

Erhöhung der Energieeffizienz beim Pumpen-Design

Aengus Murray, International Rectifier

Eine geberlose, sinusförmige und drehzahlgeregelte Motorsteuerungsplattform ermöglicht es Pumpenherstellern, den wachsenden Anforderungen in Bezug auf Wirkungsgrad und Störgeräusche nachzukommen. Die jüngsten in Silizium gegossenen geberlosen Plattformen zur Antriebssteuerung können den Herstellern dabei behilflich sein, geräuscharme drehzahlgeregelte Pumpen zu entwickeln, die ein schnelles Ansprechverhalten aufweisen und dabei gleichzeitig den Energieverbrauch um 50 % senken.



Aufgrund der Erderwärmung und der Warnungen hinsichtlich zur Neigehender natürlicher Ressourcen erlassen Regierungen weltweit Gesetze, die eine effizientere Energienutzung vorsehen. In Großbritannien beispielsweise verfasste die Regierung im Jahre 2006 den „Code for Sustainable Homes“, welcher den Erbauern von Eigenheimen und anderen Gebäuden eine energiesparende Bauweise auferlegt. Weil drehzahlgeregelte, motorbetriebene Pumpen im Vergleich zu Alternativen mit fester Drehzahl den Energiebedarf halbieren können, wird diese Art von Gesetzgebung die Anwendung von energiesparenden intelligenten Pumpen in Bereichen wie Wasser- und Abwasser-Management sowie in der Gebäudeautomatisierung vorantreiben.

Intelligente Pumpen

Zwar ist das Konzept von intelligenten Pumpen nicht neu, doch eine gesteigerte Nachfrage besteht erst seit relativ kurzer Zeit. Die Umweltgesetzgebung und insbesondere die strengen Vorschriften in der Wasserversorgungsindustrie sind die Hauptgründe für die erhöhte Nachfrage. Allerdings spielen auch andere Faktoren wie zum Beispiel eine höhere Pumpenlebensdauer, reduzierte Betriebskosten sowie niedrigere Gesamtunterhaltungskosten eine Rolle.

Die Ansteuerung von drehzahlgeregelten intelligenten Pumpen führt zu einem Kostennachteil gegenüber Reglern für Motoren mit fester

Drehzahl infolge der erhöhten Komplexität. Diese Kostendifferenz wird jedoch kontinuierlich geringer, weil die Anlagen- und Betriebskosten für herkömmliche Pumpen aufgrund der steigenden Kosten für Rohmaterial und Energie zunehmen. Drehzahlgeregelte Motoren und Pumpen entsprechen den heutigen Anforderungen, weil sich ihr Pumpverhalten auf den aktuellen Bedarf abstimmen lässt. Darüber hinaus sind in einer wachsenden Zahl von Ländern drehzahlgeregelte Pumpen in neuen Bauten zwingend vorgeschrieben.

Die Haupteinsatzgebiete intelligenter Pumpen sind Systeme, bei denen die erforderlichen Durchflussmengen stark schwanken. Ein Einsatzbereich ist beispielsweise das Heiz- und Kühlsystem eines Bürogebäudes, wo sich der Bedarf an Kühlwasser ununterbrochen verändert. Bei einer solchen Anwendung kann eine drehzahlgeregelte Pumpe automatisch ihren Betrieb auf die Druckbedingungen des Systems abstimmen. Dadurch ist sie weitaus effizienter als eine Pumpe mit fester Drehzahl. Natürlich ist der Energieverbrauch nicht die einzige Anforderung an das System. Im Falle des Heiz- und Kühlsystems zum Beispiel stellt auch ein leiser Betrieb einen wichtigen Faktor dar.

Motordrehzahlregelung

Der wesentliche Punkt bei der Entwicklung leiser und effizienter intelligenter Pumpen ist nicht die physikalische Pumpenhardware, sondern das drehzahlgeregelte Motor-

system, das die Pumpe steuert. Abgesehen von einem raschen Ansprechverhalten und einer genauen Drehzahlregelung für ein breites Spektrum von Durchflussanforderungen muss das System einen sanften Anlauf der Pumpe gewährleisten und die Störgeräusche über den gesamten Betriebsbereich der Pumpe möglichst gering halten.

Intelligente Pumpen setzen wie viele andere Anwendungen mit drehzahlgeregelten Motoren zunehmend PMSMs (Permanentmagnet-Synchronmotoren) anstelle von Induktionsmotoren ein. PMSMs weisen einen um bis zu 50 % höheren Wirkungsgrad auf und sind weniger sperrig als entsprechende Induktionsmotoren. Sie laufen darüber hinaus dank ihrer einfacheren mechanischen Konstruktion ruhiger im Betrieb. Neue Motorregler-ICs und intelligente Leistungsmodule implementieren Regelmethode, welche die konventionelleren elektronischen Regelungen verdrängen und gleichzeitig zu einer einfacheren Regelhardware, zu einer verbesserten Pumpenleistung sowie zu kostengünstigeren Entwicklungen führen.

Effiziente Ansteuerung von drehzahlgeregelten PMSM-Pumpen

Bislang benötigten PMSMs Sensoren, die die Rotorposition überwachen und sie an den Drehzahlregler rückmelden. Die veralteten Motordesigns realisieren dies mit durch den Rotormagneten angesteuerte Halleffektsen-

soren. Diese Anordnung hat jedoch Nachteile. Zwar bieten Halleffektsensoren eine kostengünstige Rückkopplung, jedoch erzeugt die resultierende sechsstufige Stromkommutierung eine unerwünschte Drehmomentwelligkeit an den Schaltpunkten. Dies macht es schwierig, der Forderung nach einem ruhigen Betrieb nachzukommen. Von ähnlicher Bedeutung ist, dass die Drehmoment-Drehzahl-Kurve des Antriebs möglicherweise nicht auf die Pumpenanwendung abgestimmt ist. Speziell die Kaltwasser-Zufuhr muss rasch auf Änderungen des Wasserdrucks reagieren, die auftreten, wenn Wasserhähne geöffnet werden oder wenn sich der Kaltwasserbedarf kontinuierlich verändert. Eine kürzlich vorgestellte Innovation interpoliert zwischen den Hall-Schaltpunkten und ermöglicht eine sinusförmige Stromregelung. Sie liefert auf diese Weise ein Drehmoment mit geringen Störgeräuschen.

Geberlose Motorregelungen

Für Messungen des Motorwicklungsstroms sind teure Schaltungen zur Signalisierung erforderlich. Deshalb wird bei kostengünstigen geberlosen Motorregelungen die Rotorposition meist durch Algorithmen bestimmt, die die Motorwicklungsströme abschätzen. Dabei stellt die Entwicklung und Codierung eines geeigneten Algorithmus eine nicht zu vernachlässigende Schwierigkeit dar. Außerdem führt das Schreiben und Testen des Codes oft zu Verzögerungen und Risiken bei der erfolgreichen Fertigstellung eines Projekts. Mittlerweile entwickeln Halbleiterhersteller wie International Rectifier ICs und Tools, welche sämtliche Regelalgorithmen enthalten, die notwendig sind, um die geberlose Motorregelung zu vereinfachen. Diese Algorithmen genügen den spezifischen Anforderun-

gen einer geberlosen Regelung und beschleunigen den Entwicklungsprozess in hohem Maße. Sie beseitigen einen beträchtlichen Anteil des Risikos bei der IC-Entwicklung und ermöglichen es den Entwicklern, drehzahlgeregelte Motorantriebe zuverlässig und kostengünstig zu implementieren. Der integrierte Lösungsansatz senkt die notwendige Komponentenzahl sowie die Herstellungskosten. Die speziell auf diesen Lösungsansatz ausgelegte Hardware führt den Motorregelalgorithmus schneller aus als universelle Prozessoren, was zu einer verbesserten Drehzahl- und Drehmomentregelung führt. Und das wiederum versetzt Pumpenentwickler in die Lage, Systeme zu designen, die weniger elektrische Energie aufnehmen und die Störgeräusche minimieren.

Plattform zur intelligenten Pumpenregelung

Die integrierte Antriebsregelungs-Plattform iMOTION von International Rectifier realisiert diese Technik für drehzahlgeregelten Pumpenanwendungen mit einer Leistung bis zu 300 W. Diese Plattform besteht aus dem Mixed-Signal-Controller IRMC371, einem zugehörigen intelligenten Power-Modul (IPM) für die Leistungsstufe, Regelalgorithmen, Entwicklungssoftware sowie Design-Tools.

Im IRMC371 sind sämtliche Regelfunktionen und Analogschnittstellen integriert, die zur genauen, geberlosen und sinusförmigen Regelung von PMSMs erforderlich sind (Bild 1). Durch die Strommessung im Zwischenkreis des Umrichters, der den Motor ansteuert, erzeugt der Controller eine genaue Darstellung der Motorwicklungsströme. In jedem PWM-Schaltzyklus sind zwei Umrichter-Schaltzustände vorhanden, bei denen der im DC-Bus fließende Strom mit dem Strom in der Motorwicklung übereinstimmt. Durch zweimaliges Abtasten des Zwischenkreisstroms in jedem PWM-Zyklus misst der Controller zwei der Phasenströme. Die drei Ströme müssen zusammen Null ergeben, so dass der IRMC371 den dritten Phasenstrom aus den beiden Messungen errechnen kann. Das ermöglicht dem Controller genaue Abschätzungen des Rotorwinkels und der Winkelgeschwindigkeit zur Ansteuerung der Drehzahl- und Drehmoment-Regelalgorithmen.

Zu den Analogfunktionen auf dem Chip zählen ein Differenzverstärker, zweifache Sample- und Hold-Schaltungen sowie der 12-Bit A/D-Wandler, welcher das Niederspannungssignal über dem Zwischenkreis-Shunt abtastet. Der Baustein enthält eine MCE (Motion Control Engine) von International Rectifier. Ein integrierter 8051-Mikrocontroller mit 60 MIPS und 8 Bit, der unabhängig von der MCE arbeitet, führt die Software auf der Anwendungsebene aus.

Implementierung

Der IRMC371 implementiert den Algorithmus zur Motorregelung auf der Hardware unter Einsatz der MCE, während die Anwendungssoftware der Pumpe auf dem Mikrocontroller läuft. Dadurch wird die Regelschaltung für den Pumpenantrieb vereinfacht (Bild 2). Das intelligente Power-Modul IRAMS06UP60B setzt sich aus einem Dreiphasen-Umrichter mit Treiber zusammen. Die im SIP1-Gehäuse erhältliche Leistungsstufe verfügt über Abschalt- und Überstromschutz, die auch beim Auftreten von Fehlern einen sicheren Betrieb gewährleisten. Zudem enthält das Modul Shunt-Widerstände, die für eine Rückmeldung des Stromsignals zum IRMC371 sorgen.

Eine Bibliothek von Funktionsblöcken zur Motorregelung steht als Soft-IP zur Verfügung, welche der Entwickler unter Verwen-

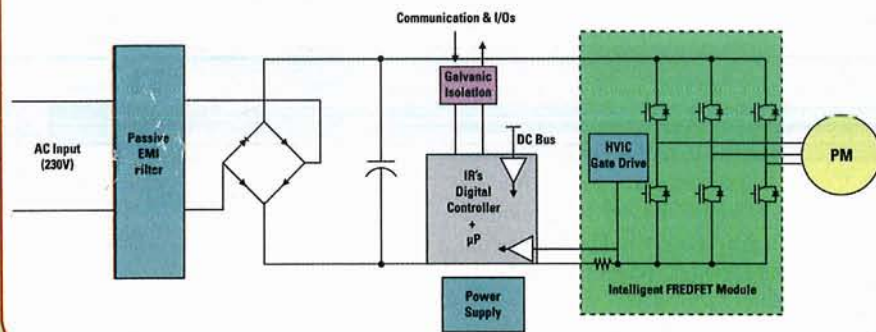


Bild 2. Design eines Pumpenmotorantriebs

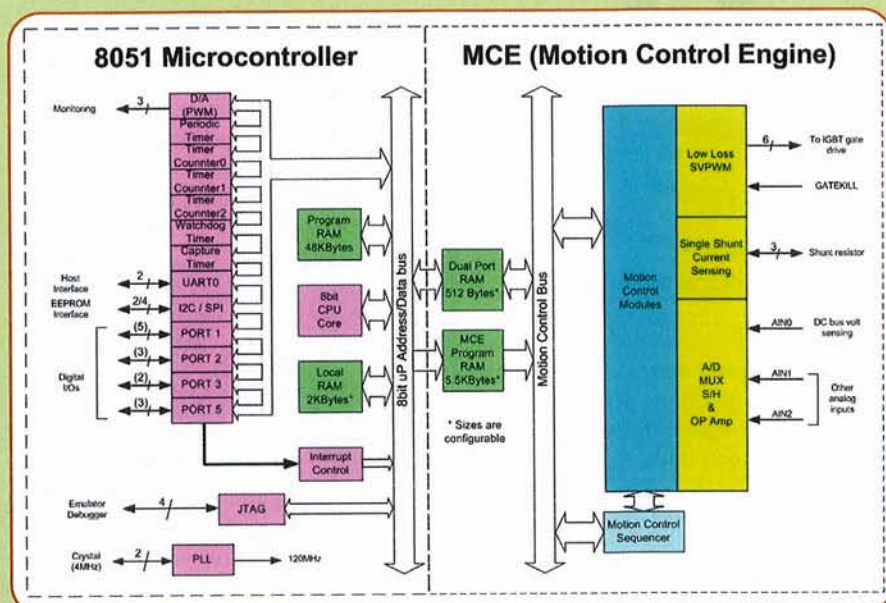


Bild 1. Blockdiagramm des IRMC371

dung eines graphischen Konfigurations-Tools auswählt. Ein dedizierter Compiler übersetzt die Regelfunktionsauswahl in Befehle der MCE-Steuereinheit, die zur Implementierung des Regelsystems die Hardware-Makroböcke miteinander verbindet und so Entwicklungsfehler verringert.

Eine Realisierung eines solchen Algorithmus wird in **Bild 3** veranschaulicht. Die MCE wandelt die drei Rotorstromwerte, die sich aus den Strommessungen im Zwischenkreis ergeben, unter Verwendung einer Clarke-Transformation in äquivalente Zweiphasenwerte um. Die Funktion zur Rotorflussabschätzung leitet die Flussfunktionen aus den Stromwerten ab, die sich aus der Clarke-Transformation und aus der Vektorrotationsfunktion ($e^{j\theta}$) ergeben. Der Rotorphasen-PLL sorgt für genaue Abschätzungen von Rotorwinkel und Drehzahl. Die FOC-(feldorientierten Regel-)Blöcke entkoppeln die Transformationen der AC-Motorwicklungsströme in zwei DC-Komponenten, die Drehmoment (I_Q) und Fluss (I_D) darstellen. Das Controller-Design wird dadurch vereinfacht, dass die Stromschleifenabstimmung unabhängig von der Rotordrehzahl erfolgt. Der Drehmoment-Referenzbefehl für die IQ-Schleife wird aus dem Drehzahlfehler berechnet. Die RAMP-Funktion hält die Motorbeschleunigung innerhalb festgelegter Grenzwerte und die LIMIT-Funktion ver-

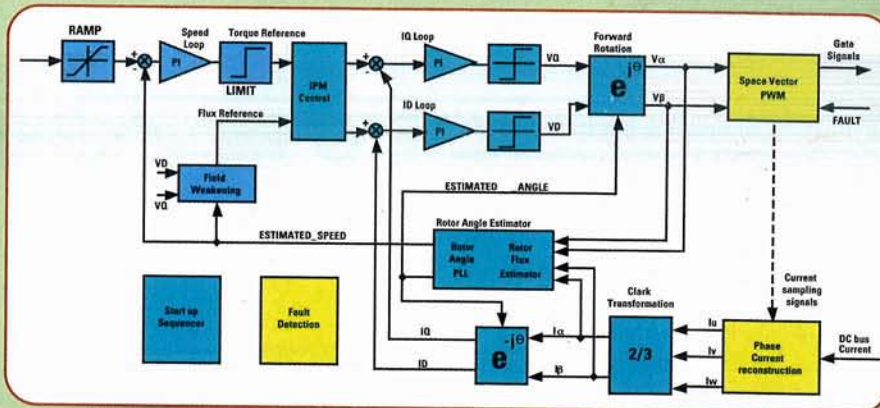


Bild 3. Algorithmus zur Antriebssteuerung

hindert, dass der Motorstrom den vom Hersteller empfohlenen Maximalwert überschreitet.

Eine zusätzliche Funktion realisiert eine Reluktanz-Drehmomentregelung für einen IPM (Motor mit innen liegendem Permanentmagnet). Das Reluktanz-Drehmoment ist eine Komponente des Drehmoments, die sich aus dem Aufbau des IPM ergibt und der bei SPMs (Motoren mit Permanentmagneten auf der Oberfläche) nicht vorhanden ist. Die IPM-Regelung erlaubt es dem Entwickler, das Drehmoment des IPM durch Einstellung des Phasenvorlaufs zu maximieren. Da die MCE für individuelle Anforderungen konfigurierbar ist, hat der Entwickler die Möglichkeit, diese Funktion bei Systemen ohne IPM nicht einzubinden. (ih)

ZUM AUTOR

Aengus Murray

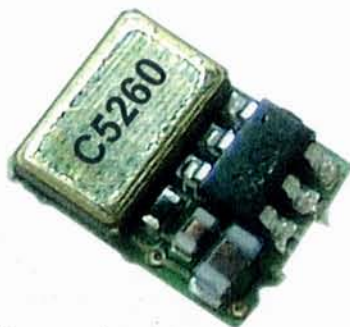
ist Direktor für Produkt-Management von iMOTION in der Zentrale von International Rectifier in El Segundo, Kalifornien.



- **International Rectifier**
- Kennziffer: 162
- Webcode: 03162

Spannungsgesteuerte Quarzoszillatoren

Vectron International stellt zwei mit COB-Technik gefertigte VCXO-Serien vor, die eine Versorgungsspannung von 3,3 oder 5 V benötigen. Die Quarzoszillatoren der Serie C5260, die in einem Gehäuse der Größe 5 x 7 mm² geliefert werden, weisen einen Frequenzbereich von 1 bis 160 MHz auf. Unter der Bezeichnung C5310 sind VCXOs verfügbar, deren Frequenzbereich sich zwischen 1 und 700 MHz erstreckt. (ih)



Der Frequenzbereich der Serie C5260 reicht von 1 bis 160 MHz

- **C5260, C5310**
- **Vectron**
- **Kennziffer: 036**
- **Webcode: 03036**

Differenzdrucksensor für medizinische Anwendungen

Mit dem SDP1108 erweitert Sensirion seine SDP-Familie um einen Differenzdrucksensor, der für den Einsatz in medizinischen An-



Die Ansprechzeit des Sensors beträgt weniger als 8 ms

wendungen entwickelt wurde. Der mittels CMOSens-Technik gefertigte Analogsensor weist auch bei geringen Differenzdrücken eine Ansprechzeit von unter 8 ms auf. Zu den Features des SDP1108 zählt die interne Filterung und Linearisierung des Sensorsignals. (ih)

- **SDP1108**
- **Sensirion**
- Kennziffer: 037
- Webcode: 03037

Stromwandler zur Überwachung von Autobatterien

Zur Überwachung von Autobatterien sind die von LEM präsentierten Stromwandler der Baureihe HAB vorgesehen. Ihr Messbereich erstreckt sich von ± 20 bis ± 120 A bei einer Genauigkeit von ± 2 %. Das Messprinzip der zwischen -40 und $+125$ °C arbeitenden Stromwandler basiert auf dem Halleffekt. Um den Stromwandler zu installieren, muss das Batteriekabel nicht unterbrochen werden. Die Sensoren, deren Ansprechzeit maximal 10 ms beträgt, erfordern eine unipolare +5-V-Versorgungsspannung. Je nach Typ verfügen sie über einen PWM- oder einen ratiometrischen Spannungsausgang. (ih)



Mit dem Stromwandler lassen sich Ströme zwischen ± 20 und ± 120 A messen

- **HAB**
- **LEM**
- Kennziffer: 038
- Webcode: 03038