

LEISTUNGSELEKTRONIK

Motoransteuerungen

Eine vollständige Motion-Designlösung

09.03.2007 | Autor: [Aengus Murray*](#)

Investitionen in energieeffiziente Antriebe amortisieren sich laut ZVEI häufig in weniger als einem Jahr. Mit verlustarmen Motoren und Einsatz von Frequenzumrichtern zur elektronischen Drehzahlregelung könnte die deutsche Industrie ihren Stromverbrauch um 9% senken. Energie sparen ist auch das Ziel der integrierten Designumgebung iMOTION.



Die Mehrzahl der Anwendungen wird von Induktionsmotoren angetrieben, die schätzungsweise bis zu 60% der aufgenommenen elektrischen Energie vergeuden, weil sie (vermeintlich) kostengünstige elektromechanische Antriebe einsetzen, die den Motor ausschließlich mit

voller Drehzahl oder im Stillstand laufen lassen können. Ein Übergang auf einen drehzahlgeregelten Betrieb, der bei Verwendung eines Permanentmagnet-Synchronmotors (PMSM) leichter zu erreichen ist, könnte viel von dieser Vergeudung einsparen. Zahlen des International Energy Outlook deuten darauf hin, dass für die Weltwirtschaft Einsparungen von mehr als 500 Mrd. € möglich sind.

Zusätzliche Vorteile von drehzahlgeregelten Antrieben umfassen außerdem geringe Störgeräusche und ein geringeres elektrisches Rauschen sowie einen niedrigeren Vibrationspegel. In manchen Fällen können kleinere Motoren mit geringerer Leistung eingesetzt werden als dies bei einem Ein/Aus-Antrieb möglich wäre. Die Fähigkeit, den Motor genau regeln zu können, erlaubt es Entwicklern darüber hinaus, neue Eigenschaften zu implementieren, um dadurch ihre Produkte im Marktumfeld noch weiter zu differenzieren.

Drehzahlgeregelte Antriebe auch für Haushaltsgeräte

Bildergalerie zu diesem Beitrag



Klicken Sie auf ein Bild, um die Fotogalerie zu starten. (3) Bilder.

Aus Umwelt- und Marketinggründen sind Entwickler deshalb darauf aus, drehzahlgeregelte Antriebe in Haushaltsgeräten der nächsten Generation einzubauen. Jedoch benötigen drehzahlgeregelte Motoren höher entwickelte Antriebs- und Regelschaltungen als herkömmliche universelle Ein/Aus-Motoren, sodass der Entwicklungsvorgang eine zusätzliche Komplexität erhält.

Diese Komplexität schließt für die Mehrzahl der OEMs eine Entwicklung im eigenen Hause aus. Allerdings bedeuten Time-to-Market und Kostenvorgaben, dass der Kauf von ab Lager erhältlichen, vorkonfigurierten Antrieben und der Einsatz von Systemintegratoren im Allgemeinen nicht gangbar ist. Aus diesem Grund besteht eine Nachfrage nach neuen Lösungsansätzen, welche die mit der Entwicklung drehzahl geregelter Motorantriebe und deren Implementierung verbundenen Kosten, als auch den Zeitaufwand und das Risiko verringern können.

Eine Designplattform für viele Motion-Lösungen

Um diesen Anforderungen zu genügen hat International Rectifier die Leistungselektronik der iMOTION-Plattform für den Einsatz in der Antriebesregelung eingeführt. Damit stehen dem Entwickler kompatible Hardware-Bausteine zusammen mit IP und Software-Tools zur Verfügung, die sich rasch zur Schaffung anwendungsspezifischer drehzahlgeregelter Motorantriebe kombinieren lassen.

Bild 1 illustriert, wie die Elemente der iMOTION-Plattform die Grundlage für eine vollständige Lösung zur Bewegungssteuerung bilden. Im Kern der Entwicklung befindet sich ein dedizierter Controll-IC, der einen IP-Block mit der Bezeichnung Motion Control Engine (MCE) enthält. Dieser implementiert sämtliche zur Durchführung einer geschlossenen Schleifenregelung in Hardware erforderlichen Elemente und enthebt auf diese Weise den Produktentwickler von der Verantwortung für die Softwareentwicklung.

Eine eigene Hardware-Peripherie für die Ansteuerung von Antrieben, die Raumvektor-PWM und eine Schnittstelle zur Motorstromrückmeldung unterstützen, sind gleichermaßen auf dem Chip implementiert, ebenso wie die Steuerungslogik für die parallele Mehrschleifenregelung. Synchrone Ausführungen der geschlossenen Drehzahlregelschleife und der geschlossenen Stromregelschleife sind in der Logikhardware enthalten.

Ein intelligenter Umgang mit Ressourcen hat Zukunft

Entwickler können den IC rasch so optimieren, dass er zu den Parametern von ausgewählten Motoren und anderen Systemparametern passt. Dabei findet ein PC-basiertes Software-Tool Verwendung, das eine Schnittstelle zur Konfiguration der internen Register besitzt.

Eine integrierte 8051-basierte 8-Bit-MCU dient als Host für die Haushaltsapplikationen. Sie arbeitet unabhängig vom Antriebsregelalgorithmus. Das erspart es dem Entwickler, sich Expertenwissen in der Motorregelung aneignen zu müssen, um seine Applikation zu entwickeln. Die MCE und die 8051-MCU nutzen jedoch gemeinsam ein Dual-Port-RAM, sodass Sollwerte des Controllers im laufenden Betrieb aus der Anwendung heraus eingestellt werden können. Außerdem lassen sich Regelvariable wie der Drehmomentstrom (IQ) einfach überwachen.

Der Regelalgorithmus kann ebenfalls rasch in der MCE-Hardware ausgeführt werden, ohne dass er übermäßig Leistung verbraucht. Tatsächlich ist er mit rund 11 μ s schnell genug, um beispielsweise die gleichzeitige Regelung des Ventilator- und des Kompressormotors in einer Klimaanlage zu erlauben.

Eine Auswahl geeigneter IPM-Lösungen

Der in Bild 1 dargestellte Analogblock ist verantwortlich für das Abtasten des Motorphasenstroms über einen externen Nebenschlusswiderstand, und er wandelt die Strominformation in ein Digitalsignal um, das zur Übergabe an die Niederspannungslogik geeignet ist. In den jüngsten Entwicklungsplattformen vermeidet ein einfacher Stromsensor auf der Low-Side des Zwischenkreises die Notwendigkeit der Spannungsisolierung. Ein entsprechendes Timing der A/D-Abtastungen kann die Dreiphasen-Motorströme vom Signal über dem Zwischenkreis-Shunt extrahieren.

Die iMOTION-Plattform stellt eine Auswahl intelligenter Power-Modul-(IPM-)Lösungen mit mehreren integrierten IGBT-Schaltern zur Verfügung, ebenso wie Dreiphasentreiber, die den Einsatz diskreter IGBTs erlauben. IRFs patentierte HVIC-(High Voltage IC)-Technologie

ermöglicht es, iMOTION-IPMs und Treibern, eine direkte Verbindung zwischen dem digitalen Ansteuer-IC und IGBTs mit Nennspannungen bis 600 V herzustellen. IGBT-Schutzfunktionen einschließlich Abschaltung, Überstromschutz und Temperaturerfassung sind ebenfalls vorgesehen.

Einblick in die Motion Control Engine

Die MCE implementiert eine geberlose FOC (Field Oriented Control) zur Regelung von Drehzahl und Drehmoment des PMSM. FOC verwendet Vektordrehungen, um die Wicklungsströme des Wechselstrommotors in zwei Gleichstromkomponenten zu entkoppeln, die Drehmoment (IQ) und Magnetfluss (ID) regeln. Dies vereinfacht die Controller-Entwicklung, da die Abstimmung der Stromschleife von der Motordrehzahl unabhängig wird.

Bild 2 zeigt das Prinzip der FOC-Implementierung in IRFs MCE-Hardware. Die äußere Drehzahlschleife berechnet den Drehmoment-Referenzbefehl für die IQ-Schleife auf Basis des Drehzahlfehlers. Am Eingang der Drehzahlschleife liegt eine Ramp-Funktion zur Begrenzung der Beschleunigung innerhalb spezifizierter Grenzwerte, und ausgangsseitig liegt eine Limit-Funktion zur Begrenzung des Motorstroms. Enthalten ist zudem eine zusätzliche Regelfunktion, die einen Phasenvorlauf einführt, um den Drehmomentausgang beim Ansteuern eines Motors mit innenliegendem Permanentmagnet (IPM) zu maximieren. Der Magnetfluss-Referenzwert wird zur Maximierung des Drehmoments pro Ampere bei geringen Drehzahlen auf Null gesetzt, lässt sich jedoch auch auf einen negativen Wert setzen, um den Magnetfluss bei High-Speed-Betrieb abzuschwächen. Der Algorithmus zur Feldabschwächung berechnet den optimalen ID-Referenzstrom zur Maximierung des Einsatzes der verfügbaren Umrichterspannung.

Den Algorithmus der Leistungsanforderung optimieren

Produktentwickler können den Algorithmus rasch so optimieren, dass er spezifischen Leistungsanforderungen entspricht. Dafür steht das PC-basierte grafische Editier-Tool MCEDesigner zur Verfügung, um aus einer Bibliothek von erhältlichen MCE-Funktionen eine Auswahl zu treffen.

Nach der Auswahl übersetzt ein speziell dafür vorgesehener Compiler die gewünschten Regelfunktionen in die MCE-Ablaufbefehle, welche die Hardware-Makroblöcke in richtiger Reihenfolge miteinander verbinden und so das Regelsystem implementieren. Das reduziert Entwicklungsfehler und verkürzt die Entwicklungszeit. Design-Tools enthalten Kommunikationssoftware, die auf dem 8051-Mikrocontroller läuft und die dem MCEDesigner Zugriff auf die Regelparameter und Systemvariablen in dem gemeinsam genutzten Speicher vermittelt. Dies erlaubt die Modifizierung der Sollwerte des Controllers und der Regelschleifen sowie anderer Konstanten, ohne dass Software modifiziert oder kompiliert werden muss.

Standard-Lösungen: anwendungsorientierte digitale Regelungen

Die MCE ist als ein Embedded-Block in einem breiten Spektrum von Umrichtern einsetzbar, die für Anwendungen mit unterschiedlichen Anforderungen bestimmt sind. Zum Beispiel hat IRF, um Entwicklern den einfacheren Einsatz der iMOTION-Plattform zu erlauben, dedizierte Controller-ICs einschließlich der MCE vorgestellt, die für den Einsatz in Waschmaschinen, Klimaanlage und Pumpenanwendungen optimiert sind.

Für Waschmaschinen, Klimaanlage und Pumpenanwendungen

Der IRMCF341 ist für Waschmaschinenanwendungen optimiert. Über die Embedded-MCE-IP hinaus ist in diesem Baustein ein verlustarmes Raumvektor-PWM-Modul zum direkten Anschluss an eine der iMOTION-IGBT-Gate-Ansteuerungen integriert. Weiter ist eine einzige Schaltung zur Rekonstruktion des Shunt-Stroms integriert, sie versetzt den Nebenschlusswiderstand in die Lage, direkt mit dem IC zu kommunizieren, ohne dazu zusätzliche externe Analog- oder Digitalschaltungen zu benötigen.

Der IRMCF312 für den Einsatz in Klimaanlage implementiert MCE-basierte Hardwareberechnungen des Motorregel-Algorithmus sowohl für die Drehzahlregelung von zwei geberlosen Permanentmagnet-Synchronmotoren als auch für eine digitale PFC-Regelung. Die beiden auf dem Chip verfügbaren PWM-Ausgänge eignen sich zum direkten Anschluss an iMOTION-IGBT-Gate-Treiber für den IPM-Motor (mit innen liegenden Permanentmagneten), wie er normalerweise in Kompressoren verwendet wird, ebenso wie für den SPM-Motor (Magnete auf der Oberfläche) – dabei handelt es sich um die Ausführung, die üblicherweise für den Antrieb des Ventilators gewählt wird.

Erst in allerjüngster Zeit fügte IR den IRMCF371 hinzu, der für Pumpenanwendungen optimiert ist. Bei dem zugehörigen Gate-Treiber handelt es sich um den IRAMS06UP60B, ein kompaktes IPM, das durch einen Dreiphasen-Umrichter mit IC-Treiber in einem kompakten Single-in-line-(SIP1-)Gehäuse gekennzeichnet ist. Ein Schaltbild der Bausteine in einer Pumpenapplikation zeigt Bild 3. Diese Produkte zielen auf die intelligenten drehzahlgeregelten Pumpen, die in der Lage sind, ihren Betrieb automatisch an die Druckanforderungen des Systems anzupassen. Derartige Pumpen bieten einen wesentlich effizienteren Betrieb als Alternativen mit gleichbleibender Drehzahl und erschließen potenzielle Energieeinsparungen zwischen 20 und 50% pro Jahr.

Viele weitere Applikationen sind denkbar und möglich

Steigende Energiekosten werden die Marktnachfrage nach energieeffizienten Haushaltsgeräten wie Waschmaschinen und Geschirrspülern anheizen. Andererseits wird eine direkte Gesetzgebung Veränderungen der Art und Weise beeinflussen, in der Dienste wie Klimaanlage und motorbetriebene Pumpen für das Wasser- und Abwassermanagement während neuer Bauprojekte spezifiziert werden. Zum Beispiel ist der Druck, einen nachhaltigen Wohnungsbau anzuordnen, der den Einsatz von energiesparenden Systemen an die Spitze treibt, sowohl in ganz Europa als auch in Nordamerika sehr hoch. In manchen Bezirken sind beispielsweise drehzahlgeregelte Pumpen in neuen Bauten zwingend vorgeschrieben.

Die kombinierten Einflüsse des Markts und der Gesetzgeber werden einen schnellen und kostengünstigen Weg zu einer noch höher entwickelten Antriebsregelung fordern. Leistungshalbleiter der iMOTION-Plattform etwa können diesen Anforderungen entsprechen.

Intelligente Power-Module (IPM) und ihr Nutzen

Power-Management und elektronische Drehzahlregelung schonen nicht nur die Energie-Ressourcen, sondern sparen auch Milliarden von Euro an Energiekosten. Moderne Bauelemente und ihre integrierte Entwicklungsplattform für digitale, analoge und Hochvolt-ICs machen es leicht.

Derzeit ist eine Leistungselektronik auf dem Vormarsch, die über den gesamten Anwendungsbereich hinweg den Umstieg von elektromechanischer Regelung auf drehzahlgeregelte elektronische Motorantriebe ermöglicht. Sie basiert auf einer integrierten Plattform mit kombinierter Integration von digitalen und analogen ICs sowie

Leistungstransistoren, die durch innovative Regelalgorithmen koordiniert werden.

Damit kann der Entwickler schneller eine Entwicklungsplattform schaffen, die auf spezifische Typen von Anwendungen zur Motorregelung mit applikationsspezifischen Eigenschaften und Design-Tools zugeschnitten ist. Chipsätze, die den Digitalregler, analoge Gate-Steuerungen und Messgeber, Signalverarbeitungs-Chips, Leistungshalbleiter und Leistungsmodule enthalten, werden gemeinsam entwickelt.

International Rectifier, Tel. +49(0)6102 884311

*Aengus Murray ist Director für das iMOTION Product Management bei International Rectifier, El Segundo/USA.

Redakteur: [Gerd Kucera](#)

Links zum Thema im Internet
Details zur iMOTION-Plattform sowie Links zur Entwicklungsunterstützung