

IMPROVE – Anwendungsentwicklung innovativer Leistungselektronik für die Rohstoff- und Energieoptimierung von Umwälzpumpen

Das Team von »IMPROVE« forschte an der Reduzierung des Materialverbrauchs von Umwälzpumpen für Heizungs-, Klima- und Solaranlagen.

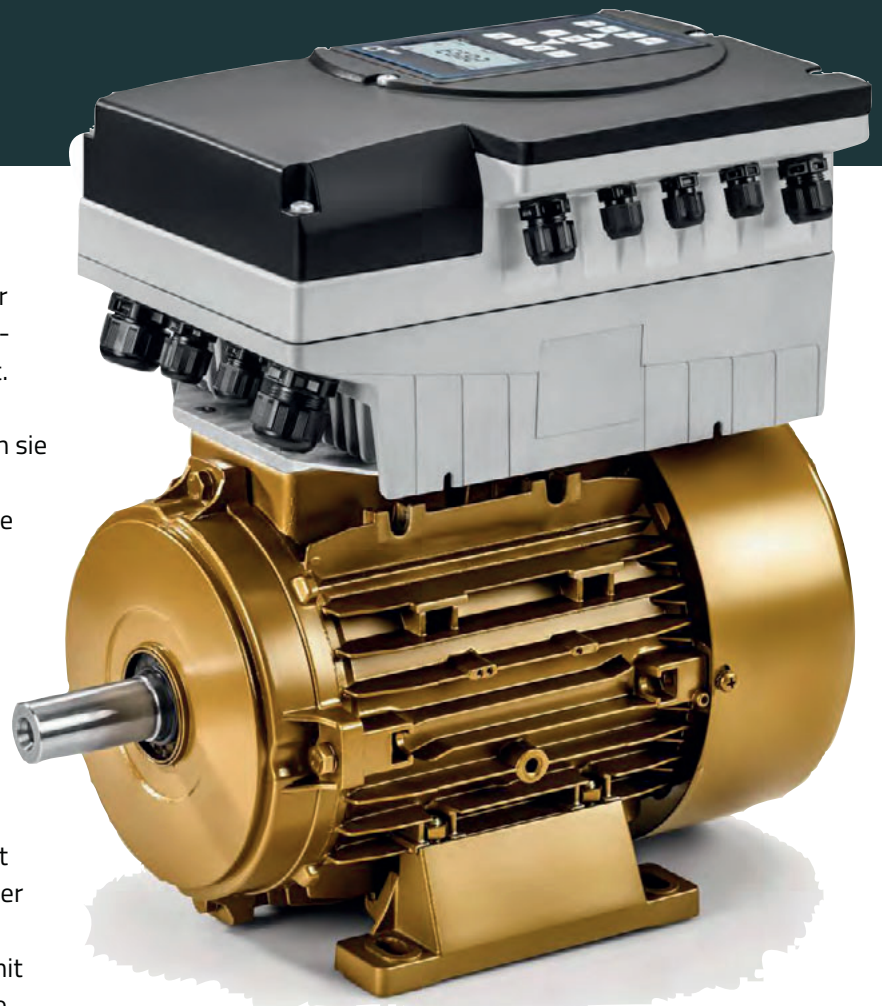


Wärmepumpen

Die Innovation: Kleiner, höhere Drehzahl

Umwälzpumpen werden vor allem in Gebäuden für den Flüssigkeitstransport in Heizungs-, Klimatisierungs-, Trinkwasser- und Solaranlagen eingesetzt. Auch in chemischen und verfahrenstechnischen Prozessen sowie in der Wasserversorgung werden sie benötigt. Europaweit sind mehr als 140 Millionen Umwälzpumpen in Betrieb, die im Durchschnitt alle zehn Jahre ersetzt werden müssen. Damit entsteht allein in Europa ein jährlicher Austauschbedarf von 14 Millionen Umwälzpumpen.

Der Markt für das ressourcen- und energieeffiziente Modell von »IMPROVE« ist entsprechend groß. Die Innovation des Geräts ist eine miniaturisierte Leistungselektronik, die in die Motoren der Pumpen integriert wird. So erhöht sich die Drehzahl der Pumpen, was – bei konstanter Rotorumfangsgeschwindigkeit zur Aufrechterhaltung konstanten Drucks – die Baugrößen und damit auch den Materialbedarf verringert. Das gilt für die Pumpe und für den Motor. Mit dem optimierten Pumpendurchmesser und dem drehzahlgeregelten Betrieb der Pumpe lässt sich der Wirkungsgrad der Geräte je nach Betriebszustand um etwa ein Viertel bis ein Drittel erhöhen. Der Hauptentwicklungsaufwand für die Innovation liegt in der Miniaturisierung und Integration der Leistungselektronik. Damit verbessern sich sowohl Ressourcen- als auch Energieeffizienz der Geräte signifikant.



Viele Millionen Umwälzpumpen müssen jährlich ausgetauscht werden. Miniaturisierte Leistungselektronik kann ihren Wirkungsgrad erhöhen.

Kontakt

Dr.-Ing. Jochen Mades
KSB SE & Co. KGaA
Johann-Klein-Str. 9
67227 Frankenthal (Pfalz)

Tel.: +49 6233 86-3260
E-Mail: jochen.mades@ksb.com

Zweistufige Strategie

Mit einer zweistufigen Strategie arbeitete »IMPROVE« an der Miniaturisierung und Integration der Leistungselektronik. Zunächst wurde die Schaltung spezifisch auf die Anwendung ausgelegt, indem zum Beispiel die Energiespeicherung durch die rotierenden Massen der Pumpe eingerechnet wurde. Im zweiten Schritt erfolgte die bestmögliche Integration der verbleibenden Komponenten mit Hilfe einer neuen Aufbautechnik: Die elektromechanische Motorkonstruktion wurde überarbeitet, die miniaturisierte Leistungselektronik produktionsgerecht ausgelegt und konstruktiv in das System integriert.


Entwicklung im Verbund

Entwicklungspartner im Vorhaben »IMPROVE« waren die KSB SE & Co. KGaA aus Frankenthal, die Hochschule Kaiserslautern mit dem Forschungsschwerpunkt Hocheffiziente technische Systeme und die Technische Universität Berlin mit dem Institut für Hochfrequenz- und Halbleiter-Systemtechnologien. Während der dreijährigen Laufzeit entwickelte die Hochschule Kaiserslautern die übergeordnete Versuchs- und Demonstrationsanlage, die Berliner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickelten die Leistungselektronik weiter. KSB führte als Entwickler und Produzent von Pumpen und deren elektrischen Antrieben und Regelungssystemen die Pumpe, den Motor und die Leistungselektronik zusammen und testete das System. Nach erfolgreichem Abschluss der Tests entstand in der Hochschule Kaiserslautern eine industrietaugliche Demonstrationsanlage. Hier wurde das Pumpensystem auf Funktionstüchtigkeit überprüft.

Ergebnisse

Durch den Einsatz von neuen Halbleitern auf Basis von Galliumnitrid (GaN) ließ sich die Schaltfrequenz um ein bis zwei Größenordnungen erhöhen. Die Power-Factor-Correction (PFC)-Schaltung des Motors wurde basierend auf der GaN-Technologie neu entworfen. Mit der »Bridgeless-PFC«-Topologie und ihrer minimierten Bauteilanzahl erreicht die neue Schaltung im Vergleich zur traditionellen Variante einen höheren Wirkungsgrad. Durch zusätzliche Kondensatoren im Rückstrompfad reduziert sich das Gleichtaktrauschen der Schalter. Zudem wurden wichtige Filterschaltungen angepasst, und die parasitäre Kommutierungsinduktivität konnte minimiert werden.

Eine größere Herausforderung war die Identifizierung und Eliminierung von durch Schaltflanken verursachten internen Funktionsstörungen. Um eine wichtige Voraussetzung für die Verringerung des Bauvolumens zu schaffen, wurde die Schaltfrequenz von 140 Kilohertz gewählt. Die Eingangsdrossel, ein für das Systemdesign entscheidendes Bauteil, wurde für einen hohen Wirkungsgrad der PFC sowohl bei maximaler Ausgangsleistung von 800 Watt als auch bei Teillasten ausgelegt.



Eine Pumpe wird sehr oft in Teillast betrieben. Anhand zahlreicher Simulationen der PFC wurde deshalb die Induktivität der Eingangsdrossel so gewählt, dass auch im Teillastbereich der Wirkungsgrad hoch ist. Das Volumen der Drossel wurde auf etwa ein Siebtel reduziert. Ein Konzept für die Einbettung der GaN-Komponenten in die Leiterplatte mit der Möglichkeit einer optimierten Entwärmung wurde ausgearbeitet, womit sich in Zukunft das Kühlkörpervolumen verkleinern lässt.