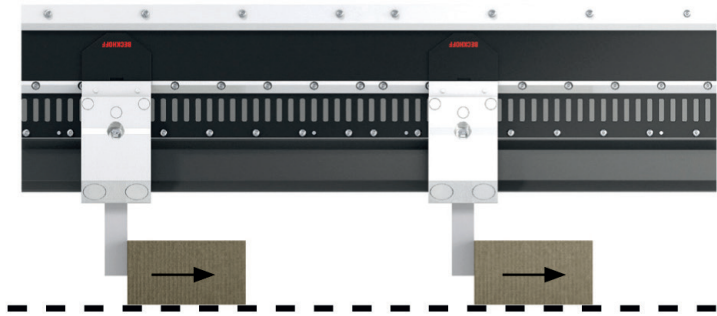


Bild 2. Produkt schieben, Produktabstand anpassen, Produktgeschwindigkeit verringern oder vergrößern

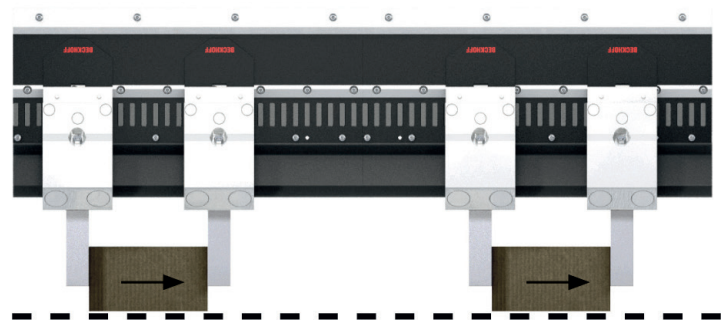


Bild 3. Produkt klemmen und bewegen

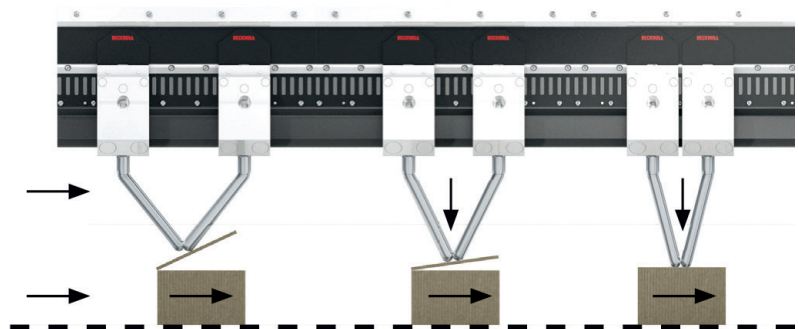


Bild 4. Kinematik in der Linearbewegung, um ein Produkt zu manipulieren: ausheben, verschließen.

übertrafen, auch mit 100 MBit/s Ethernet.

- Da dasselbe Frame für Ein- und Ausgangsdaten genutzt wird, steht die Bandbreite voll-duplex zur Verfügung. Aus 100 MBit/s Brutto-Bandbreite werden im Idealfall 200 MBit/s.
- Die Ethercat Slave Controller verarbeiten die Frames in Hardware und stellen daher die Prozessdaten verzögerungsfrei, sofort nach Durchlauf des Frames, der lokalen Anwendung zur Verfügung: Protokoll-Stack-Durchlaufzeiten spielen bei Ethercat keine Rolle.
- Die hochgenauen Uhren in den Slave-Controllern werden präzise synchronisiert und erzeugen einen

gemeinsamen Systemtakt, dessen Genauigkeit vom Frame-Sende-Jitter des Masters unabhängig ist: Dadurch erreicht Ethercat nicht nur eine Synchronisationsgenauigkeit der verteilten Teilnehmer im zweistelligen Nano-Sekundenbereich, sondern kann im Master auf spezielle Hardware verzichten.

- Da die Frames ohne Software-Einfluss im Chip weitergeleitet werden, ist die Durchleitverzögerung minimal – und konstant. Deshalb kann sie bei der Synchronisierung der verteilten Uhren in den Teilnehmern problemlos herausgerechnet werden: Die Gleichzeitigkeit der Abtastung entspricht der Synchronisationsgenauigkeit.



- Physikalisch ist Ethercat stets eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Etwaige EMV-Einflüsse sind daher nach dem nächsten Teilnehmer verschwunden, und verteilen sich nicht wie bei den klassischen Feldbussen über das ganze System. Trotz hoher Datenrate ist Ethercat damit sehr robust.
- Wenn eine Störung dennoch zu einem Bitfehler führt, so wird dieser dank CRC-Check zuverlässig erkannt und lokalisiert. Jedes Frame wird stets von allen Teilnehmern überprüft, unabhängig davon, ob sie an der aktuellen Kommunikation beteiligt sind.
- Die Ethercat Slave Controller stellen bis zu vier Ports bereit. Damit werden beliebige Topologie-Kombinationen unterstützt, ohne aktive Infrastrukturkomponenten, wie Switches oder Hubs, zu erfordern. Beim XTS-System bietet sich an, die Module einfach im Daisy-Chain-Verfahren aneinanderzureihen.
- Trotz der hohen Performance und der präzisen Synchronisierung stellt Ethercat geringe Anforderungen an die Hardware des Masters: Ein Standard-Ethernet-Port genügt. Spezielle Busmaster-Chips oder Kommunikations-Coprozessoren, wie bei den klassischen Feldbussen oder anderen Industrial-Ethernet-Systemen, sind nicht erforderlich. Das spart nicht nur Kosten, sondern macht Ethercat zum natürlichen Partner der PC-basierten Steuerungstechnik. Ethercat bringt die Rechenleistung moderner PC-Technik „auf den Boden“, ohne selbst Ansprüche an die Ressourcen zu stellen. Und diese Rechenleistung ist für das XTS-System schon erforderlich – schließlich müssen viele anspruchsvolle Regelungen im 250- μ s-Takt bewältigt werden. Dank Ethercat und optimaler Nutzung der CPU-Leistung durch die Twincat-Software wird auch bei längeren XTS-Wegstrecken in der Regel nur ein Steuerungsrechner benötigt. An diesen werden dann gegebenenfalls mehrere zueinander synchronisierte Ethercat-Segmente angeschlossen.

Die Basis für High-Speed-Antriebstechnik

Grundvoraussetzung für die Entwicklung des XTS-Systems waren also drei Technologien: leistungsfähige PC-Architektur, um die erforderliche Rechenleistung kostengünstig bereitzustellen, Twincat, um diese Rechenleistung in ein einfach zu konfigurierendes Steuerungssystem umzusetzen, und Ethercat, um die anspruchsvollen Kommunikationsanforderungen robust zu bewältigen.

XTS ist damit ein gelungenes Beispiel für einen Ethercat-basierten Systemansatz, der mit herkömmlichen Bussystemen nicht denkbar gewesen wäre. Entscheidend ist in diesem Fall die Performance; es gibt andere Beispiele, bei denen die praktisch unbeschränkte Knotenanzahl je Segment, die flexiblen Topologie-Eigenschaften, oder schlicht die niedrigen Systemkosten ausschlaggebend waren. Selbstverständlich sind die Ethercat-Eigenschaften aber auch für alle Anwendungen vorteilhaft, die auch mit herkömmlichem Bussystem lösbar gewesen wären.

Literatur

[1] XTS-Technologie: www.beckhoff.de/XTS

[2] Ethercat-Technologie: www.beckhoff.de/Ethercat