

Umrichterbedingte Verlustleistungen vermeiden

HILFE GEGEN ABWÄRME BEI HOCHGESCHWINDIGKEITSMOTOREN Die ATE Antriebstechnik und Entwicklungs GmbH & Co. KG sah sich bei der Realisierung kundenspezifischer Hochgeschwindigkeits-Antriebslösungen oftmals mit einer technischen Grenze konfrontiert: Extrem hohe Drehzahlen bei kompakten Baumassen waren aufgrund der hohen Rotorverluste nahezu unmöglich.



Quelle: ATE Antriebstechnik

Torsten Blankenburg, Vorstand Technik der Sieb & Meyer AG

■ Ohne Zusatzmaßnahmen wie kostenintensive LC-Filter oder eine aktive Kühlung erwärmten sich die Motoren zu stark. Abhilfe schafft der Frequenzumrichter »SD2M« von Sieb & Meyer. Dank seiner Drei-Level-Technologie lassen sich umrichterbedingte Verlustleistungen signifikant reduzieren. Das eröffnet Antriebsexperten völlig neue Möglichkeiten.

ATE hat sich auf hoch effiziente elektrische Antriebe für hohe Drehzahlen bzw. Frequenzen spezialisiert, die individuell für die jeweilige Anwendung und deren Anforderungen konzipiert werden (Bild 1). Bei den hochtourigen, permanentmagneterregten Motoren kommen die Geräte von Sieb & Meyer zum Einsatz. Gerade wenn man sich bezüglich der Drehzahlen an der Grenze des Machbaren bewegt, ist ein passender Frequenzumrichter von essenzieller Wichtigkeit.

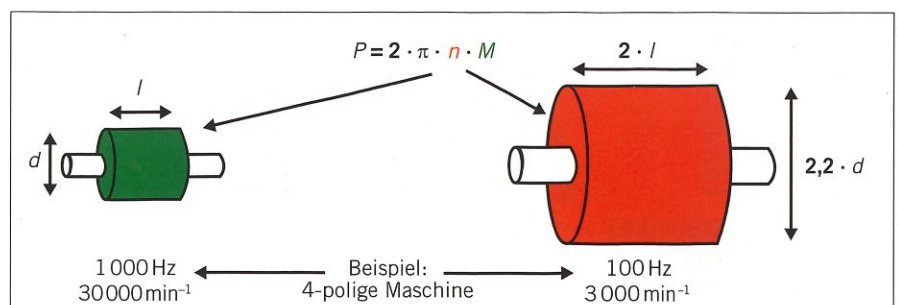
Frequenzumrichter für hochdrehende Antriebe

Die Frequenzumrichter von Sieb & Meyer machen besonders bei den hochdrehenden Antrieben von ATE Sinn, die zum Beispiel in Turboladern oder in der Brennstoffzellenbelüftung zum Einsatz kommen. »Brennstoffzellen werden unter anderem in der E-Mobilität benötigt, wo die Nachfrage aktuell sehr

groß ist. (...) Den Zellen müssen hohe Volumenströme an Luft zugeführt werden, um den Wasserstoff verbrennen zu können«, erläutert Dr. Andreas Neubauer, Entwicklungsleiter bei ATE »Die Luftversorgung erfolgt über einen hochdrehenden Kompressor, der mit seinen Motorfrequenzen von über 1600...2400Hz genau in das Kern-Know-how von ATE und Sieb & Meyer fällt«, so Neubauer weiter.

Elektrisch angetriebene Hochgeschwindigkeitsmotoren eignen sich auch für weitere Applikationen, z.B. für das Innen-Rundschleifen von hochgenauen Kugellagern, die Aluminium-Volumenzer-spannung von Flugzeugintegralteilen, das Bohren mit Höchstgeschwindigkeit in der Leiterplattenbearbeitung sowie Turbo-Kompressoren bzw. -Blower für die industrielle Druckluftherzeugung.

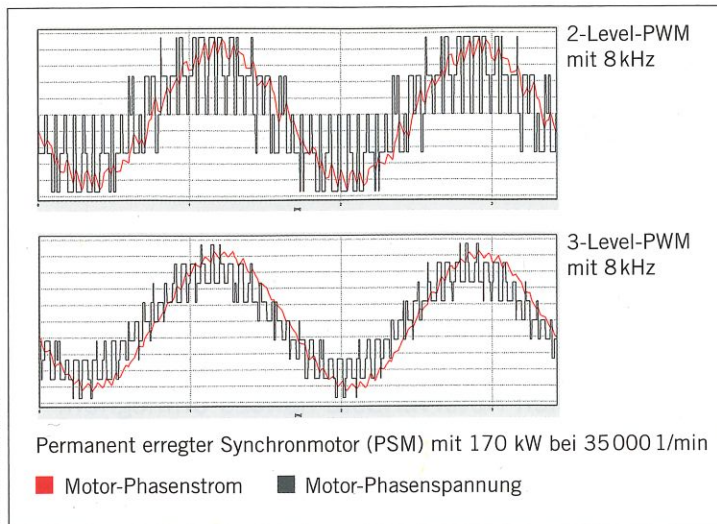
»Darüber hinaus gibt es noch weitere Anwendungen, bei denen höhere Drehzahlen benötigt werden, um die Bearbeitungsqualität zu verbessern oder die Produktionszeiten zu reduzieren«, erklärt Rolf Gerhardt, Leiter Vertrieb Antriebselektronik bei Sieb & Meyer. »Auch wenn wenig Bauraum vorhanden ist, sind Hochgeschwindigkeitsmotoren eine gute Wahl. Denn im Vergleich zu Standardmodellen sind sie relativ klein und leicht«, konstatiert Gerhardt weiter.



→ Bild 1: Geringe Rotorverluste sind insbesondere für Hochgeschwindigkeitsmotoren wichtig, da das Rotorvolumen im Vergleich zu einem Standardmotor wesentlich geringer ist

Quelle: Sieb & Meyer

Quelle: Sieb & Meyer



→ Bild 2: Die Qualitätsunterschiede im Motorstrom sind deutlich zu erkennen

Technische Herausforderungen bei Hochgeschwindigkeit

Physikalisch bedingt ist jedoch nicht nur der Hochgeschwindigkeitsmotor selbst, sondern auch seine Induktivität deutlich kleiner. Dieser Umstand macht es für heute übliche Standard-Frequenzumrichter mit Zwei-Level-Pulsweitenmodulation schwierig, dem Motor die nötige Stromqualität zur Verfügung zu stellen. Denn aufgrund der geringen Induktivität entstehen auf der gewünschten Sinuswelle deutliche Oberwellen im Motorstrom - der sogenannte »Ripple-Strom«, welcher ausschließlich Verluste im Motor erzeugt, davon ca. 90% im Rotor (Bild 2). In Verbindung mit der bauartbedingten kleinen Motorgröße ist es eine Herausforderung, die Rotor- und Wellentemperatur auf akzeptable Werte zu begrenzen.

Um die nicht erwünschten Oberwellen zu reduzieren, werden zwischen Umrichter und Motor häufig Filter-Komponenten geschaltet – entweder sogenannte Motordrosseln (Induktivitäten) oder auch LC-Filter bestehend aus Induktivitäten und Kondensatoren. Bei

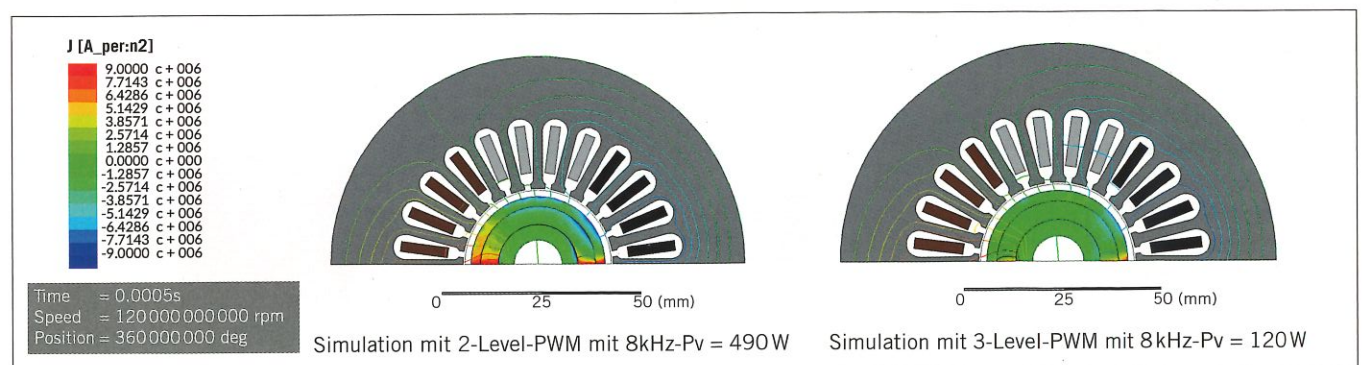
den Lösungen haben deutliche Nachteile bezüglich gesteigerter Kosten, Platzbedarf und Gewicht und einem reduzierten Wirkungsgrad. Bei den LC-Filtern treten nicht selten auch noch Schwierigkeiten mit Resonanzfrequenzen auf. Diese können große Probleme für Umrichter und Motor verursachen, wenn die Auslegung nicht sehr sorgfältig erfolgt.

Drei-Level-Technologie ermöglicht neue Anwendungen

Am besten ist es jedoch, man lässt die unerwünschten Oberwellen gar nicht erst zu – oder reduziert sie bereits am Entstehungsort, nämlich dem Umrichter, auf ein für die jeweilige Applikation zulässiges Maß. »Das kann unser Frequenzumrichter SD2M gewährleisten, der auf einer Drei-Level-Pulsweitenmodulation basiert«, so Rolf Gerhardt. »Er erzeugt wesentlich bessere Stromqualitäten und als Folge auch deutlich geringere Temperaturen im Motor.« Im direkten Vergleich reduzieren sich - bei gleicher PWM-Frequenz - die umrichterbedingten Zusatzverluste im Rotor um

mehr als 80% (Bild 3 und Bild 4). In den meisten Fällen reicht das vollkommen aus, um komplett auf LC-Filter oder Motordrosseln zu verzichten. Die innovative Drei-Level-Technologie des Frequenzumrichters SD2M ist für Ausgangsleistungen bis 432kVA und Drehfeldfrequenzen bis 2000Hz konzipiert. Als Basis für kundenspezifische Entwicklungen ist es sogar möglich, individuelle Kundenlösungen mit Motorströmen von bis zu 650A zu realisieren – wahlweise auf Grundlage einer Luft- bzw. Flüssigkeitskühlung.

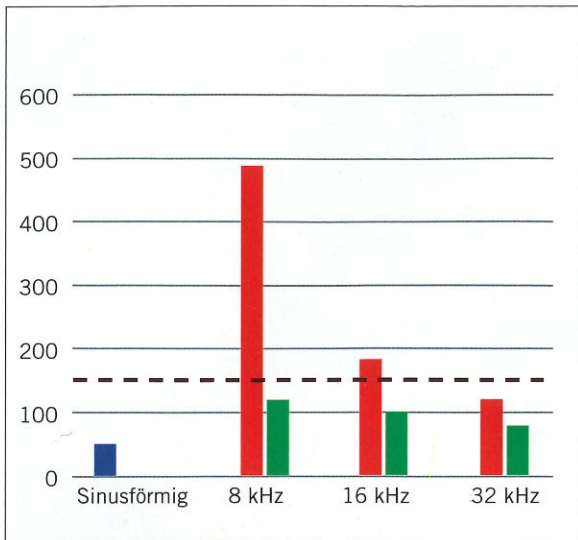
»Gerade, weil sich die Rotor-Verluste massiv reduzieren lassen, ist die Drei-Level-Technologie bei ATE sehr wichtig für uns«, betont Andreas Neubauer. »Bei der Umsetzung von kundenspezifischen Projekten scheiterte es in der Vergangenheit oft an den hohen Rotorverlusten. Der Hintergrund dafür ist, dass oft keine aktive Kühlung des Rotors möglich ist und Wärmekonvektionen eingeschränkte Erfolge zeigen.« Durch die Drei-Level-Technologie werden anspruchsvolle Anwendungen mit hohen Drehzahlen und kompakten Bauräumen für ATE über-



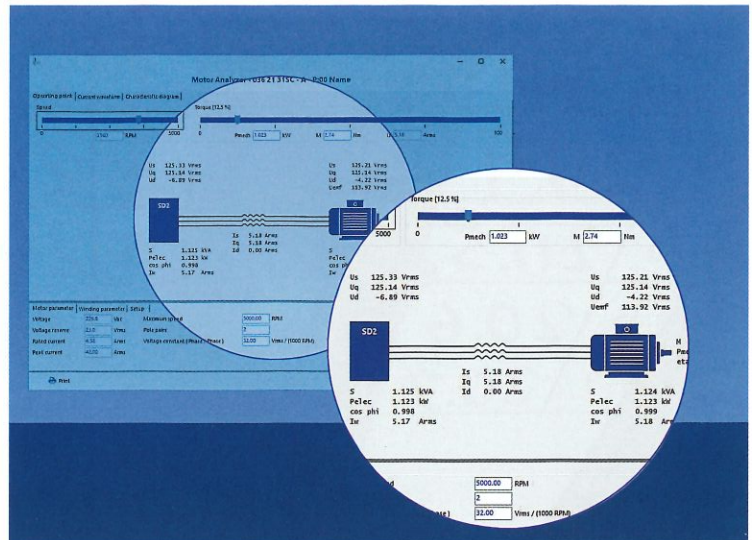
→ Bild 3: Die Simulation der Energieverteilung und der Rotorverluste beim Antrieb eines Turbo-Blowers mit 20 kW und $f = 2000$ Hz zeigt beim Einsatz eines Drei-Level-Umrichters deutliche Verbesserungen

Quelle: ATE

Quelle: Sieb & Meyer



→ Bild 4: Die Wirbelstromverluste im Rotor lassen sich mit der Drei-Level-Technologie signifikant reduzieren



Quelle: Sieb & Meyer

→ Bild 5: Das Softwaretool »Motor Analyzer« ermöglicht Simulationen des Zusammenspiels von Motoren/Spindeln und Frequenzumrichtern

haupt erst realisierbar – weil die Wärme gar nicht erst entsteht. »In der klassischen Technologie gab es z. B. in der Anwendung als Turbo-Blower für Brennstoffzellen eine technische Grenze bei circa 20kW, jetzt sind durchaus 35kW denkbar,« konkretisiert Andreas Neubauer. Wie warm der Mo-

tor in einer hochdrehenden Maschine tatsächlich wird, ist auch in der Planungsphase keine Spekulation mehr. Denn die Experten nutzen den »Motor Analyzer« (Bild 5), den Sieb & Meyer für die Auslegung von Antrieben unter Berücksichtigung des jeweiligen Umrichters entwickelt hat.

»Das Tool ermöglicht es, die Stromform zu simulieren und den Anteil von unsauberen Strömen im Voraus zu berechnen. Diese konkreten Berechnungen bedeuten für uns als Hersteller und unsere Kunden einen großen Mehrwert«, so Andreas Neubauer abschließend.