

FREQUENZUMRICHTER

Die Geschichte eines Erfolgsprodukts

Ende der 1960er-Jahre kamen die ersten in Serie gefertigten Frequenzumrichter auf den Markt – und traten einen Siegeszug an. Heute sind sie weit verbreitet und unverzichtbar für den effizienten Betrieb von Motoren.

Frequenzumrichter – der Begriff ist breitflächig bekannt und dennoch diffus. Starten wir deshalb mit einer einfachen Definition: „Grundsätzlich bezeichnet das Wort Frequenzumrichter ein elektronisches Gerät, das Motoren mit einer variablen Drehzahl antreiben soll“, erläutert Rolf Gerhardt, Leiter Vertrieb Antriebselektronik bei der Sieb & Meyer AG. Das Lüneburger Unternehmen entwickelt und fertigt seit Beginn der 1970er-Jahre Servoverstärker und Frequenzumrichter und ist mittlerweile ein führender Anbieter von Lösungen für den Hochgeschwindigkeitsbereich.

Erforderlich wurden Frequenzumrichter ursprünglich, weil an einem regulären Wechselstromnetz Motoren nur mit einer festen Drehzahl betrieben werden können. Das jedoch genügte angesichts der fortschreitenden industriellen Automatisierung nicht mehr. Um

die Drehzahl stufenlos anwählbar zu machen und gleichzeitig den Drehzahlbereich zu erweitern, mussten neue Wege beschritten werden. „Ein Evolutionszweig waren die sogenannten rotativen Frequenzumrichter, die im Wesentlichen aus einem höherpoligen Generator bestanden“, weiß Rolf Gerhardt. „Diese wurden mit einem in der Regel zweipoligen Motor gekoppelt, welcher mit dem 50 Hz-Versorgungsnetz verbunden war.“

Als Resultat erhielt man am Generatorausgang eine Wechselspannung, die in Abhängigkeit der Generatorpoligkeit höher sein konnte als die Netzfrequenz. War der Generator 4-polig, ergab sich eine Ausgangsfrequenz von 100 Hz, was max. 6.000 1/min entsprach. Bei 6-poligen Ausführungen ließen sich 150 Hz (ca. 9.000 1/min) erreichen. Rotative Umrichter waren jedoch sehr aufwändig, teuer und brachten nur wenig Flexibilität –

Einige Arbeitsschritte bei der Herstellung von Frequenzumrichtern erfolgen nach wie vor in Handarbeit.

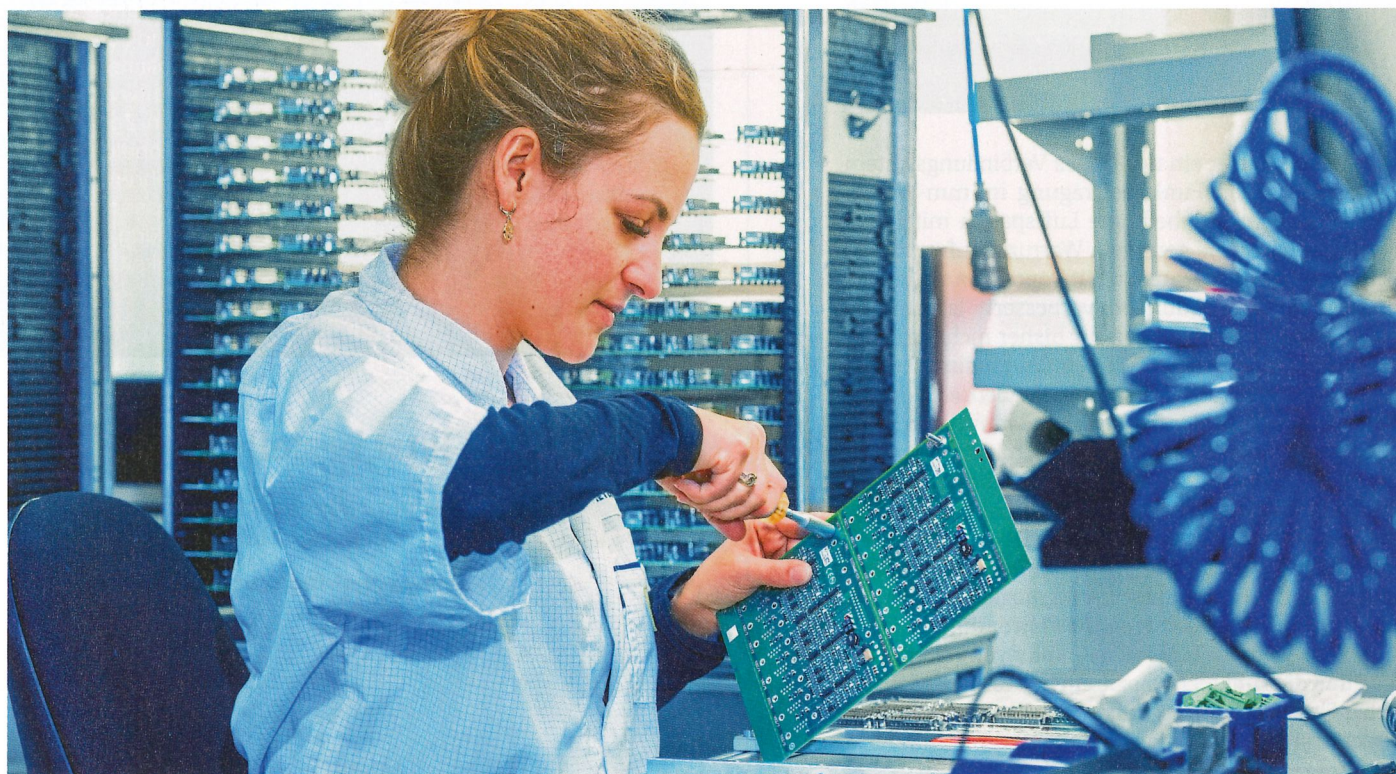


Bild: Sieb&Meyer

Nachteile, die schlussendlich zum Aussterben dieser Technologie führte.

In den 1970er-Jahren kamen die ersten statischen Frequenzumrichter auf den Markt – unter anderem „Made in Lüneburg“: Denn auch Sieb & Meyer präsentierte zu dieser Zeit die ersten statischen Frequenzumformer für Schnelllaufspindeln. „Die Technik der statischen Frequenzumrichter besteht aus Leistungshalbleitern und einer Halbleiter-Logik, die die einzelnen Funktionen steuern“, so Rolf Gerhardt. „Prinzipiell hat sich an der Funktionsweise bis heute nichts wesentlich geändert.“ Das feste 50 Hz-Drehstromnetz wird im Umrichter zu einer DC-Spannung gleichgerichtet und in den sogenannten Endstufen wieder in eine Wechselspannung veränderlicher Amplitude und Frequenz gewandelt – also wechselgerichtet. Somit konnte man theoretisch beliebige Ausgangsfrequenzen bzw. Drehzahlen erzeugen und auch lastabhängig Motorspannung sowie Motorstrom nachführen.

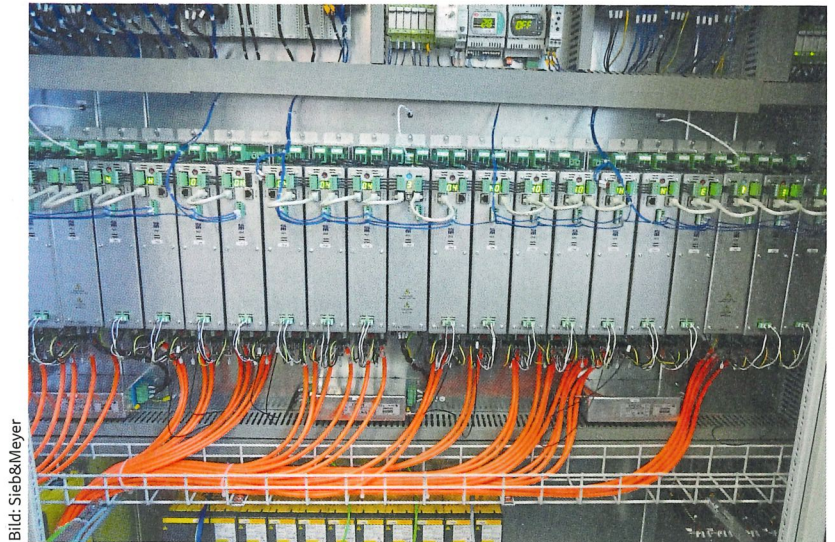


Bild: Sieb&Meyer

Verstärker und Umrichter verschmelzen

Lange Zeit gab es im Bereich der statischen Frequenzumrichter zwei unterschiedliche Produktlinien: Eine für Asynchronmotoren, die sich schlicht nur drehen mussten (z. B. für Bohrmaschinen, Förderbänder, Kompressoren und Pumpen) und eine weitere für Synchronmotoren für Positionieranwendungen (z. B. Roboter und Werkzeugmaschinen) – meistens Servoverstärker genannt. Basis für Frequenzumrichter und Servoverstärker ist prinzipiell die gleiche Leistungselektronik, deren Logik und Regelungstechnik aber unterschiedlich ausgeprägt ist. Auch bei Sieb & Meyer wurde bis Anfang der 2000er-Jahre in diesen beiden Produktlinien gedacht.

Mit Einzug immer schnellerer Prozessoren und fortschrittlicher Leistungshalbleitern wurden die klassischen Servoantriebe und Frequenzumrichter wieder zu einem Gerät zusammengeführt – häufig einfach Umrichter oder Antriebsverstärker genannt. Der Unterschied besteht in der Software, mit der das Gerät an die spezifischen Anforderungen angepasst und für die jeweilige Anwendung fit gemacht wird. Zudem muss die Dimensionierung der Leistungselektronik in Bezug auf das Verhältnis Nenn- zu Spitzenstrom angepasst werden, eventuell sind darüber hinaus kleine Zusatzmodule notwendig. Applikationsbedingt sind Frequenzumrichter für eine hohe Dauerleistung konzipiert, Servoverstärker dagegen auf dynamische Lastwechsel. „Unsere aktuellen Produktgenerationen SD2x bzw. SD4x ermöglichen den universellen Einsatz für beide Einsatzbereiche“, so Rolf Gerhardt.

Performance geht vor Preis

Vom grundsätzlichen Aufbau her sind diese Geräte annähernd vergleichbar mit Standard-50 Hz-Umrichtern: Sie bewirken eine passive Gleichrichtung der Netzspannung und verfügen über einen festen DC-Zwischenkreis bzw. eine B6-IGBT-Endstufe. Um High-Speed-Motoren antreiben zu können, müssen jedoch schneller schaltende Leistungshalbleiter in der Endstufe eingesetzt werden – was PWM-Frequenzen bis 32 kHz ermöglicht. Zudem sind genauere und schnellere Strommessungen sowie leistungsfähigere Prozessorklösungen notwendig. „In diesem Bereich gilt: Performance geht vor Preis“, so Rolf Gerhardt. „Regelungstechnisch können geberlose

und geberbehaftete Asynchron- und Synchronmotoren mit Drehzahlen bis 240.000 min⁻¹ angetrieben werden.“

Diese Motoren treiben zum Beispiel Werkzeugmaschinen mit einer oder zwei Bearbeitungsspindeln an, die zum Schleifen und Fräsen verwendet werden. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der möglichst geringen Spindelerwärmung, denn sie beeinflusst die Bearbeitungsgüte sowie die Standzeit der Kugellager signifikant.

Aber auch in Turboverdichtern/-kompressoren im Leistungsbereich bis 30 kW kommen diese Umrichter zum Einsatz. In der Regel betreiben sie geberlose Synchronmotoren im Drehzahlbereich bis ca. 180.000 1/min.

Durch den Einsatz dieser hochdrehenden Motoren kann auf ein Getriebe verzichtet werden, was einen höheren Systemwirkungsgrad nach sich zieht. Von Relevanz ist weiterhin ein hoher Wirkungsgrad des Umrichters und geringe Motorverluste bzw. eine geringe Motorerwärmung.

Der neueste Stand der Technik sind Drei-Level-PWM-Umrichter, die Sieb & Meyer mit dem SD2M bzw. SD4M im Programm hat. „Die Drei-Level-Endstufen-Topologie unterscheidet sich bezüglich der Kosten und dem Aufbau nennenswert von Zwei-Level-Umrichtern, da zwölf Leistungshalbleiter anstelle von sechs notwendig sind“, erläutert Rolf Gerhardt. „Der notwendige Mehraufwand kann seine Vorteile daher nur in speziellen Anwendungsfällen voll ausspielen.“ Dann aber können sich die Vorteile sehen lassen: Im Vergleich zu Zwei-Level-Systemen ergeben sich bei gleicher Schaltfrequenz nur 25 Prozent der PWM-Verluste. Das führt zu einer signifikanten Reduzierung der Motorverluste. Auf teure Motordrosseln/Sinusfilter kann dann verzichtet werden, darüber hinaus lässt sich die Isolationsbeanspruchung der Motorwicklung senken. (pf)

Für die Zukunft ist kein wirkliches Limit für die Umrichtertechnik abzusehen – gerade in neuen Anwendungsfeldern liegt noch erhebliches Potenzial.

„Prinzipiell hat sich an der Funktionsweise von Frequenzumrichtern seit den 70-er Jahren bis heute nichts wesentlich geändert.“

Rolf Gerhardt, Leiter Vertrieb
Antriebs elektronik, Sieb & Meyer AG

et TIPP

Die Online-Version dieses Beitrags beschäftigt sich auch mit einem Ausblick und zeigt auf, welche weiteren Entwicklungen bei Frequenzumrichtern zu erwarten sind: www.elektrotechnik.de