

FREQUENZUMRICHTER

So bleibt der Motor cool

Eine möglichst geringe Motorerwärmung ist das A und O beim Betrieb von Hochgeschwindigkeitsmotoren. Frequenzumrichter können Motorverluste auf ein Minimum reduzieren und so den Systemwirkungsgrad erhöhen.

Die Drei-Level-Technologie der SD4M-Serie von Sieb & Meyer liefert, in der Kombination mit geräteabhängigen Schaltfrequenzen bis zu 32 kHz, eine gute Stromqualität und sorgt so für geringe Motorverluste und einen hohen Wirkungsgrad.



Bild: Sieb & Meyer AG

VERFASST VON
Markus Finselberger
Leiter Vertrieb
Antriebselektronik
Sieb & Meyer

Etwa 90 Prozent der Leistungsverluste, die durch den Frequenzumrichter verursacht werden, treten im Rotor auf und können dort zu einer schädlichen Erwärmung des Motors führen. Dieses Temperaturproblem wird durch das naturgemäß geringe Volumen des Rotors in Hochgeschwindigkeitsmotoren zusätzlich verschärft. Genau diese Herausforderung hatte Sieb & Meyer bei der Entwicklung ihrer SD4x-Produktfamilie im Blick.

Aufgrund geeigneter Regelungsverfahren und einer durchdachte Topologie ermöglichen die High-Speed-Umrichter der Lüneburger Hochgeschwindigkeits-Spezialisten Motorströme mit minimalen harmonischen Frequenzanteilen. Verglichen mit Wettbewerbs-

produkten seien die Verluste nach eigenen Angaben um bis zu 90 Prozent reduziert, was zu einer entsprechenden Verringerung der Motorerwärmung führe. Die geringeren Temperaturen verlängern wiederum die Lebensdauer der typischerweise bei Bearbeitungsspindeln zum Einsatz kommenden Kugellager und verbessern die Bearbeitungsqualität.

Das Ziel: eine perfekte Sinuskurve

Doch wie genau lässt sich der Motorstrom in der gewünscht hohen Qualität erzeugen? „Dazu muss man wissen, dass alle Ströme, die von der idealen Sinusform abweichen, Verluste im Motor erzeugen“, erläutert

Torsten Blankenburg, Technikvorstand bei Sieb & Meyer. „Dieser Motorstromanteil wird durch den Umrichter erzeugt und stellt sich als sogenannter Rippelstrom dar, der den sinusförmigen Motorstrom überlagert.“

Der auftretende Rippelstrom hängt maßgeblich von der Schaltfrequenz, der Umrichter-DC-Spannung und vor allem von der Motorinduktivität ab. Geringe Induktivitäten verursachen erhebliche Rippelströme. Das ist besonders bei schnelllaufenden Synchronmotoren problematisch, da diese naturgemäß niedrige Induktivitäten aufweisen. Die resultierende Rotorerwärmung kann enorme Auswirkungen auf die Rotorstabilität, die Permanentmagnete und die Lagerung haben. Besonders bei hohen Nenndrehzahlen des Motors manifestieren sich diese Probleme.

Als eine Gegenmaßnahme wird bei Standard-Umrichtern mit Zwei-Level-Puls-Weiten-Modulation (PWM) und niedriger Schaltfrequenz oft auf LC-Filter zurückgegriffen. Diese maßgeschneiderten Lösungen basieren auf passiven elektronischen Komponenten und erlauben entweder die Dämpfung der Schaltflanken des ausgegebenen Pulsmusters durch du/dt-Filter oder sogar die Annäherung an sinusförmige Motorspannungen und Ströme. Der Einsatz von LC-Filtern geht jedoch mit zusätzlichen Kosten, erhöhtem Platzbedarf, zusätzlichem Gewicht und Wirkungsgradverlusten einher. Zudem kostet die vorab erforderliche Auslegung der Filter für die spezifische Applikation Zeit und Flexibilität.

Die Lösung: Schneller schalten

Eine weitere Option besteht darin, die Schaltfrequenz für die PWM zu erhöhen. Dabei gilt die Faustregel, dass eine Verdoppelung der Frequenz den Rippelstrom um die Hälfte reduziert. Dieser Möglichkeit sind allerdings technische und wirtschaftliche Grenzen gesetzt. Zum einen sind hochfrequente Leistungstransistoren im höheren Spannungsbereich kostspieliger. Zum anderen steigen die Schaltverluste in der Endstufe drastisch an, was sich nachteilig auf den Wirkungsgrad und Kühlaufwand auswirkt. Zudem reagieren nicht alle Motoren positiv auf eine Erhöhung der Schaltfrequenz. In bestimmten Fällen, insbesondere bei Synchronmotoren ohne Segmentierung der Permanentmagnete, führt eine Frequenzerhöhung baubedingt nur zu marginalen Verbesserungen der Motorverluste.

Alternativ kann die Drei-Level-Technologie eingesetzt werden, die beispielsweise im SD4M implementiert ist. Die Leistungshalbleiter der Endstufen werden dabei im Vergleich zur Zwei-Level-Technologie nur mit der Hälfte der Spannung beaufschlagt. Dies ermöglicht den Einsatz von Leistungshalbleitern, die für niedrigere Spannungen ausgelegt sind und somit (technologiebedingt) schneller schalten können.

Das Ergebnis: In der Endstufe treten weniger Schaltverluste auf, und die Schaltfrequenz lässt sich erheblich steigern. Gleichzeitig wird der Elektromotor im Vergleich zur Zwei-Level-Technologie nur mit 50 Prozent der Spannungssprünge belastet. Durch den Einsatz der Drei-Level-Technologie lassen sich die im Rotor auftretenden Verluste um etwa 75 Prozent verringern. Bei der kombinierten Anwendung von Drei-Level-Technologie und Schaltfrequenzerhöhung können die Rotorverluste sogar um bis zu 90 Prozent reduziert werden. Der Vorteil: Diese Kombination macht den Einsatz eines LC-Filters in vielen Fällen überflüssig.

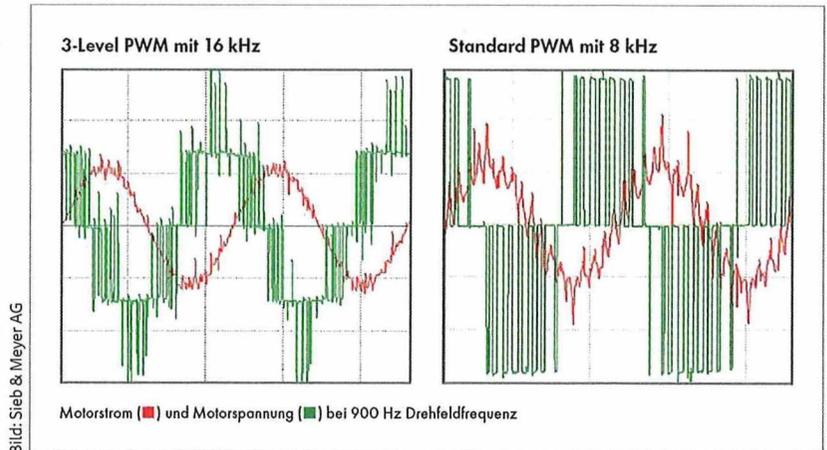


Bild: Sieb & Meyer AG

Wie sich der Einsatz der Frequenzumrichter in der Praxis auf Effizienz, Wirkungsgrad, CO₂-Emissionen und Kosten auswirkt, zeigt unter anderem das Beispiel einer Abwasseraufbereitungsanlage, die mit Turboverdichtern oder Turbokompressoren belüftet wird. Die Hauptcharakteristik dieser Anwendung ist der Rund-um-die-Uhr-Betrieb der Verdichter bzw. Kompressoren an 365 Tagen im Jahr. Entsprechend ist die Anlageneffizienz ein wichtiges Thema, eine möglichst geringe Motorerwärmung die große Herausforderung. Sieb & Meyer löst diese Anforderungen mit seinem SD4M mit Multilevel-Endstufe. Auf diese Weise kann der Wirkungsgrad der Turboverdichter bzw. -kompressoren um mehrere Prozentpunkte erhöht werden.

Effizienz der Applikationen verbessert

„Unser Ziel ist es, hochdrehende Motoren dynamisch und mit noch weniger Verlustleistung anzutreiben“, sagt Blankenburg. „Deshalb unterstützen wir nun auch PWM-Schaltfrequenzen von 24 und 32 kHz.“ Für eine noch feinere Modulation des sinusförmigen Signals ist eine Kommutierungswinkel-Steuerung nun auch für 32, 48 und 64 kHz integriert. Dadurch ergibt sich ein nahezu optimaler Sinus, es treten so gut wie keine harmonischen Ströme mehr auf – die Verlustleistung kann auf ein Bruchteil minimiert werden.

Torsten Blankenburg zieht ein klares Fazit: „Die optimierte Performance, die höhere Drehzahlen sowie die geringe Motorerwärmung ohne Sinusfilter ermöglichen es, die Produktionsqualität bestehender Anwendungen zu optimieren und darüber hinaus ganz neue Einsatzbereiche zu erschließen.“ (ud)

Perfekte Sinuskurve: Bei kombinierter Anwendung von Drei-Level-Technologie und Schaltfrequenzerhöhung ergibt sich gegenüber Standard-Umrichtern eine Reduzierung der harmonischen Stromanteile (Rippelstrom) auf zehn Prozent, sodass die umrichterbedingten Rotorverluste signifikant sinken.

„Alle Ströme, die von der idealen Sinusform abweichen, erzeugen Verluste im Motor.“

Torsten Blankenburg, Technikvorstand bei Sieb & Meyer