

## Intuitive Führung durch Auto-Tuning

# Automatische Reglereinstellung für elektrische Antriebe

Eine perfekte Regelung von Strom, Geschwindigkeit und Position wird in einer Positioniersteuerung vorausgesetzt. Die dazu notwendige Einstellung aller Reglerparameter und Vorsteuerwerte ist keineswegs trivial. Ein automatisches Einstellverfahren löst diese komplexe Aufgabe.

Heute wird von einem Servoverstärker nicht nur die optimale Lösung der Antriebsaufgabe sowie die schnelle und präzise Antriebsregelung erwartet, sondern dazu auch benutzerfreundliche, für den jeweiligen Anwendungsfall passende Funktionen für Bedienung, Konfiguration und Diagnose. Dazu bieten die maxon-EPOS2-Positioniersteuerungen (EPOS: Easy-to-Use-Positioning-System) viele Komfortfunktionen für die schnelle und einfache Inbetriebnahme des Antriebs. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf elektronischen Hilfsmitteln, die den Benutzer von der mühsamen und oft langwierigen Einstellung der Regler entlastet. Der Benutzer wird dazu für die Inbetriebnahme durch ein Menü geführt. Zur Ermittlung aller notwendigen Reglerparameter wird das in diesem Bericht näher beschriebene, wirksame automatische Einstellverfahren («Auto-Tuning») durchlaufen. Mit diesem Verfahren werden alle benötigten Parameter des Stromreglers, des Drehzahlreglers und des Positionsreglers sowie eventuelle Vorsteuerwerte («Feed Forward») automatisch und optimal ermittelt.

Die digitalen EPOS2-Positioniersteuerungen eignen sich für DC- und EC-Motoren mit Inkrementalencoder. EC-Motor ist eine Bezeichnung für bürstenlose Gleichstrommotoren, oft auch BLDC-Motoren genannt. Die EPOS2-Steuerungen sind in unterschiedlichen Baugrößen für Motoren mit einer Nennleistung von 1 bis etwa 700 W verfügbar. Verschiedene Betriebsmodi, so zum Beispiel «Profile Position Mode», «Profile Velocity Mode», «Current

Mode», ermöglichen ein breites Anwendungsfeld in verschiedensten Geräten, Maschinen und Industrieanlagen.

### Drei verschiedene Reglerstrukturen

Die EPOS2-Produktreihe erlaubt die Konfiguration von drei Reglertypen: Stromreglern, Drehzahlreglern und Positionsreglern.

#### Stromregler

Der Stromregler ist dafür konzipiert, den Motorstrom schnell gegen den Widerstand der Motorinduktivität einzuprägen und damit das gewünschte Drehmoment des Motors aufzubauen. Mit dem Stromregler werden ausserdem äussere Störgrößen wie beispielsweise Schwankungen in der Versorgungsspannung ausgeregelt. Damit erhält man die völlige Kontrolle über den Motorstrom, unabhängig von Motoreigenschaften und Versorgungsspannung. Neben einer Verbesserung der Dynamik können damit auch die Stromgrenzen beziehungsweise die Drehmomentgrenzen zuverlässig eingehalten werden.

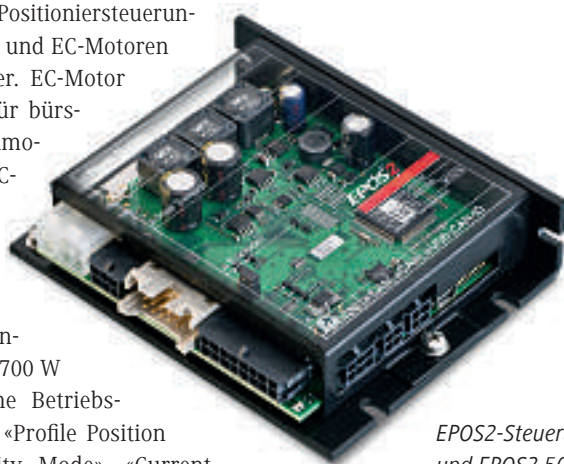
#### Drehzahlregler

Der Drehzahlregler mit unterlagertem Stromregler wird benutzt, um Änderungen der gewünschten Drehzahl schnell folgen zu können. Ebenso können Störgrößen, wie beispielsweise Änderungen im Lastmoment, kompensiert werden. Zum Einsatz kommen Drehzahlregler mit unterlagertem Stromregler bei einer Vielzahl von Anwendungen.

#### Positionsregler

Für hochdynamische und präzise Positioniervorgänge wird der Positionsregler mit unterlagertem Stromregler verwendet. Hiermit kann bei Positionieraufgaben der gewünschte Positionswert unter Einhaltung von vorgegebenen Beschleunigungs- und Bremsverläufen und maximalen Geschwindigkeiten schnell und sicher erreicht werden.

Typische Einsatzmöglichkeiten finden sich in der Automatisierungstechnik, beispielsweise bei der Steuerung von Robotern oder zum Positionieren eines Werkstückes unter einem Fräskopf.



EPOS2-Steuerungen: EPOS2 24/5 (links) und EPOS2 50/5 (rechts)

Die Strom- beziehungsweise Drehzahlregler sind in der EPOS2 jeweils als PI-Regler konzipiert. Eine optimale Einstellung des PI-Reglers gewährleistet zum einen eine verzögerungsfreie Reaktion auf auftretende Sollwertabweichungen bei Strom und Drehzahl und garantiert zudem durch die Kompensation von stationären Störgrößen die stationäre Genauigkeit. Der Positionsregler ist in der EPOS2 als PID-Regler (Proportional Integral Derivative Controller) ausgeführt. Dadurch wird eine noch höhere Regeldynamik und ein schnellerer Einschwingvorgang auf

die gewünschte Sollposition erreicht. Durch den dämpfend wirkenden D-Anteil werden zudem Überschwingungen, die durch grosse Regelfehler entstehen können, stark verringert.

Bei vielen Antriebsanwendungen, beispielsweise beim konturtreuen Fräsen eines Werkstücks, muss die Regelgrösse zu jeder Zeit genau einer vorgegebenen Trajektorie folgen. Dies wird aber durch den Regler allein nicht optimal gewährleistet – es entsteht ein Schleppfehler zwischen Ist- und Sollgrösse. Um diesen Effekt zu minimieren, bietet die EPOS2 eine modellgestützte Vorsteuerungsstruktur (Feed Forward).

Ein Regler kann naturgemäss erst dann korrigierend eingreifen, wenn auch eine Regelabweichung vorhanden ist. Durch die Verzögerungen im Regelkreis entstehen dann die oben beschriebenen Abweichungen und Schleppfehler. Da ein Bahngenerator die gewünschte Bahnkurve oder Solltrajek-

torie vorgibt, kann aus der Kenntnis der Trajektorie auch zu jedem Zeitpunkt neben der gewünschten Position auch die dazu notwendige Geschwindigkeit und Beschleunigung abgeleitet werden. Wenn nun noch Streckeneigenschaften, insbesondere die träge Masse und die Reibungskennwerte, bekannt sind, können daraus die Vorsteuerwerte für die gewünschte Dynamik des Systems berechnet werden. Mit diesen Vorsteuerwerten kann der Motorstrom verzögerungsfrei so vorgegeben werden, dass die Solltrajektorie im Idealfall genau erreicht wird. Der Positionsregler muss dann nur noch minimale verbleibende Abweichungen ausregeln.

In der EPOS2 sind zwei Arten von Vorsteuerung (Feed Forward) implementiert. Die Beschleunigungsvorsteuerung liefert zusätzlichen Strom, der für Beschleunigungs- oder Bremsvorgänge der trägen Masse des Antriebs benötigt wird. Die Geschwindigkeit- →

### Weitere Informationen

Den Artikel mit weiteren Informationen und einem Beispiel finden Sie im Internet auf der Seite von Polydrive ([www.polydrive.ch](http://www.polydrive.ch)) unter 02.11\_50.pdf

Das neue Starter-Kit  
für CHF 444.  
So sprechen Sie  
direkt mit der  
Antriebstechnik.



Unser neues Paket erleichtert Ihnen die Arbeit von Beginn weg. Es reduziert die Inbetriebnahme auf ein Minimum und vereinfacht die Bedienung dank der funktionsbereiten Modbus-Applikation. Das kompakte und leistungsfähige Starter-Kit enthält die ABB-Kompaktsteuerung AC500-eCo, den General Machinery Drive AC355 und sämtliches Kommunikationszubehör. Zu einem attraktiven Preis von CHF 444 sprechen Sie bereits morgen unmissverständlich mit Ihrer Antriebstechnik. [www.abb.com/industriautomation](http://www.abb.com/industriautomation)

**ABB Schweiz AG, Industrieautomation**  
Brown Boveri Platz 3  
CH-5400 Baden  
Tel. +41 58 586 00 00  
[industriautomation@ch.abb.com](mailto:industriautomation@ch.abb.com)

Power and productivity  
for a better world™



keitsvorsteuerung kann geschwindigkeitsproportionale Reibung («Viscous Friction») vorausschauend kompensieren.

### Modellbasiertes Auto-Tuning

Inbetriebnahme und optimale Parametrierung der Regler- und Vorsteuerungsgrößen für ein bestimmtes System gestalten sich häufig schwierig, da in der Praxis ein a-priori-Wissen über die Parameter des Systems (Massen, Reibungen usw.) meist nicht vorhanden ist. Eine rechnerische Bestimmung der Regler- und Vorsteuerungsparameter ist damit entweder nicht möglich oder sehr umständlich und zeitaufwendig. Um diese Problematik zu überwinden, bietet EPOS2 eine geführte Inbetriebnahme an, mit der die Regler- und Vorsteuerparameter automatisch bestimmt werden.

Das Auto-Tuning ist ein modellbasiertes selbsttätiges Einstellverfahren, das in zwei Hauptschritten erfolgt:

- Identifikation des Systems und
- Berechnung der Regler- und Vorsteuerungsparameter.

### Optimale Reglerparameter

Die Systemidentifikation erfolgt im Frequenzbereich. Der Frequenzgang der Strecke wird durch ein Dauerschwingungsverfahren ermittelt. Dazu wird in den Regelkreis ein Zweipunktglied eingefügt, das den nichtlinearen Regelkreis bei geeigneter Wahl der Parameter zu charakteristischen Eigenschwingungen anregt. Die Grundschwingungen am Eingang X und am Ausgang Y der Strecke werden gemessen. Deren Verhältnis nach Betrag und Phase liefert einen Punkt des gesuchten Frequenzgangs. Durch einen adaptiven Algorithmus wird die Verstärkung des Zweipunktgliedes automatisch so eingestellt, dass eine stationäre Dauerschwingung am Ausgang der Strecke Y eine bestimmte Amplitude erreicht. Durch passendes Einstellen der Zeitkonstan-

ten T des Tiefpasses wird auch die Phasenverzögerung des Systems eingestellt. Mit Änderungen von Verstärkung und Zeitkonstanten können verschiedene charakteristische Frequenzen eingestellt werden. So erhält man weitere Werte nach Betrag und Phase zur Rekonstruktion des Frequenzganges der Strecke. Aus der so berechneten Übertragungsfunktion der Strecke können die Reglerparameter, z. B. nach der Methode der Polvorgabe, sowie die Vorsteuerungsparameter berechnet werden. Die in der Praxis gewonnenen Erfahrungen zeigen, dass dieses automatische Einstellverfahren auch bei sehr unterschiedlichen Streckeneigenschaften äusserst zuverlässig optimale Reglerparameter und Vorsteuerwerte liefert. <<

#### Infoservice

maxon motor AG  
Brünigstrasse 220, 6072 Sachseln  
Tel. 041 666 15 00, Fax 041 666 16 50  
info@maxonmotor.com, www.maxonmotor.com



**Über 40 Jahre immer für Sie da!**

**Ihr Spezialist für:**

- Elektromotoren Reparaturen
- Service Verkauf Beratung
- Apparatebau Spulenwicklerei
- Kabelkonfektion

**w.frei ag**  
8645 Jona • [www.wfreiag.ch](http://www.wfreiag.ch)



[www.smc.ch](http://www.smc.ch)

### Spitzenleistungen in der Pneumatik

Wir sind der weltweit führende Experte für Pneumatik. Unsere Spitzenleistungen in der industriellen Automation unterstützen unsere Kunden, im Wettbewerb überlegen zu sein.

Warum wir dies einzigartig können? Wir sind führend in Technologie, Qualität und Service. Wir beraten unsere Kunden und bieten ihnen individuelle, zuverlässige Lösungen aus einer Hand. Ergebnis: Sie sparen Geld, die Qualität steigt und Prozesse sind schneller.



SMC Pneumatik AG  
Dorfstrasse 7  
CH-8484 Weisslingen

T +41 52 396 31 31  
info@smc.ch  
www.smc.ch