





Brückenschlag für Kundenbedürfnisse

Eingebettete Regelungsprogramme von ABB-Niederspannungs-Frequenzumrichtern liefern die Grundlage für eine Brückenregelungsanwendung

MIKAEL HOLMBERG – Die eingebetteten Regelungsprogramme von ABB Industrial Drive-Frequenzumrichtern bieten eine kostengünstige und anwendungsspezifische Lösung für viele gängige Antriebsanwendungen. Von allgegenwärtigen Pumpen und Lüftern bis hin zu spezielleren Anwendungen wie Krane und Winden sorgen sie nicht nur dafür, dass die Antriebe die richtige Sprache sprechen, sondern auch die integrierten Funktionalitäten bieten, die zur Erfüllung der gängigsten Kundenanforderungen erforderlich sind. Diese Anwendungen sind das Ergebnis der langjährigen Erfahrung, die ABB in Zusammenarbeit mit Kunden in einer Vielzahl von Steuerungs- und Regelungsanwendungen gesammelt hat. In manchen Fällen liefern eingebettete Regelungsprogramme selbst die Grundlage für neue Lösungen – zum Beispiel als ABB damit beauftragt wurde, eine Lösung für eine Brückenregelung bereitzustellen.

Die Regelanforderungen von beweglichen Brücken haben vieles mit denen von Materialhandhabungsanwendungen wie Krane und Winden gemeinsam. Daher stellte das vorhandene Kranregelungsprogramm von ABB einen idealen Ausgangspunkt dar.

Das für die Industrial Drive-Frequenzumrichter der Reihe ACS800 → 1 entwickelte Kranregelungsprogramm ermöglicht eine stufenlose Drehzahl- und Drehmomentregelung für das Hubwerk, die Laufkatze und die Fahrbewegungen und wird eingesetzt für:

- Industriekrane, hauptsächlich elektrische Deckenlaufkrane (EOT-Krane) → 2
- Hafenkranne → 3
- Turmdrehkrane
- Schwimm- und Deckkrane

Die Frequenzumrichter mit dem Kranregelungsprogramm können entweder im Einzel- oder im Master-Follower-Modus betrieben werden. Im Einzelmodus dient der Antrieb einfach zur

Titelbild

Eine typische bewegliche Brücke, die von Frequenzumrichtern und dem Brückenregelungssystem von ABB profitieren kann.

Die eingebetteten Regelungsprogramme von ABB Industrial Drives bieten eine kostengünstige und anwendungsspezifische Lösung für viele gängige Antriebsanwendungen.

1 Niederspannungs-Frequenzumrichter der ACS800-Serie von ABB



unabhängigen Regelung der Kranbewegungen. In einer Master-Follower-Anordnung sind mehrere Frequenzumrichter miteinander verbunden, wobei einer als Master fungiert. Dies ermöglicht die Koordination und Lastverteilung zwischen verschiedenen Motoren innerhalb eines Systems. Diese Konfiguration kann im Drehzahl-Drehzahl-, Drehzahl-Drehmoment- oder Drehzahl-Synchro-Modus betrieben werden.

Die Funktionsprogrammierung ermöglicht eine Umschaltung zwischen Master-, Follower- oder Standby-Modus. Das bedeutet, dass die Master- und Follower-Funktionen nicht fest zugewiesen sind, sondern einfach mit einem Wahlschalter umgeschaltet werden können. Auf diese Weise wird eine hohe Redundanz für die Krananwendung erreicht.

Pendelregelung

Das Pendelregelungsprogramm für Hallenkrane mit ABB-Frequenzumrichtern ist eine integrierte Lösung zur Verhinderung von Lastschwingungen. Das Programm schätzt die Zeitkonstante des Hubwerks durch kontinuierliche Messung der Position und der Lasteigenschaften und errechnet die Kompensationsdrehzahl für die Fahr- und Laufkatzenbewegung unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit und des Winkels der Schwingung. Da die Pendelbewegung vom eingebetteten Pendelregelungsprogramm errechnet wird, sind keine externen Sensoren erforderlich. Eine wirksame Lösung mit weniger Bauteilen kommt wiederum dem Kunden zugute.

Von der Kran- zur Windenregelung

Wenn es um die Anforderungen an die Antriebsregelung geht, haben Schiffswinden viel mit Kranen gemein. Die Frequenzumrichter der Reihe ACS800 mit Zulassung für die Schifffahrt stellen die ideale Hardwareplattform und das Kranregelungsprogramm den perfekten Ausgangspunkt für die Entwicklung eines Windenregelungsprogramms dar, da sie bereits alle normalerweise für Windenanwendungen erforderlichen Funktionen beinhalten. Das Regelungsprogramm wird vornehmlich für Ankerwinden, Mooringwinden (Automoorring), Winden für Roll-on-Roll-off-Rampen, Schleppwinden und Forschungswinden eingesetzt → 4.

Das Windenregelungsprogramm bietet integrierte Funktionen, die herkömmliche und kostspielige hydraulische Windenregler ersetzen. Dadurch entfallen hohe Wartungskosten und Leistungsschwächen bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Zuverlässigkeit des Gesamtsystems. Der Frequenzumrichter selbst ersetzt Schütze und andere Niederspannungsprodukte, die zum direkten Einschalten von Windenmotoren erforderlich sind. Stattdessen fährt der Frequenzumrichter den Motor sanft auf die richtige Drehzahl bzw. das richtige Drehmoment hoch, was die Auswirkungen auf das elektrische Netz des Schiffs während des Windenbetriebs mindert.

Die Ankerregelung ist ein hervorragendes Beispiel für die integrierten Schutzfunktionen des Windenregelungsprogramms.

Dazu gehört die Schlupferkennung, die eine hohe Last an der Kette erkennt, wenn diese beim Heben des Ankers hängen bleibt. Solch hohe Lasten verursachen einen Drehzahlunterschied zwischen der Windentrommel und der Motorwelle, wodurch ein Lastschalter aktiviert wird. Die Drehzahl bzw. das Drehmoment des Windenmotors wird sofort auf einen vom Windenhersteller festgelegten Wert gesenkt. Dadurch wird eine Beschädigung der Motorwelle, Windentrommel oder Kupplung zwischen Trommel und Motor verhindert.

Drehmomentregelung – die gemeinsame Anforderung

Alle genannten Kran- und Windenregelungsanwendungen erfordern eine äußerst präzise und leistungsstarke Drehmomentregelung. Der Schlüssel für den Erfolg der eingebetteten Regelungsprogramme von ABB-Frequenzumrichtern ist die patentierte Motorregelungsplattform Direct Torque Control (DTC) → 5. Diese bietet die Leistungsfähigkeit und die Schutzfunktionen, die von Materialhandhabungsanwendungen gefordert werden.

Im Gegensatz zu herkömmlichen AC-Antrieben, die die Spannung und Frequenz als Regelgrößen nutzen, verwendet die DTC den Motorfluss und das Drehmoment als primäre Regelgrößen. Dies ermöglicht eine präzise Regelung der Drehzahl und des Drehmoments mit und ohne Rückmeldung durch einen Impulsgeber an der Motorwelle. Ein bedeutender Vorteil der DTC ist, dass der Antrieb das volle Drehmoment bei Dreh-



zahl null erreichen kann, ohne dass eine Geberrückführung erforderlich ist. An Bord von Schiffen kann der Einsatz einer Geberrückführung problematisch sein, da die rauen Bedingungen an Deck den Drehgeber beschädigen oder das Rückführsignal stören können.

Darüber hinaus bietet die DTC eine außerordentlich schnelle Reaktionszeit von 25 μ s im Regelkreis zwischen der Anwendung (z. B. Kran oder Winde) und der im Frequenzumrichter eingebetteten Motorregelung. Dies ist ungefähr zehnmal schneller als die typische Reaktionszeit einer herkömmlichen Flussvektorregelung.

Die Tatsache, dass die DTC mit einer breiten Palette von Motoren eingesetzt werden kann, trägt bei der Umstellung von älteren Regelungsmethoden zur Senkung

Industrial Drive der vorhandene Motor weiterverwendet werden, wobei nur eine der drei Motorwicklungen vom Frequenzumrichter genutzt wird. Dadurch werden die Modernisierungskosten und Ausfallzeiten erheblich reduziert.

In Kombination mit den eingebetteten Regelungsprogrammen bietet die DTC dem Kunden die Möglichkeit zur Spezifikation eines einzigen Produkts, bei dem die Regelungslösung bereits eingebaut ist. Andere Komponenten sind nicht erforderlich, was die Gesamtsystemkosten senkt und die Zuverlässigkeit durch Verringerung der möglichen Fehlerpunkte erhöht.

DTC – Herzstück des Brückenregelungssystems

Aufbauend auf der umfangreichen Erfahrung aus den Kran- und Windenre-

gelungsprogrammen entwickelte ABB eine Regelungsanwendung für bewegliche Brücken unter Verwendung von Industrial Drive-Frequenzumrichtern. Die Frequenzumrichter speisen die Elektromotoren zum Antrieb der Fahrbahn bzw. des Bewegungsmechanismus und steuern die me-

chanischen Scheiben- bzw. Trommelbremsen der Brücke.

Integrierte Anwendungssoftware bietet Kunden Lösungen, die die Anforderungen vieler verschiedener Installationen erfüllen und gleichzeitig die Sprache ihrer eigenen spezifischen Anwendung sprechen.

Durch die adaptive Programmierung bietet die eingebettete Software dem Nutzer die Möglichkeit, externe Steuerlogik zu integrieren, neue Funktionen zu erstellen oder vorhandene Logik zu modifizieren.

der Nachrüstkosten bei. So kann bei der Nachrüstung einer Schiffswinde mit drei Gängen/Motorwicklungen mit einem ABB

In Kombination mit den eingebetteten Regelungsprogrammen bietet die DTC dem Kunden die Möglichkeit zur Spezifikation eines einzigen Produkts, bei dem die Regelungslösung bereits eingebaut ist. Das senkt die Gesamtsystemkosten und erhöht die Zuverlässigkeit durch Verringerung möglicher Fehlerpunkte.

3 Hafenkran mit Greifer



Die ABB-Frequenzumrichter werden zunehmend für eine Vielzahl beweglicher Brücken, entweder für Neubauten oder im Rahmen von Modernisierungs- und Sanierungsprogrammen eingesetzt und sind dabei, hydraulische Antriebe oder DC-Antriebe mit Gleichstrommotoren zu ersetzen.

Die Frequenzumrichter ermöglichen eine stufenlose, variable Drehzahl- und Drehmomentregelung der Elektromotoren zum Heben oder Drehen der Fahrbahn über einen breiten Betriebsdrehzahl- und Lastbereich hinweg. Sie sind in der Lage, die Drehzahl eines AC-Motors zu regeln, wenn dieser vorwärts oder rückwärts angetrieben oder überholt wird, z.B. wenn eine schwere Klapp- oder Hubbrücke abgesenkt wird. Zusammen mit der DTC sorgt das Regelungsprogramm für eine genaue Drehzahl- und Drehmomentregelung mit und ohne Geberrückführung von der Motorwelle und ermöglicht die präzise Regelung bei niedrigen Drehzahlen mit hohem Drehmoment, die für Brückenwendungen unentbehrlich ist.

Brückenregelungsanwendungen

Bei einer beweglichen Brücke, bei der mehrere Frequenzumrichter mit demselben System verbunden sind, kann die Master-Follower-Anordnung genutzt werden. Sie ermöglicht die Koordination und Lastverteilung zwischen verschiedenen Motoren innerhalb des Systems. Andere Arten von beweglichen Brücken hingegen erfordern ein synchronisiertes

Heben. Bei Brückenwendungen gibt es zwei gängige Master-Follower-Regelungsmethoden:

Follower im Drehmomentregelungsmodus

Wenn zwei Motoren über eine mechanische Welle miteinander verbunden sind, z. B. wenn die gegenüberliegenden Seiten einer Brücke von zwei Motoren gleichzeitig angehoben werden, arbeitet der Master-Antrieb drehzahl geregelt. Dies bestimmt, wie schnell sich die Brücke hebt oder senkt. Der Follower arbeitet drehmoment geregelt, was dazu führt, dass die Last exakt zwischen Master und Follower aufgeteilt wird.

Follower im Synchro-Modus

Sind die beiden Motoren nicht miteinander verbunden, z. B. wenn die Brücke so konzipiert ist, dass die Motoren beim Heben und Senken der Brücke unabhängig voneinander, aber gleichzeitig arbeiten, ist der Master drehzahl geregelt. Dies bestimmt, wie schnell sich die Brücke hebt und senkt. In diesem Fall arbeitet der Follower im Synchro-Modus, um ein symmetrisches Heben zu ermöglichen. Dies bedeutet, dass die beiden Teile der Brücke so synchronisiert werden, dass sie sich gleichzeitig und um den gleichen Winkel heben.

Symmetrisches Heben mit Synchro-Regelung

Häufig müssen die Antriebe auf beiden Seiten der Brücke beim Heben der Brücke perfekt synchronisiert sein. Um die dazu erforderliche Genauigkeit zu gewährleis-



ten, kann ein standardmäßiger Inkrementalgeber verwendet werden, der die Position der Fahrbahn in Bezug auf den einzelnen drehzahlgeregelten Antrieb zurückführt. Der Geber ist entscheidend für die Synchronisation des Antriebs auf der Grundlage der von ihm gemessenen Position des Masters. Die im Brückenregelungsprogramm des Antriebs integrierte Synchro-Regelungsroutine sorgt zusammen mit der DTC für das erforderliche Maß an Synchronisation. Die Synchro-Regelung kann in einem System mit einem Master und bis zu vier Followern eingesetzt werden.

Steuerung der mechanischen Bremse und Drehmomentspeicher

Das Brückenregelungsprogramm verfügt auch über eine integrierte Bremsensteuerungslogik, die mithilfe eines Drehmomentspeichers und einer Vormagnetisierung für ein sicheres und zuverlässiges Öffnen und Schließen der mechanischen Bremse sorgt. Die mechanische Bremse kann hierbei innerhalb des Motors (Scheibenbremse) oder außerhalb des Motors (Trommelbremse) sitzen. Alternativ können zur Erhöhung der Sicherheit auch beide Bremsen verwendet werden. Die Bremsensteuerungslogik des Umrichters beinhaltet eine Funktion, die es dem Antrieb ermöglicht, die Welle still zu halten, bis die mechanische Bremse schließt. Die Sicherheitsfunktion „Verzögerung“ begrenzt die Drehzahl in kritischen Zonen auf einen vorgegebenen Wert. Durch Endschalter wird der Antrieb an den Endlagen

gestoppt. In Notsituationen kommt die Sicherheitsfunktion „Schnellstopp“ zum Einsatz.

Drehzahlüberwachung und Drehzahlabgleich

Die Drehzahlüberwachungsfunktion sorgt dafür, dass die Drehzahl des Motors innerhalb sicherer Grenzen bleibt, um eine Überdrehzahl zu verhindern. Die Drehzahlabgleichsfunktion vergleicht kontinuierlich die tatsächliche Drehzahl der Motorwelle mit dem Sollwert, um mögliche Abweichungen zu erkennen. Bei einer Störung wird der Motor sofort von einer dieser Funktionen gestoppt.

Anwendungsspezifische Spezialsoftware

Die eingebettete Software der ABB Industrial Drives ermöglicht zusammen mit der fortschrittlichen DTC-Plattform eine präzise Regelung und deutliche Leistungsvorteile für eine Vielzahl von Materialhandhabungsanwendungen. Damit lassen sich nicht nur viele Kran- und Windenanwendungen praktisch „out of the box“ realisieren, sondern auch die Vorteile einer adaptiven Programmierung (AP) nutzen. Sie bietet dem Nutzer die Möglichkeit, externe Steuerlogik zu integrieren, neue Funktionen zu erstellen oder vorhandene Logik zu modifizieren – z. B. um variable Rampenzeiten beim Öffnen der Brücke zu realisieren.

Die direkte Drehmomentregelung (DTC) ist eine fortschrittliche AC-Antriebstechnologie, die traditionelle pulsweitenmodulierte (PWM-)Antriebe mit und ohne Signallückführung ersetzt. Bei der DTC basiert die Regelung des Drehmoments und der Drehzahl direkt auf dem elektromagnetischen Zustand des Motors und unterscheidet sich somit grundlegend von herkömmlichen PWM-Antrieben, die Frequenz und Spannung verwenden. DTC ist die erste Technologie, mit der die „echten“ Regelgrößen des Motors, Drehmoment und Fluss, geregelt werden. Da diese Parameter direkt geregelt werden, ist kein Modulator erforderlich, wie er bei PWM-Antrieben zur Regelung der Frequenz und Spannung verwendet wird. Dadurch wird die Reaktion des Antriebs auf Änderungen des benötigten Drehmoments erheblich beschleunigt. Außerdem ermöglicht DTC eine präzise Regelung des Drehmoments ohne Geberrückführung.

Integrierte Anwendungssoftware bietet Kunden Lösungen, die die Anforderungen vieler verschiedener Installationen erfüllen und gleichzeitig die Sprache ihrer eigenen spezifischen Anwendung sprechen. Die umfangreichen integrierten Regelungsfunktionen stellen eine kostengünstige Lösung für Kunden dar, die den Einsatz von externen diskreten Komponenten minimieren möchten. Durch enge Zusammenarbeit mit Kunden, aufmerksames Erfassen ihrer Bedürfnisse und vorausschauendes Reagieren auf Markttrends wird ABB auch in Zukunft eine führende Rolle in der Entwicklung von eingebetteten Regelungsprogrammen für industrielle Antriebe spielen.

Mikael Holmberg

ABB Low Voltage AC Drives
Helsinki, Finnland
mikael.holmberg@fi.abb.com