



Was kommt nach IE4?

Nicht erst seit dem Trend zu Nachhaltigkeit, wird in der Industrie über Effizienz diskutiert. Mit Blick auf die Antriebstechnik gibt es mit der Ökodesign-Richtlinie – mittlerweile Ökodesign-Verordnung – ein Rahmenwerk für die Mindestansprüche beim Energieverbrauch. Doch es kommen aktuell immer mehr Motoren und Antriebslösungen auf den Markt, die in Sachen Effizienz über die bisher höchste definierte Wirkungsgradklasse IE4 hinausgehen. Wann deren Einsatz Sinn macht und wie der Anwender den Überblick behalten kann, dazu hat das SPS-MAGAZIN bei den in Europa etablierten Antriebsanbietern nachgefragt. Während es im ersten Teil dieser Umfrage (SPS-MAGAZIN 6/2025) um die technologische Entwicklung, die steigende Nachfrage und die Vergleichbarkeit der verschiedenen Konzepte auf dem Markt ging, zielt der hier vorliegende, zweite Umfrageteil auf die konkreten Angebote und die Ausweitung der Effizienzfrage auf den gesamten Antriebsstrang.

Die Effizienz von Motoren wird bei Lenze am tatsächlichen Energiebedarf im Betrieb festgemacht – nicht nur an theoretischen Kennzahlen

Peter Sürig,
Lenze



besonderes Merkmal des Systems ist die hohe Effizienz im Nenn-

betrieb und im Teillastbereich. Gerade im Teillastbetrieb, der in vielen Anwendungen den Großteil der

SPS-MAGAZIN: Mit welchem Angebot decken Sie Effizienz-Anforderungen ab, die über IE4 hinausgehen? An welchen Parametern machen Sie die Effizienz solcher Motoren fest?

PETER SÜRIG, LENZE: Lenze deckt Effizienzanforderungen oberhalb von IE4 mit dem Motor-Drive-System IE5/IE6 ab. Es ist als ganzheitliche Lösung konzipiert – also als Kombination aus hocheffizienten Getrieben, Motoren der Wirkungsgradklassen IE5 und IE6 sowie frequenzgeregelten Umrichtern mit Effizienzklasse IE2. Diese Systemintegration ermöglicht es, die Energieeffizienz auf Komponentenebene und im gesamten Antriebsstrang zu verbessern. Ein

Betriebszeit ausmacht, zeigt sich das volle Potenzial: geringe Verluste, hohe Energieeinsparung und damit eine nachhaltige Reduktion der Betriebskosten und CO₂-Emissionen. Die Effizienz solcher Motoren wird bei Lenze am tatsächlichen Energiebedarf im Betrieb festgemacht – also nicht nur an theoretischen Kennzahlen, sondern an der realen Leistungsaufnahme unter praxisnahen Bedingungen. Das ermöglicht eine transparente Bewertung und einen direkten Vergleich der Energieeffizienz über den gesamten Lebenszyklus hinweg.

GREGOR DIETZ, SEW-EURODRIVE: Das Produktangebot von SEW-Eurodrive zu höherklassigen Lösungen ist eine

ganzheitliche Betrachtung des kompletten Antriebstrangs. Ausgehend von einer vorteilhaften Kombination einzelner Produktkomponenten der Getriebe, Motoren und Elektronik bis zu einer integrativen mechatronischen Lösung in einem gemeinsamen Gehäuse bieten wir ein umfangreiches Portfolio von Lösungen an. Je nach Anforderung, Kenntnissen und Wissen beim Kunden ergibt sich ein optimierter Lösungsraum.

JÖRG NIERMANN, NORD: Bei Nord betrachten wir Effizienz ganzheitlich – im Zusammenspiel aus Getriebe, Motor und Antriebselektronik. Für Anforderungen oberhalb IE4 bieten wir sowohl Asynchron- als auch Synchronmotoren mit sehr hohen Wirkungsgraden an. Unsere permanentenerregten Synchronmotoren zeichnen sich durch besonders geringe Verluste aus und übertreffen

Da weitere Klassen bislang nicht normativ definiert sind, steht IE5+ für den Wirkungsgrad oberhalb der genormten Effizienzen.

Jörg Niermann,
Nord Drivesystems



die Effizienzklasse IE4. Durch die Entwicklung und Fertigung aller Komponenten

im eigenen Haus, setzen wir auf hocheffiziente Antriebstechnik und passend abgestimmte Systemlösungen aus Getriebe, Motor und Frequenzumrichter. Unser IE5+-Synchronmotor übertrifft die Anforderungen der derzeit höchsten Effizienzklasse IE5 deutlich. Da darüberhinausgehende

Klassen bislang nicht normativ definiert sind, steht IE5+ für den Wirkungsgrad oberhalb der genormten Effizienzen. Selbstverständlich bieten wir innerhalb unseres Produktbaukastens IE4-Asynchronmotoren sowie Motorvarianten für länderspezifische Effizienzanforderungen, z.B. in China. Die Auswahl der passenden Technik erfolgt immer anwendungsbezogen.

CHRISTIAN SENGER, MITSUBISHI ELECTRIC: Die Kombination aus Frequenzumrichtern der Serien FR-F800/FR-A800 und herstellerunabhängigen Synchron-Reluktanzmotoren ermöglicht bereits heute den IE5-Effizienzstandard. Diese Lösung bietet hohe Energieeffizienz, insbesondere im Teillastbereich, und verzichtet auf seltene Erden, was sie nachhaltig und zukunftssicher macht. Obwohl es derzeit keine einheitlichen Normen für Effizienzklassen über IE4 hinaus gibt, gewährleistet die enge Abstimmung zwischen Umrichter und Motor eine hohe Systemeffizienz. Für Anwender bedeutet dies: geringere Betriebskosten, hohe Umweltverträglichkeit und Vorbereitung auf zukünftige gesetzliche Anforderungen. Eine weitere Lösung, die sogar noch über den IE5-Standard hinaus geht, ist die Kombination aus den Frequenzumrichtern der FR-E800-Serie und den hauseigenen patentierten EM-A-Motoren. Hierbei handelt es sich um Permanentmagnet-Motoren, die zu ihrem sehr hohen Wirkungsgrad auch Encoder-los positionieren. Diese Eigenschaften machen das System besonders geeignet für Förderbänder und Schwenkantriebe.

NICOLA BABINI, BONFIGLIOLI: Wenn wir von IE4 oder IE5 sprechen, beziehen wir uns auf den Wirkungsgrad eines einzelnen Motors. Bonfiglioli bietet ein komplettes Portfolio für beide Klassen: Reluktanzmotoren für die IE4-Welt und Permanentmagnet-Servomotoren für die IE5-Welt. Unser Ansatz ist jedoch nicht auf einzelne Komponenten beschränkt. Wie bereits erwähnt, ist es unser Ziel, Effizienz auf Systemebene zu liefern. Aus diesem Grund kombinieren wir unsere Motoren mit modernen Antrieben und mechatronischen Architekturen. Ein Beispiel dafür sind unsere IE4-BSR-Reluktanzlösungen mit Onboard-Umrichtern

oder unsere IE5-BMD-Servomotoren in Kombination mit AxiaVert-Schalt-schrankumrichtern. Wir erfüllen die IEC60034-30-2-Normen, führen aber auch Tests in realen Arbeitszyklen durch, um eine spürbare Leistung für den Kunden zu gewährleisten.

SPS-MAGAZIN: Ist es nicht sinnvoller, sich künftig mehr an der EN50598-2 bzw. IEC61800-9 zu orientieren, die auf den gesamten Antriebsstrang anstatt auf einzelne Motoren abzielt?

NICOLA BABINI, BONFIGLIOLI: Das ist genau der Punkt. Die Norm IEC61800-9 führt einen Ansatz auf Systemebene ein, bei dem die Gesamteffizienz der Antriebskette – also Motor plus Antrieb

„Unser Ansatz ist nicht auf einzelne Komponenten beschränkt. Ziel ist, Effizienz auf Systemebene zu liefern.“

Nicola Babini,
Bonfiglioli



plus Mechanik – bewertet wird, und das ist die Richtung, in die sich der Markt entwickelt. Bei

Bonfiglioli haben wir uns diese Vision zu eigen gemacht und sie bereits in unsere Entwicklungsstrategien für zukünftige Produkte integriert. Als aktives Mitglied des italienischen Verbands ANIE, in dem Unternehmen aus der elektrotechnischen und elektronischen Lieferkette tätig sind, wird die Diskussion über diese Themen fortgesetzt. Wir sprechen oft über Vorschriften und künftige Herausforderungen in Bezug auf hohe Effizienz, Nachhaltigkeit und digitale Innovation.

Bild: Bonfiglioli Deutschland GmbH

Bild: Nord Drivesystems

Seit Jahren investieren wir nicht nur in die Verbesserung der Motorentechnik, sondern auch in die Weiterentwicklung unserer Getriebe und Umrichter – mit immer leistungsfähigerer Firmware, um das Potenzial der verschiedenen Motorarten voll auszuschöpfen.

CHRISTIAN SENER, MITSUBISHI ELECTRIC: Es ist in der Tat sinnvoll, sich künftig mehr an der EN50598-2 bzw. IEC61800-9 zu orientieren, da diese Normen den Fokus vom einzel-

Es ist sinnvoll, sich künftig mehr an der EN50598-2 bzw. IEC61800-9 zu orientieren, und den Fokus auf den gesamten Antriebsstrang zu legen.

Christian Senger,
Mitsubishi Electric



nen Motor auf den gesamten Antriebsstrang legen. Denn sie ermöglichen eine ganzheit-

liche Bewertung der Energieeffizienz von Antriebssystemen. Das schließt dann Frequenzumrichter und Motoren ein und berücksichtigt dabei auch Teillastbereiche. Dies führt zu einer realistischen Einschätzung der Energieeffizienz im tatsächlichen Betrieb und unterstützt Anwender dabei, fundierte Entscheidungen für energieeffiziente Antriebslösungen zu treffen. Mitsubishi Electric arbeitet hier bereits mit Partnern zusammen, die uns Synchronreluktanzmotoren zusenden, die wir in Kombination mit unseren Frequenzumrichtern als komplettes System ganz-

heitlich prüfen und zertifizieren. So gewährleisten wir, die modernen Anforderungen an die Energieeffizienz erfüllen.

PETER SÜRIG, LENZE: Wir verfolgen diesen systemischen Ansatz bereits seit Jahren und unterstützen unsere Kunden bei der Erhöhung der Anlageneffizienz durch eine ganzheitliche Betrachtung des Antriebsstrangs: von der bedarfsgerechten Auslegung über die Energiebedarfsberechnung mit eigenen Tools bis hin zur Auswahl effizienter Komponenten. Unsere IE5/IE6-Systeme kombinieren hocheffiziente Getriebe, Motoren und Umrichter mit intelligenten Funktionen wie Rückspeisefähigkeit. Damit orientiert sich Lenze an den Prinzipien der EN50598-2 und bietet praxismgerechte Lösungen für möglichst hohe Energieeffizienz.

JÖRG NIERMANN, NORD: Die Betrachtung des Gesamtwirkungsgrads gemäß EN50598 bzw. IEC61800-9 entspricht auch unserem Ansatz: Effizienz wird bei Nord ganzheitlich als System bewertet. In eigenen Tests erreichen unsere Antriebskombinationen die höchste Effizienzklasse IES2.

GREGOR DIETZ, SEW-EURODRIVE: Auch hier gilt es, eine differenzierte Betrachtung der Antriebsaufgabe nicht zu vernachlässigen. Viele, aber nicht alle Applikationen haben auch Vorteile und Nutzen bei Verwendung von drehzahlvariablen Antriebssträngen. Nicht immer kann die Applikation auch langsamer eingesetzt werden. Bohren, Fräsen und ähnliche Bearbeitungsvorgänge müssen in einem schmalen nutzbaren Drehzahlband erfolgen. Mischen, Rühren und vergleichbaren Einsatzfälle müssen sich am Ergebnis ausrichten und können vielfach nicht mit reduzierten Geschwindigkeiten arbeiten. Bei horizontalen oder vertikalen Transportaufgaben kommt es nicht auf einen Bewegungszyklus an, sondern man muss anhand einer deutlich längeren Zeiteinheit leerlaufende Abschnitte mit denen der Produktivität und mit einer möglichen, gesamt betrachtenden Energieeffizienz in Balance bringen. Starke Vereinfachungen helfen da nicht, weil dann entscheidende Details unberücksichtigt bleiben. Normierungen und

Viele, aber nicht alle Applikationen haben Vorteile bei Verwendung von drehzahlvariablen Antriebssträngen.

Gregor Dietz,
SEW-Eurodrive



darin enthaltene Beispiele helfen sicherlich, aber können eine profes-

sionelle Antriebsauslegung durch Fachpersonal und den Einsatz entsprechender Tools nicht ersetzen. ■

Die Fragen stellte



Mathis Bayerdörfer,
Chefredakteur



Nicola Babini

Produkt Marketing
Bonfiglioli

Gregor Dietz

Marktmanager Motoren
SEW-Eurodrive

Jörg Niemann

Bereichsleiter Marketing
Nord Drivesystems

Christian Senger

Senior Product Manager Drive
Systems
Mitsubishi Electric

Peter Sürig

Vice President Electromechanics
Lenze

Hören
statt lesen!

► In einem von Kostendruck geprägten Umfeld können robuste Rollgangsmotoren die ungeplanten Stillstände und Ausfallzeiten vermeiden und entscheidend zur Schließung von Produktivitätslücken beitragen.

Mechanisch robuste Motoren für die Stahlindustrie

Effizient walzen statt Stillstand riskieren

Die Stahlindustrie in Europa kämpft mit hohen Energiekosten, regulatorischen Hürden sowie globalen Herausforderungen. Premium-Rollgangsmotoren von ABB steigern die Produktivität, sparen Energie und verringern den Wartungsaufwand. So unterstützen sie die europäischen Stahlhersteller wettbewerbsfähig zu bleiben.

Steigende Energiepreise, schärfere Umweltauflagen und globaler Wettbewerbsdruck setzen europäische Stahlhersteller zunehmend unter Druck. Zwischen 2007 und 2023 ging die Produktion laut World Steel Association um rund 18 Prozent zurück. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, sind moderne Fertigungstechnologien erforderlich, die Effizienz, Robustheit und eine lange Lebensdauer vereinen. Rollgangsmotoren mit optimiertem Design leisten hier einen Beitrag zur Reduzierung von Energieverbrauch, Ausfallzeiten und Wartungsaufwand.

Ein erheblicher Kostentreiber ist der Energieeinsatz. Besonders in Regionen mit hohen Strompreisen, etwa Deutschland, ver-

stärkt sich dieser Effekt. Gleichzeitig fordern regulatorische Vorgaben zur Emissionsminderung Investitionen in energieeffiziente und ressourcenschonende Technik. Die technische Auslegung von Rollgangsantrieben spielt dabei eine zentrale Rolle, da sie einen direkten Einfluss auf den Prozessdurchsatz, die Anlagenverfügbarkeit und die Betriebskosten hat.

Wärmeableitung und Energieeinsparung durch Kühlkonzepte

Rollgangsmotoren mit speziell entwickelten Gehäuse- und Kühlkonzepten tragen dazu bei, auch unter anspruchsvollen Umgebungsbedingungen zuverlässig zu arbeiten. Die vertikal angeordneten Rippen der Motorengehäuse verhindern die Ansammlung von Flüssigkeiten oder Staub. Dadurch wird die natürliche Kühlung gefördert und der Wartungsaufwand verringert. Die passive Kühlung ersetzt aktive Lüftungselemente, was insbesondere in rauer Industrieumgebung die Störanfälligkeit reduziert. Der Verzicht auf Lüfter erhöht zudem die Lebensdauer, da bewegliche Bauteile entfallen.



Ein weiterer technischer Aspekt liegt in der Optimierung für den Frequenzumrichterbetrieb. Rollgangsmotoren, die für diesen Einsatzfall ausgelegt sind, ermöglichen eine fein abgestimmte Drehzahlregelung und eine präzise Steuerung des Walzprozesses. Frequenzumrichter mit Mehrmotorenregelung erlauben die koordinierte Ansteuerung mehrerer Motoren entlang einer Rollganglinie. Das senkt nicht nur den Energieverbrauch, sondern vermindert auch mechanische Belastungen, die durch asynchrone Bewegungen entstehen können.

In der Auslegung der Wicklungen, des Läufers und des Isolationssystems werden die Anforderungen der Anwendung gezielt berücksichtigt. Eine spezifische Anpassung des elektrischen Designs ermöglicht es, Temperaturspitzen zu vermeiden und die thermische Belastung gleichmäßig zu verteilen. In der Praxis bedeutet das eine deutlich verlängerte Lebensdauer – selbst moderate Temperatursenkungen im Betrieb wirken sich signifikant auf die Alterung der Isolierung aus.

Mechanische Belastungen und Integration in Bestandsanlagen

Ein häufiges Problem in der Stahlverarbeitung sind Lagerausfälle, verursacht durch hohe radiale und axiale Kräfte, Vibrationen sowie schnelle Lastwechsel. In Rollgängen wirken hohe mechanische Kräfte durch abrupte Beschleunigungen und Notstopps, zudem treten häufig abrasive oder korrosive Medien auf. Eine abgestimmte Konstruktion aus mechanisch belastbaren Lagern, geeigneten Dichtsystemen und schwingungsdämpfender Lageranordnung reduziert das Schadensrisiko erheblich.

Durch den systemischen Ansatz lassen sich auch ältere Bestandsanlagen nachrüsten. Die Motoren entsprechen IEC-Standards und lassen sich in vorhandene Installationen integrieren. Anwendungsbezogene Anpassungen, etwa Flanschformen oder Wellenmaße, sind problemlos realisierbar. Damit entsteht ein modernes Antriebssystem mit optimierter Energieeffizienz, ohne umfassende strukturelle Änderungen an der Linie vornehmen zu müssen. Dies reduziert Stillstandzeiten bei der Umrüstung und erlaubt schrittweise Modernisierungen.

Digitalisierung und europäische Industrieziele im Blick

Im Zusammenhang mit der Digitalisierung industrieller Prozesse gewinnt auch die Zustandsüberwachung an Bedeutung. Die Motoren lassen sich mit Sensorik ausstatten, die den thermischen und mechanischen Zustand überwacht und über Auswerteeinheiten zur Verfügung stellt. In Kombination mit intelligenten Analysefunktionen wird eine zustandsbasierte Wartung realisierbar, die ungeplante Stillstände vermeidet und Instandhaltungskosten reduziert. Das schafft zusätzliche Planungssicherheit für Anlagenbetreiber.



► Rollgangsmotoren und Frequenzumrichter von ABB sind aufeinander abgestimmt und erhalten so nicht nur den Betrieb von Stahlwerken aufrecht, sondern sparen auch Energie, Zeit und Geld.

Technologische Weiterentwicklungen wie diese sind Voraussetzung dafür, die ambitionierten Ziele der europäischen Industriepolitik zu erfüllen. Mit dem Green Deal hat die EU klare Rahmenbedingungen formuliert: Bis 2030 sollen die Emissionen gegenüber 1990 um mindestens 55 Prozent reduziert werden. Gleichzeitig besteht das Ziel, energieintensive Industrien durch geeignete Maßnahmen zu stützen. Hier bieten robuste und energieoptimierte Rollgangsantriebe einen technologischen Hebel, um ökologische und wirtschaftliche Zielsetzungen miteinander zu verbinden.

In Europa entstehen parallel unterschiedliche Bedarfsprofile: In traditionellen Industriestandorten steht die energieeffiziente Nachrüstung im Fokus, während in aufstrebenden Regionen neue Anlagen gebaut werden. In beiden Fällen sind Anforderungen wie geringe Lebenszykluskosten, Wartungsarmut und Integration in bestehende Betriebsführungs- und Energiecontrolsysteme entscheidend. Technisch durchdachte Antriebslösungen ermöglichen diese Vereinbarkeit – selbst bei kontinuierlichem Dreischichtbetrieb in aggressiven Umgebungen.

Mit Blick auf den globalen Wettbewerb, insbesondere mit Anbietern aus China und Indien, kann sich Europa nicht über Masse, sondern über Qualität, Effizienz und Nachhaltigkeit differenzieren. Die Einführung hochwertiger Rollgangsantriebe, ausgelegt auf Energieeinsparung und Langzeitverfügbarkeit, ist ein Baustein auf diesem Weg. Durch ihre abgestimmte Funktion im Verbund mit Umrichtertechnik und Digitalisierung eröffnen sie Potenzial zur Prozessoptimierung und leisten einen Beitrag zum Erhalt der industriellen Wertschöpfung in Europa. ■

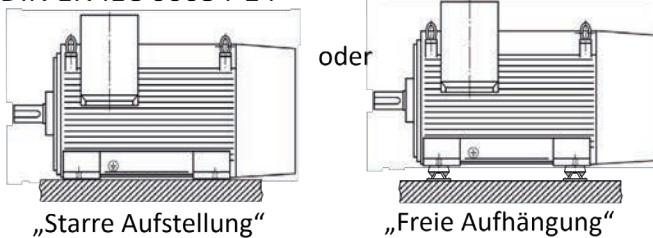
Ralf Peschel
Product Marketing Manager IEC LV Motors
ABB Motion Deutschland
www.abb.com



Entkoppelte Antriebe machen Schluss mit dem Drehzahlsperrbereich

Reduzierte Schwingungen

Motorhersteller: Schwingungsmessung nach DIN EN IEC 60034-14



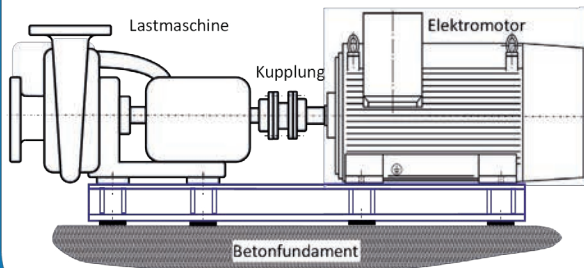
a)

Kunde/OEM:
Stahlrahmenkonstruktion



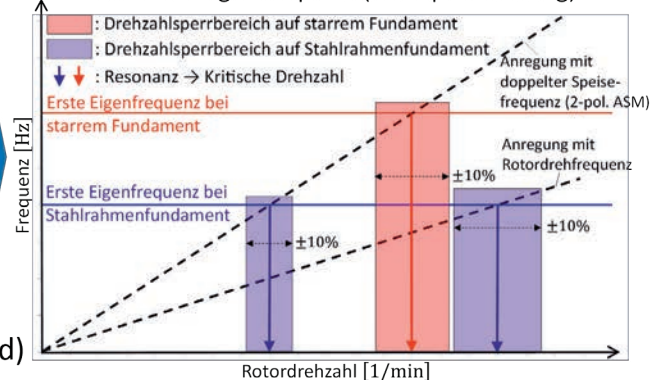
b)

Anlage: Schwingungsmessung nach DIN ISO 20816-3



c)

Drehzahlsperrbereiche eines Elektromotors bezüglich der ersten Eigenfrequenz (Prinzipdarstellung)



d)

Hinweis: In Abbildung d) sind aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich die Drehzahlsperrbereiche (für $\pm 10\%$ Abstand zur Resonanz) bezüglich der ersten Eigenfrequenz gezeigt. Bei Berücksichtigung weiterer Eigenfrequenzen können sich natürlich auch weitere Drehzahlsperrbereiche ergeben.

► Schwingungsthematik bei dem industriellen Einsatz von Elektromotoren

Innomotics und die Technische Hochschule Nürnberg haben ein System zur Reduktion von Schwingungen in elektrischen Antrieben entwickelt. Damit lassen sich die Antriebe ohne Drehzahlsperrbereiche einsetzen und eine höhere Anlagenverfügbarkeit erreichen.

Energieeffizienz spielt in der Industrie eine zentrale Rolle. Um eine industrielle Anlage mit einem elektrischen Antriebssystem energieeffizient betreiben zu können, ist oft eine Variation der Drehzahl notwendig. Daher zeigt sich heutzutage eine deutliche Tendenz weg vom Netzbetrieb

hin zum Umrichterbetrieb. Dies gilt auch für industrielle Elektromotoren im oberen Leistungsbereich ($>1\text{MW}$), speziell für Anwendungen wie Pumpen, Gebläse, Lüfter und Verdichter. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die Schwingungsgrenzen, weil diese über größere Drehzahlstellbereiche eingehalten werden müssen.

Effizienzsteigerung stößt an ihre Grenzen

Üblicherweise prüft der Motorenhersteller die Schwingungsgüte der Elektromotoren nach DIN EN IEC60034-14 im Leerlauf, ungekuppelt, entweder bei starrer Ausstellung (z.B. auf einem massiven Fundament) oder bei freier Aufhängung (z.B. auf wei-

chen Gummielementen; s. Abbildung 1a) für die entsprechenden Drehzahlstellbereiche. Der Kunde/OEM legt den gemeinsamen Stahlrahmen aus (Abbildung 1b).

Anschließend werden die Lastmaschine und der Elektromotor auf diesen gemeinsamen Stahlrahmen montiert (Abbildung 1c). Aufgrund der Elastizität der Stahlrahmenkonstruktion entsteht ein neues Schwingungssystem, wodurch sich das Schwingungsverhalten des Motors deutlich ändert. Auf der Anlage müssen die Schwingungen nach DIN ISO 20816-3 eingehalten werden. Durch die Elastizität des Stahlrahmens können jedoch Resonanzen im Drehzahlstellbereich auftreten, in denen die zulässigen Schwingwerte überschritten werden.



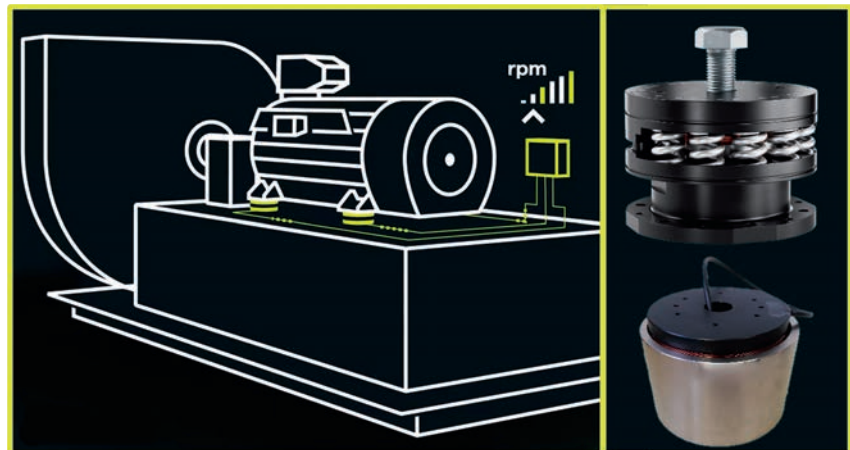
Hauptsächliche Anregungsfrequenz bei Elektromotoren ist die Rotordrehfrequenz. Bei zweipoligen Asynchronmotoren kommt als zusätzliche, dominierende Anregungsfrequenz die doppelte Speisefrequenz hinzu. Dies führt dazu, dass aufgrund von Resonanzen Drehzahlsperrbereiche definiert werden müssen, wodurch die gesamte Anlage nicht im gewünschten Drehzahlstellbereich betrieben werden kann und somit an Energieeffizienz einbüßt (Abbildung 1d).

Das Active Vibration Control System

Mit Innomatics AVCS (Active Vibration Control System) wurde ein System entwickelt, bei dem der Elektromotor aktiv vom Stahlrahmenfundament entkoppelt wird. Das Unternehmen hat für die Entwicklung eng mit dem Elsys-Institut der Technischen Hochschule Nürnberg zusammengearbeitet. Das System besteht aus vier Aktuatorssystemen – drei aktiven und einem passiven – die zwischen den Motorfüßen und dem Stahlrahmenfundament positioniert werden. Sowohl die aktiven als auch das passive System besitzen Spiralfedern, die das gesamte Motorgewicht tragen.

Die aktiven Systeme besitzen zusätzlich stromgeregelter, elektrodynamische Aktuatoren, die elektrodynamische Kräfte in vertikaler Richtung erzeugen können. Da das gesamte Gewicht des Elektromotors von den Spiralfedern getragen wird, müssen die elektrodynamischen Aktuatoren nur die Dynamik kompensieren und erzeugen somit minimale elektrische Verluste. Die Steifigkeit der Aktuatorssysteme ist so gewählt, dass sich ein asymmetrisches Gesamtsteifigkeitssystem ergibt, wodurch alle Starrkörperschwingungen bezüglich ihrer Translationen und Rotationen stärker gekoppelt sind und jede dieser Schwingungsformen vertikale Motorfußbewegungen aufweist. Mithilfe des entwickelten Konzepts Vibration Mode Coupling by Asymmetry (VMCA) können nun alle Starrkörperschwingungen durch die aktiven Systeme beeinflusst werden.

Über Geschwindigkeitssensoren werden die vertikalen Schwinggeschwindigkeiten der Motorfüße der aktiven Systeme ermittelt und (PI-)Reglern zugeführt, wel-



► Innomatics AVCS (Active Vibration Control System): Hier wird der Elektromotor aktiv vom Stahlrahmenfundament entkoppelt.

che die notwendigen Stellsignale für die aktiven Systeme erzeugen. In Kombination mit den rückgeführten Schwinggeschwindigkeiten der Motorfüße kann man nun in die Systemdämpfung und Systemsteifigkeit eingreifen. Die Regelparameter sind für jedes der aktiven Systeme sowie für jede Drehzahl unterschiedlich wählbar. Damit steht eine immense Anzahl an Eingriffsmöglichkeiten zur Verfügung, sodass für jede Drehzahl die optimale Systemdämpfung und -steifigkeit gewählt werden kann, um Drehzahlsperrbereiche zu vermeiden.

Nicht nur die Starrkörperschwingungen sind beeinflussbar, sondern auch Strukturschwingungen, vorausgesetzt, dass diese ebenfalls vertikale Motorfußbewegungen aufweisen. Eine zukünftige Ausbaustufe soll die Auswahl und Optimierung der Regelparameter durch lernende Systeme unterstützen.

Technische Vorteile durch das AVCS

Die maximale Rotordrehzahl des Elektromotors kann deutlich erhöht werden, und zwar in den Fällen, bei denen die Schwingungsproblematik die obere Drehzahl begrenzt. Geringe Schwingwerte des Elektromotors und des Fundaments lassen sich ermöglichen:

- über den gesamten Drehzahlstellbereich,
- ohne Drehzahlsperrbereiche,
- auf der Anlage,
- gekuppelt mit der Lastmaschine,
- unter Volllast,

- auf jedem beliebigen (technisch-üblichen) Stahlrahmenfundament.

Bisher können die Motorenhersteller die Schwingungen nur für die ersten beiden Punkte garantieren, und zwar nur bei starrer Aufstellung oder freier Aufhängung (Abbildung 1a), ungekuppelt und im Leerlauf, nach DIN EN IEC60034-14.

Fazit

AVCS stellt einen bedeutenden Fortschritt in der Reduktion von Schwingungen elektrischer Antriebe dar. Durch die aktive Entkopplung des Elektromotors vom Stahlrahmenfundament und die Nutzung von elektrodynamischen Aktuatoren wird eine höhere Energieeffizienz und Anlagenverfügbarkeit erreicht. Das System ermöglicht den Betrieb ohne Drehzahlsperrbereiche und bietet flexible Anpassungsmöglichkeiten für verschiedene Drehzahlen. Dies trägt nicht nur zur Verbesserung der Betriebsbedingungen bei, sondern auch zur langfristigen Verbesserung industrieller Prozesse. Zukünftige Erweiterungen, wie die Integration lernender Systeme, versprechen weitere Verbesserungen und eine noch effizientere Schwingungskontrolle. ■

Prof. Dr. Ulrich Werner
Elsys-Institut
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm
www.th-nuernberg.de

Raimund Wachter
Entwicklungsingenieur
Innomatics GmbH
www.innomatics.com