

Ein Systemvergleich zwischen Asynchronmotoren und elektronisch kommutierten Motoren

Ventilator- und Gebläseantriebe

Jens Krotsch, Werner Müller, Wilhelm Reinhardt, Mulfingen

Für Gebläse und Ventilatoren werden heute in vielen Anwendungsfällen Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer eingesetzt. Dieses Motorprinzip hat sich seit seiner erstmaligen Vorstellung im Jahre 1889 in vielen Bereichen bewährt. Die Asynchronmotoren zeichnen sich durch ihren einfachen, dadurch robusten und im Prinzip verschleißfreien Aufbau aus. Diese Eigenschaften waren in der Vergangenheit die wesentlichen Argumente. Heute wird die hohe Verfügbarkeit einer Antriebslösung als selbstverständlich vorausgesetzt. Durch den globalen Einsatz, das größere Verantwortungsbewusstsein gegenüber unserer Umwelt und aufgrund der schnellen und flexiblen Reaktion als entscheidender Erfolgsfaktor treten heute andere, zusätzliche Eigenschaften in den Vordergrund.

Im Bereich kleiner Leistungen haben elektronisch kommutierte, permanentmagnet-erregte Motoren (EC-Motoren) bereits in vielen Fällen eine vorteilhaftere Lösung schaffen können als die herkömmlichen Asynchronmotoren. Für größere Leistungen waren die bisher verfügbaren alternativen Antriebssysteme jedoch mit höheren Kosten verbunden und durch ihre vom Motor getrennte Elektronik oftmals kompliziert und fehleranfällig. Durch Fortschritte im Bereich der magnetischen Werkstoffe und elektronischen Bauelemente und durch innovative Konzepte kann die ebm-papst GmbH, Mulfingen, heute kostengünstige Antriebslösungen für Ventilatoren mit EC-Motoren auch im kW-Bereich bereitstellen, die nicht mit den bisherigen Nachteilen behaftet sind.

Beide Motorprinzipien haben anwendungsabhängig ihre Vorteile und damit ihre Berechtigung. Die Auswahl der optimalen Lösung liegt aufgrund der Vielzahl der Möglichkeiten nicht immer klar auf der Hand. Im Folgenden sollen daher die Eigenschaften beider Motorarten zusammenfassend verglichen und aus heutiger Sicht bewertet werden. Die Angaben beziehen sich hierbei in erster Linie auf die für Ventilatoren vorteilhaften Außenläufermotoren im Leistungsbereich von 0,5 bis 4 kW.

Die Drehzahlstellung

Das entscheidende Argument für eine Drehzahlstellung ist das Potenzial der Energieeinsparung und der Geräuschreduzierung. Besonders bei Ventilatoren macht sich die bedarfsgerechte Betriebspunkteinstellung deutlich bemerkbar, da sich die aufgenommene Leistung mit der dritten Potenz der Drehzahl ändert. Abgesehen vom energetischen Gesichtspunkt ist die Reduzierung der Strömungsgeräusche im Teillastbetrieb notwendig und teilweise bereits gesetzlich vorgeschrieben. Um beiden Gesichtspunkten gleichermaßen Rechnung zu tragen, werden Drehzahlstellmethoden gefordert, die eine kontinuierliche Drehzahlveränderung und einen über den gesamten Stellbereich geräusch- und schwingungsarmen Betrieb bei gleichzeitig hohem Wirkungsgrad gewährleisten.

Im Bereich kleinerer Leistungen existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden zur Drehzahlstellung von Asynchronmotoren. Die traditionellen Schlupf-Steuerungen können die heutigen Anforderungen an einen Antrieb im kW-Bereich jedoch nicht mehr erfüllen. Stand der Technik ist der Frequenzumrichterbetrieb (FU-Betrieb).

zum Autor

Jens Krotsch,
Gruppenleiter
Grundsatzentwicklung,
ebm-papst GmbH & Co. KG,
Mulfingen



Werner Müller,
Gruppenleiter
Motorenentwicklung,
ebm-papst GmbH & Co. KG,
Mulfingen



Wilhelm Reinhardt,
Leiter
Produktentwicklung,
ebm-papst GmbH & Co. KG,
Mulfingen



Bei den EC-Motoren erlaubt die für den Betrieb des Motors ohnehin erforderliche Kommutierungselektronik gleichzeitig die Drehzahlstellung.

Der Einsatz eines Frequenzumrichters ermöglicht die Drehzahlstellung des Asynchronmotors mit hohem Wirkungsgrad, sofern eine gute Abstimmung auf den Motor und auf die Lastverhältnisse erfolgt (Bild 1). Von Vorteil zeigt sich beim EC-Motor das grundsätzlich breite Wirkungsgradmaximum η_{\max} . Der EC-Motor arbeitet ohne besondere Anpassung an die Drehzahl- und Lastverhältnisse über einen breiten Stellbereich mit nahezu höchstmöglichem Wirkungsgrad. Diese Eigenschaft erlaubt eine unproblematische Applikation.

Einzelkomponenten im Vergleich zu integrierten Lösungen

Obwohl in vielen Bereichen ein begründeter Trend zur Dezentralisierung und Integration besteht, sind Drehzahlsteller für Asynchronmotoren – zumindest bei den Ventilatorantrieben mit Außenläufer – heute noch überwiegend als separate Ge-

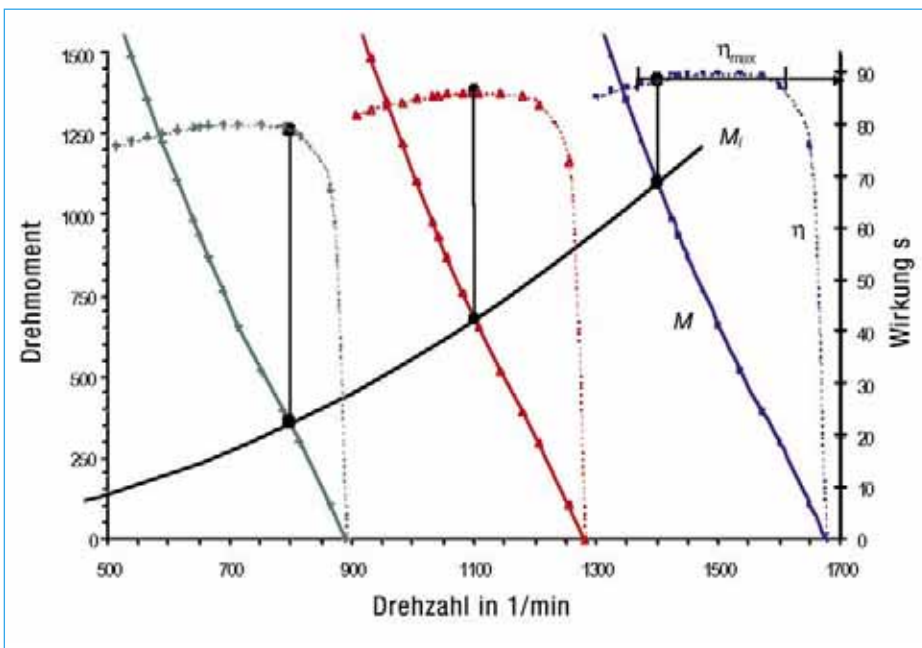
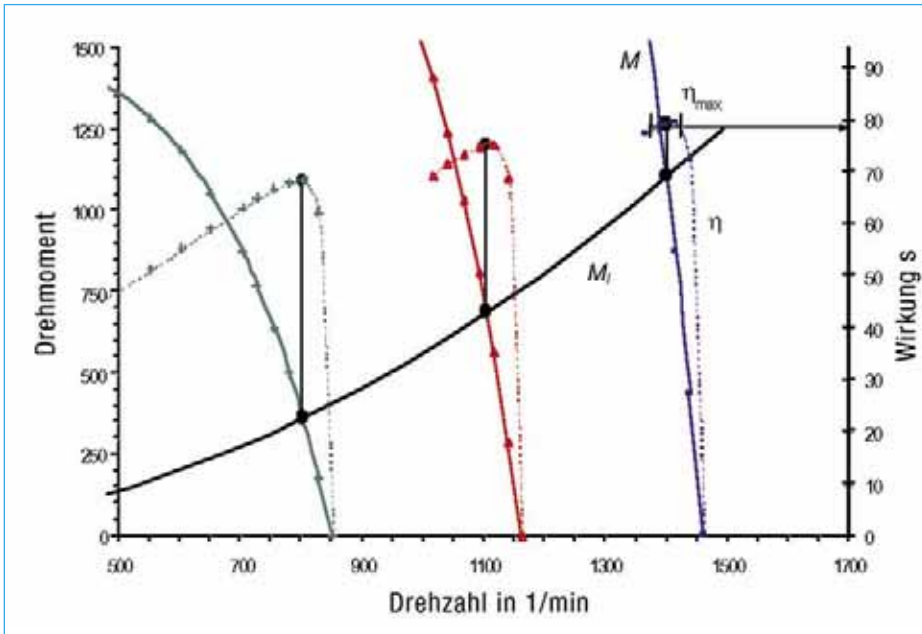
räte ausgeführt. Es werden Standard-Asynchronmotoren mit zusätzlichen Drehzahlstellern kombiniert.

Bei der Verwendung eines kostengünstigen, für den direkten Netzbetrieb ausgelegten Asynchronmotors mit einem zusätzlichen Drehzahlsteller, kann zwar auf den ersten Blick eine kostengünstige drehzahlvariable Lösung geschaffen werden, jedoch können infolge unzureichender Abstimmung der einzelnen Komponenten Probleme auftreten, die zur Reduzierung der Lebensdauer oder zum Ausfall führen und letztendlich erhebliche Mehrkosten mit sich bringen. Häufige Schwierigkeiten sind unrichterbedingte Lagerschäden, Schädigungen der Wicklungsisolation, unzulässige Störaussendung oder Netzrückwirkungen. Die Auswahl, Konfiguration und Inbetriebnahme solcher Lösungen setzt ein erhebliches Maß an Fachwissen voraus. Resultierende Probleme sind nicht immer unmittelbar ersichtlich. Schlecht konfigurierte Systeme können langfristig

höhere Energiekosten für den Betreiber bedeuten. Durch Verwendung von integrierten Lösungen lassen sich solche Schwierigkeiten vermeiden.

Externe Drehzahlsteller können dann zu einer vorteilhaften Lösung führen, wenn mehrere Motoren parallel betrieben werden müssen. Eine solche Gruppensteuerung ist bei drehzahlvariablen Anwendungen jedoch nur mit Asynchronmotoren sinnvoll möglich.

Bei EC-Motoren bilden Elektronik und Motor prinzipbedingt eine funktionelle Einheit. Dies hat den Nachteil, dass der Motor für einfache Anwendungen nicht ohne Elektronik direkt am Versorgungsnetz betrieben werden kann. Die starke Bindung an die Elektronik führte jedoch im Bereich der Ventilatorantriebe mit Außenläufermotoren auch zu wesentlichen Fortschritten. Gegenüber der herkömmlichen Asynchronmotor-Frequenzumrichterkombination sind von ebm-papst heute hochentwickelte integrierte EC-Lö-



- Regelung auf
 - Drehzahl
 - externe Größe (z.B. Temperatur, Druck)
 - Druck oder Volumen ohne zusätzlichen Sensor (bei vorwärtsgekrümmten Radialgebläsen)
- Begrenzung auf maximale Drehzahl, Leistung oder Drehmoment
- Analoge oder digitale Sollwert- bzw. Stellsignalvorgabe nach den heutigen Industriestandards
- Frei wählbarer Zusammenhang zwischen Stellsignal und Drehzahl (Drehzahlstellcharakteristik)
- Vernetzung z. B. über ebm BUS (RS485) oder LON
- Schnellstoppfunktion
- Betrieb in einem weiten Spannungsbereich und bei unterschiedlichen Frequenzen
- Niedrige Einschalt- und Hochlaufströme
- Erfüllung internationaler Vorschriften und Richtlinien
- Schutzart IP54
- Geringer Aufwand für die Installation und Inbetriebnahme

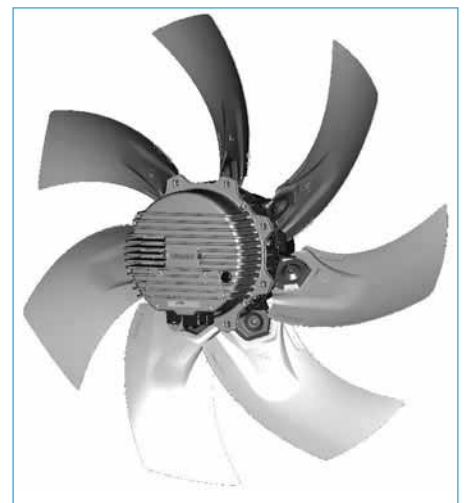
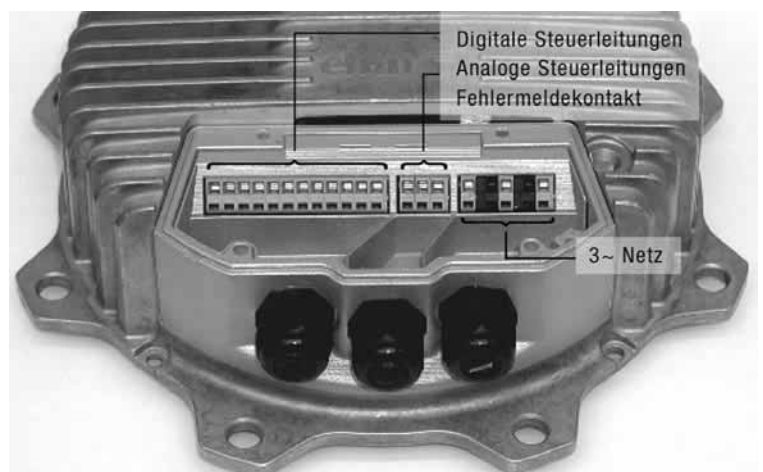


Bild 1 Drehmoment- und Wirkungsgradverläufe eines Drehstromasynchronmotors bei FU-Betrieb (energieoptimierte U-f-Steuerung) und eines ebm-papst-EC-Motors mit Ventilatorlastkennlinie

sungen verfügbar (Bild 2). Die optimale Abstimmung von Motor und Elektronik erfordert für den Anwender praktisch keine Berücksichtigung der oben genannten Problemunkte.

Die integrierte Elektronik der ebm-papst-Motoren bietet weitere Funktionen und Eigenschaften, die zur Reduzierung der Systemkosten beitragen. Einige davon sind im Folgenden stichpunktartig zusammengefasst:

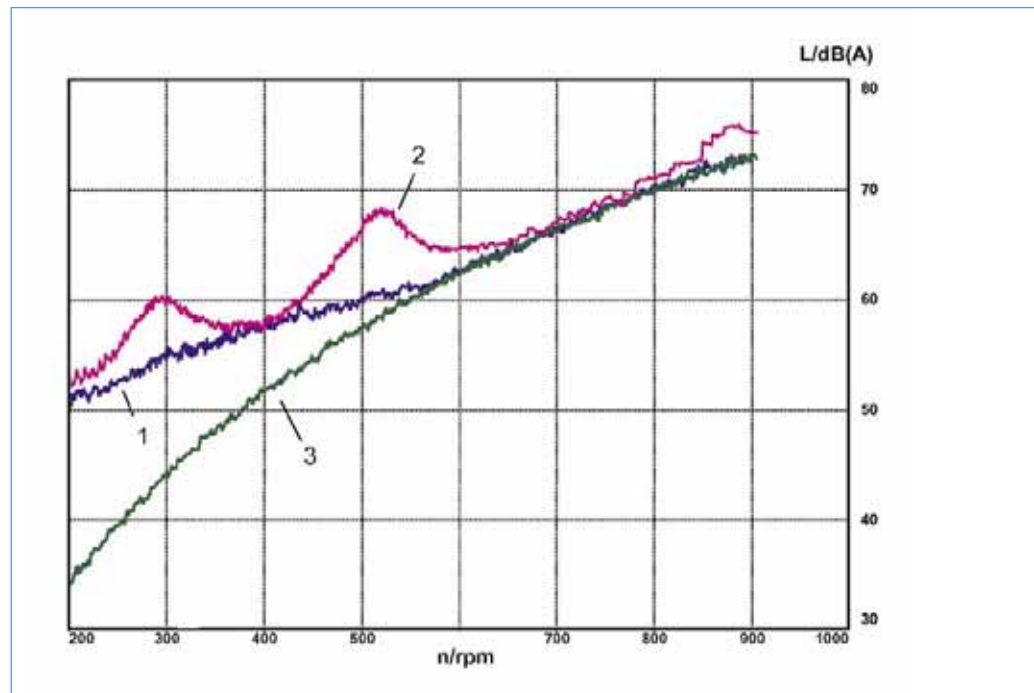
Bild 2 ebm-papst-Axialventilator der Baugröße 800 mit EC-Motor und integrierter Elektronik (links). Anschlussbereich der Elektronik für Versorgungs- und Steuerleitungen (rechts)



- 1 Phasenanschnittsteuerung
- 2 Herkömmlicher Frequenzumrichter (4 kHz Taktfrequenz)
- 3 Moderner Frequenzumrichter (16 kHz Taktfrequenz, RZM)
- 4 Herkömmlicher EC-Motor
- 5 ebm-papst-EC-Motor

Das Geräuschverhalten

Die Drehzahlstellung kann das Geräuschverhalten negativ beeinflussen. Die in solchen Fällen erforderliche, oft nachträgliche Problembeseitigung durch sekundäre Maßnahmen, wie z.B. zusätzliche Filter, Entkopplung oder Isolation, ist in der Summe erfahrungsgemäß mit höheren Kosten und einem größeren Platzbedarf verbunden, als die grundsätzliche Verwendung einer geräuscharmen drehzahlvariablen Antriebslösung.



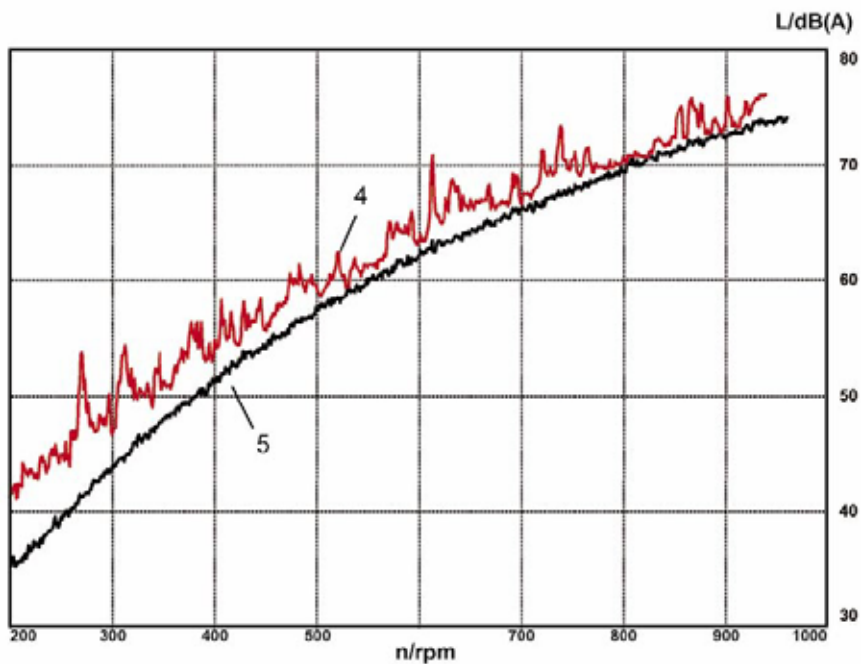


Bild 3 Schalldruckpegel über der Drehzahl einer typischen Anwendung der Kälte-/Klimatechnik: Verflüssiger mit angebautem Axialventilator mit einem Drehstromasynchronmotor (links) und einem EC-Motor (rechts)

Der Einsatz eines zeitgemäßen Frequenzumrichters ermöglicht einen ruhigen Betrieb des Asynchronmotors. EC-Motoren von ebm-papst arbeiten im gesamten Stellbereich aufgrund der guten Abstimmung von Motor und Kommutierungselektronik schwingungs- und geräuscharm und liefern ohne zusätzliche Maßnahmen auch in sensiblen Anwendungen gute Ergebnisse (Bild 3).

Leistungsaufnahme, Wirkungsgrad und Ausnutzung

In der abgebildeten Tabelle werden zwei in der Polzahl verschiedene Drehstromasynchronmotoren mit demselben EC-Motor im jeweils gleichen Betriebspunkt

verglichen. Die Asynchronmotoren werden hierbei in ihrem Wirkungsgradmaximum betrieben. In der praktischen Anwendung ergibt sich bedingt durch die veränderliche Lastkennlinie und die ausgeprägte Wirkungsgradspitze des Asynchronmotors im Mittel ein schlechterer Wirkungsgrad. Die Asynchronmotoren werden ohne Umrichter direkt am Drehstromnetz betrieben, wohingegen beim EC-Motor die Verluste der Kommutierungselektronik in den Angaben enthalten sind. Der Vergleich stellt daher den bestmöglichen Einsatzfall zugunsten des Asynchronmotors dar.

Das Ergebnis zeigt die Ausnutzungs- und Wirkungsgradvorteile des EC-Motors. Aufgrund der vorteilhaften Ausführung des ebm-papst-EC-Motors in Einzelzahnwicklung werden auch bei Verwendung von kostengünstigen Ferrit-Magneten Wirkungsgrade von annähernd 90% erreicht. Bei herkömmlichen EC-Motoren mit traditioneller Wickeltechnik erfordert dies die Verwendung von kostspieligeren Permanentmagneten oder einen größeren Materialeinsatz. Dadurch resultiert die kurze Amortisationszeit (Bild 4). Die Motoren sind für eine typische Lebensdauer (L10) von mindestens 40000 Betriebsstunden ausgelegt, wobei eine für Ventilatoranwendungen übliche Temperatur- und Lastverteilung zugrunde liegt.

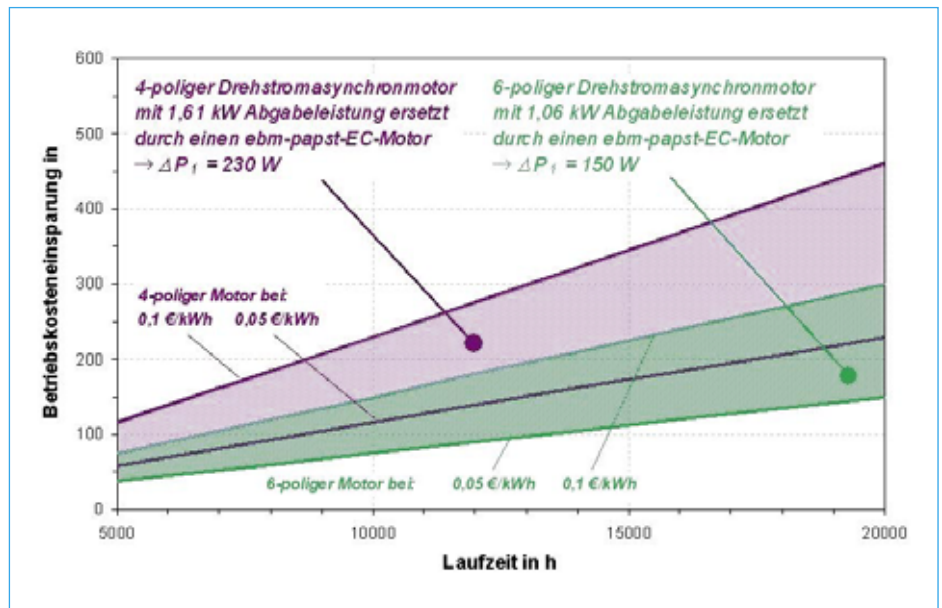


Bild 4 Betriebskosteneinsparung beim Einsatz eines EC-Motors über seiner Laufzeit für verschiedene Energiekostensätze (Beispiel aus Tabelle unten)

Feste Drehzahl

Bei direktem Netzbetrieb bietet der Asynchronmotor noch Kostenvorteile, sofern die Einschaltdauer gering ist und damit der Wirkungsgrad unbedeutend wird. Bereits bei mittlerer Einschaltdauer stellt sich der effizientere EC-Motor über die Nutzungs-

Variable Drehzahl

Das Asynchronmotorprinzip erlaubt den Betrieb mehrerer Motoren an einem Frequenzumrichter (Gruppensteuerung). Die unter Umständen höheren Anschaffungskosten der dezentralen EC-Lösung amortisieren sich wie beim direkten Netzbetrieb jedoch bereits bei mittlerer Einschaltdauer über die Betriebskosteneinsparung. Eine dezentrale Lösung bietet weitere Vorteile: Eine einfache und flexible Projektierung, eine reduzierte Variantenzahl und Redundanz beim Ausfall.

Gegenüber einem Asynchronmotor mit eigenem Frequenzumrichter stellt der EC-Motor für Ventilatoren im Bereich bis 4 kW sowohl technisch als auch wirtschaftlich eindeutig die vorteilhaftere Lösung dar. Bei vergleichbaren Anschaffungskosten bieten die besprochenen EC-Motoren mit integrierter Elektronik bei kleinerer Baugröße einen höheren Wirkungsgrad und dadurch geringere Betriebskosten. ■

	Drehstrom-asynchronmotor	ebm-papst-EC-Motor	Drehstrom-asynchronmotor	ebm-papst-EC-Motor
Ausführung	36 Nuten / 4 Pole	12 Nuten / 8 Pole	36 Nuten / 6 Pole	12 Nuten / 8 Pole
Betriebspunkt	11 Nm bei 1400 1/min		11 Nm bei 920 1/min	
Wirkungsgrad	79%	89%	76%	85%
Ausnutzungsfaktor (C ₇)	7,6	12,2	7,6	12,2
Aufnahmeleistung	2,04 kW	1,81 kW	1,39 kW	1,24 kW
Leistungsdifferenz	230 W		150 W	

Einige abschließende Empfehlungen

Für Ventilatoren ist der EC-Motor das technisch bessere Motorprinzip. Bisherige Nachteile der höheren Gesamtkosten oder der zusätzlich anzuschließenden externen Elektronik wurden von Herstellerseite durch innovative Lösungen beseitigt. Dadurch können nun auch Anwendungen von den Vorteilen des EC-Motors profitieren, die aus Kostengründen bisher ausschließlich den Asynchronmotoren vorbehalten waren.

dauer gesehen vorteilhafter dar. Die Energiekosten werden bei einer Kalkulation oftmals gegenüber den Anschaffungskosten als zweitrangig betrachtet, da sie nicht unmittelbar als greifbarer Betrag vorliegen und den Betreiber erst längerfristig belasten.

Neben den Betriebskosten ist heute auch der logistische Aspekt maßgebend: Ein und derselbe EC-Motor kann in einem weiten Drehzahl- und Spannungsbereich bei unterschiedlichen Frequenzen eingesetzt werden. Eine Berücksichtigung unterschiedlicher Polzahlen wie beim Asynchronmotor ist nicht mehr notwendig.