

Die nächste Evolutionsstufe der industriellen Automatisierung: Self-Aware Antriebstechnik

Von: Jeff DeAngelis, Vizepräsident für industrielle Kommunikation und Antriebstechnik, Geschäftsbereich Industrie und Gesundheitswesen bei Analog Devices

Die nächste Evolutionsstufe in der industriellen Automatisierung erfordert, dass Maschinen ihre Leistungsparameter selbstständig anpassen, um eine vom Bedienpersonal zugewiesene Aufgabe zu erfüllen, oder dass sie sich selbst neu konfigurieren, um ihr Verhalten entsprechend den Vorgaben eines auf künstlicher Intelligenz (KI) basierenden Beobachtungsalgorithmus, der die Produktivität erhöht, zu optimieren. Der Wert einer selbstlernenden Maschine liegt in ihrer Fähigkeit, die Produktivität zu maximieren, die Lebensdauer der Geräte zu verlängern und die Wartungskosten zu senken.

Der Weg zur self-aware Antriebstechnik

Der Begriff „self-aware“ beschreibt ein System, das sich, basierend auf einem Verständnis der eigenen Fähigkeiten und dem gewünschtem Systemverhalten, selbst einschätzt. In der Tat erfordert eine self-aware Antriebstechnik die Implementierung mehrerer Regelkreise, die Sensoreingaben und gewünschte Systemparameter interpretieren sowie die Fähigkeit besitzen, ihr eigenes Betriebsverhalten mit der gewollten Systemleistung zu vergleichen. Um diese Ziele zu erreichen und self-aware Antriebstechnik zu entwickeln, brauchen wir eine adaptive Steuereinheit, die die Systemantwort überwacht und sein eigenes Verhalten, basierend auf dem aktuellen Antriebs-Lastbereich, dynamisch anpasst. In diesem Artikel möchten wir einen Ansatz für ein self-aware Antriebssystem vorstellen, das eine autonome Steuereinheit einsetzt, um die sich ständig ändernden Betriebsbedingungen zu erkennen und zu überwachen. Diese Bedingungen werden aus einer Reihe von geschachtelten, echtzeitfähigen Regelkreismodellen abgeleitet, die die Bewegungsparameter der Antriebe auf Feldebene verwenden. Nachdem ein elektrisch- und mechanisches Modell des Antriebssystems erstellt ist, wird dieses verwendet, um die auf der Überwachungs-, Planungs- oder Managementebene der Automatisierungspyramide geforderte Systemleistung zu vergleichen und anzupassen (**Abbildung 1**). Wenn ein neu gewünschtes Systemverhalten von einer beliebigen Ebene oberhalb des „Supervisory Level“ der Automatisierungspyramide angefordert wird, wird ein Satz neuer Steuerungsparameter an die adaptive Steuereinheit des Antriebs übermittelt. Das System passt daraufhin sein Verhalten so an, um die neuen Leistungsanforderungen zu erfüllen.

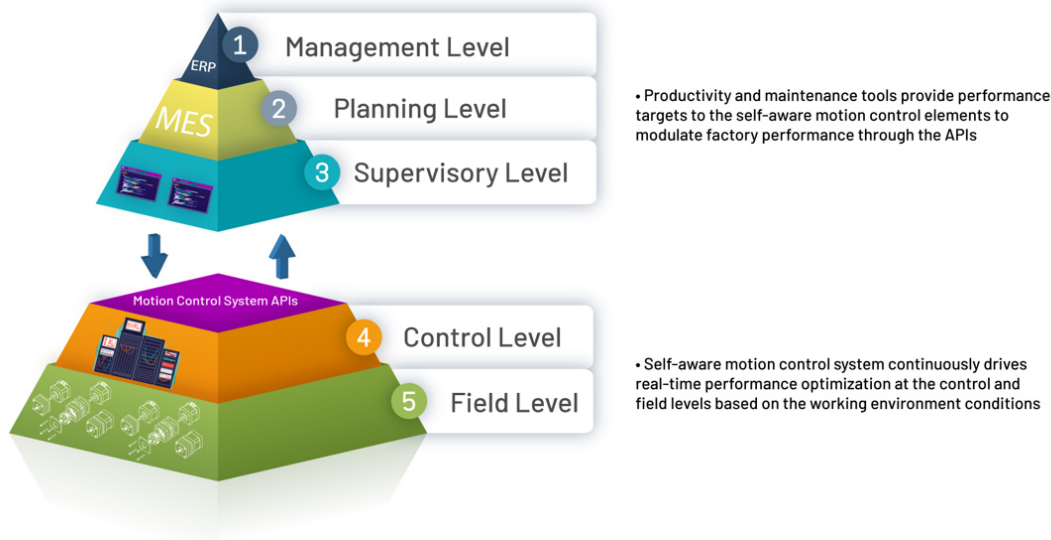


Abbildung 1. Automatisierungspyramide

Die beiden Hauptvorteile einer self-aware Antriebstechnik sind deren Fähigkeit zur Eigenregelung und zur Maximierung der Arbeitsleistung in Echtzeit. Diese neue Fähigkeit bietet den Überwachungs-, Planungs- und Managementebenen der Automatisierungspyramide die Möglichkeit, mit Anpassen eines self-aware Antriebssystems dessen Leistungsfähigkeit zu steigern. Zusätzlich kann ein KI-gestützter Software-Algorithmus eingesetzt werden, das Gesamtsystemverhalten so einzustellen, dass ein besseres werksweites Ergebnis erzielt wird. Zum besseren Verständnis der vier grundlegenden Elemente, die zur Implementierung erforderlich sind, wollen wir mit einer Konzeptkarte genauer untersuchen.

Konzept einer self-aware Antriebseinheit: Um diese Ebene einer self-aware Antriebstechnik zu implementieren, müssen wir ein Konzept für das Steuerungssystem erstellen. **Abbildung 2** zeigt die vier Schlüsselemente, die für eine erfolgreiche Implementierung erforderlich sind.

Element I: Ziel oder Aufgabe: Für das System muss ein klares Ziel oder eine Aufgabe festgelegt werden, die es erfüllen soll. In unserem Beispiel bedeutet dies: „Bewege den Bierkrug bestmöglich von Punkt A nach Punkt B, und zwar so, dass kein Bier verschüttet wird.“

Element II: Gewünschtes Systemverhalten: Sobald dieses Ziel feststeht, leitet die nächste Ebene der self-aware Steuerung das gewünschte Bewegungsverhalten ein. Für unser Bierkrug-Beispiel wäre dies „Verwende eine lineare Bewegung, um den Bierkrug zu bewegen, und passe die Bewegung automatisch an, um das schwankende Gewicht und die Größe des Bierkruges innerhalb der erforderlichen Sicherheitsgrenzen des mechanischen Systems zu kompensieren“.

Sobald das Ziel und das gewünschte Systemverhalten festgelegt sind, sorgt das adaptive Steuerungssystem für eine dynamische Konvergenz zwischen der Kinematik des Core-Systems und dem dazugehörigen mechanischen System, indem es den Antrieb und das integrierte mechanische System automatisch so abstimmt, dass im jeweiligen Arbeitspunkt eine maximale Betriebsleistung erzielt wird.



Abbildung 2. Konzeptkarte für eine selbstlernende Bewegungssteuerung:

Element III: Core-Antriebssystem: Das Herzstück der self-aware Antriebstechnik ist ihre Kinematik. Die Herausforderung besteht darin, die Leistungsfähigkeit des Motors und des Antriebssystems zu beobachten, daraus zu lernen und zu überwachen. Um ein funktionierendes Modell des Antriebssystems zu erstellen, muss ein intelligenter Beobachter implementiert werden, um ein grundlegendes Verständnis der Bewegungsparameter und der physikalischen Grenzen des Antriebssystems zu erlangen. Dies wird durch eine feldorientierte Steuerung (FOC) mit speziellen Positionssensoren oder einen sensorlosen FOC-Ansatz erreicht, um zu lernen, wie der Motor ausgelastet wird und in seiner Betriebsumgebung reagiert. Durch die Überwachung und automatische Abstimmung der Regelparameterwerte aus den Regelkreisen für Drehmoment, magnetischem Fluss, Strom, Geschwindigkeit und Lage des Motors können wir die Reaktion des Antriebssystems optimieren. Sobald diese Datagramme gesammelt und dem intelligenten Beobachter zugeführt sind, stellt der implementierte Optimierungsalgorithmus sicher, dass die Parameter für die Bewegungssteuerung berechnet werden und der zugrundeliegende Steuerungsalgorithmus zu einem optimalen Satz an Bewegungsparametern konvergiert (**Abbildung 3**). Nachdem nun ein mittelbares Bewegungsmodell erstellt wurde, um die Bewegung des Antriebssystems zu modellieren und zu optimieren, können wir die nächste Stufe der self-aware Antriebssteuerung implementieren, indem wir eine adaptive Steuerungs-Engine einführen.

Dieses Video zeigt ein Beispiel für ein Autotuning-Tool von Trinamic, das jetzt zu Analog Devices gehört, um optimierte Werte für die Bewegungssteuerung zu erhalten: [Trinamic TMCL- IDE Auto-Tuning Motion Control Tool](#).

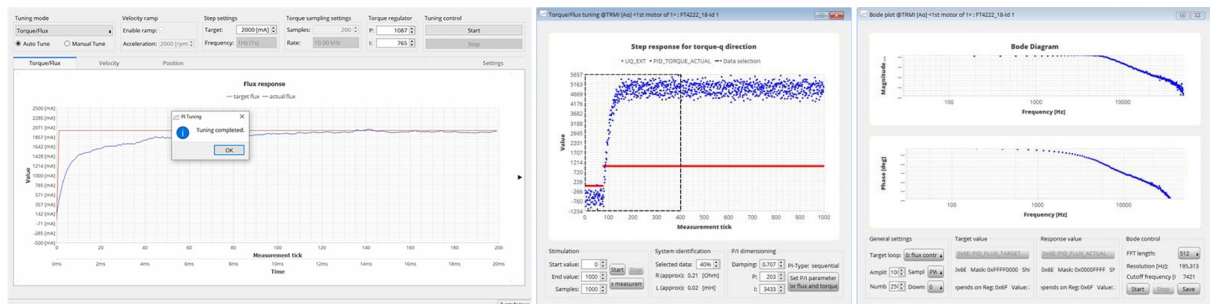


Abbildung 3. Überwachung und automatische Abstimmung von Drehmoment-, Fluss-, Strom-, Geschwindigkeits- und Positionsregelkreisen

Element IV: Adaptive Steuerung: Aufbauend auf der Kinematik und der FOC-Autotuning-Fähigkeit unseres Systems können wir uns nun auf die nächste Stufe der Implementierung einer self-aware Steuerung konzentrieren, die adaptive Steuerungs-Engine. Diese nächste Stufe des intelligenten Antriebs konzentriert sich auf die Übermittlung des gewünschten Systemverhaltens an die adaptive Steuerungs-Engine (**Abbildung 4**). Dieses Systemverhalten wird von einem Produktionsmitarbeiter, dem Anlagenverantwortlichen oder von einem KI-Produktivitätsalgorithmus bereitgestellt, der die Werksdaten mit Hilfe seines Netzwerks aus intelligenten Sensoren erfasst. Sobald das gewünschte Verhalten an die adaptive Steuerungs-Engine weitergegeben wird, beginnt die self-aware Steuerung damit, die Betriebsparameter des Antriebssystems dynamisch neu zu konfigurieren, um das gewünschte Systemverhalten zu erreichen. Einige Beispiele für diese gewünschten Verhaltensweisen sind die Forderung nach einer Erhöhung des Produktionsdurchsatzes oder nach einer Verlängerung der Lebensdauer des Motors durch den Betrieb in sicheren Arbeitspunkten. Während die Bewegungssteuerung ihre Parameter automatisch anpasst, um das neue geforderte Leistungsniveau zu erreichen, überwacht die adaptive Steuerung den geschlossenen Regelkreis kontinuierlich, um das gewünschte Leistungsniveau aufrechtzuerhalten. Dieser Zustand wird auch dann beibehalten, wenn das Antriebssystem aufgrund von Verschleißerscheinungen der mechanischen Systeme Veränderungen unterliegt oder wenn sich die Betriebsbedingung des Motors ändert. Jetzt hat das System die höchste Stufe der self-aware Antriebssteuerung erreicht.

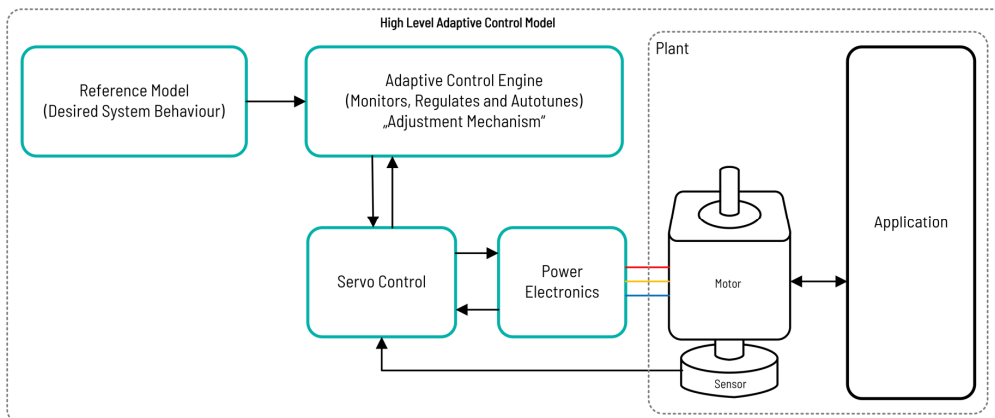


Abbildung 4. Adaptives Steuerungsmodell

Am besten lässt sich dieses Konzept anhand eines Beispiels aus der Praxis veranschaulichen (**Abbildung 5**). Dieses Beispiel ist für alle Bierliebhaber relevant, die sicherstellen möchten, dass ihr schaumiges Glas Bier vom Barkeeper über die gesamte Länge einer Bar bewegt werden kann, ohne dass dabei ein Tropfen Bier verschüttet wird. Betrachten wir nun, inwiefern dieses Beispiel für die Implementierung einer self-aware Steuerung relevant ist. Das Ziel bei dieser Aufgabe ist es, das Bier in der schnellstmöglichen Zeit vom Barkeeper (Punkt A) zu einem Gast (Punkt B) zu bringen, der an der Bar sitzt, ohne dabei einen Tropfen Bier zu verschütten. Das Anlagensystem ist in diesem Fall ein Becherhalter mit einem eingebauten Gewichtssensor, der das Gewicht der verschieden großen Bierkrüge erkennt und sie mit Hilfe eines Linearmotors über die Länge der Bar bewegt. Denken wir also über dieses Beispiel nach. Ein self-aware Antrieb ist von Vorteil, um das Bier so schnell wie möglich zum Kunden zu bringen, sie kann aber auch automatisch ihre Geschwindigkeit und Leistung anpassen, wenn der Kunde den leeren oder teilweise leeren Bierkrug in den Becherhalter stellt, um den Bierkrug dem Barkeeper zurück zu geben oder ihn nachfüllen zu lassen. Dieses System bietet zudem die Möglichkeit, sein Verhalten anzupassen, wenn der Barkeeper Gläser unterschiedlicher Größe für andere Getränketyper verwendet, die an die Gäste ausgegeben werden sollen.

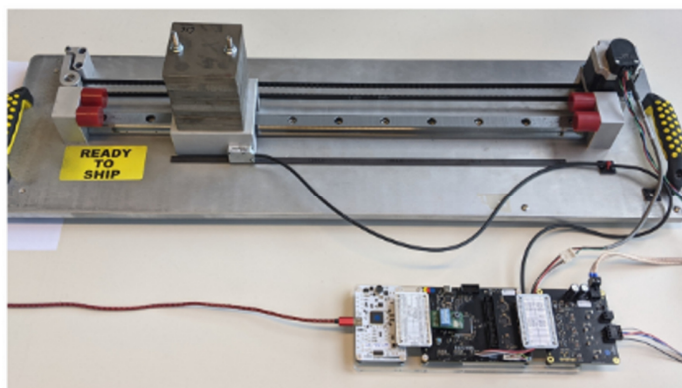


Abbildung 5. Beispiel für eine selbstlernende Bewegungssteuerung in Aktion (veränderliche Gewichtslast)

Zwar klingt das alles wie Science-Fiction, aber die Entwicklung der Technologie einer self-aware Steuerung wird gerade für ihr Debüt optimiert. Man kann sich eine ganze Fabrik vorstellen, die auf Geräten mit self-aware Motoren und intelligenten Sensoren basiert. Diese revolutionäre Fabrik würde über fortschrittliche Fähigkeiten zur Selbstkorrektur möglicher Anlagenausfälle verfügen, Produktionsprozesse automatisch anpassen, um die Produktivität zu maximieren, und die Lebensdauer der Anlagen im gesamten Fertigungsablauf verlängern. Willkommen in der spannenden neuen Welt der self-aware Antriebssteuerung und der nächsten industriellen Revolution.