

Energieeinsparung von bis zu 40 Prozent und mehr

Mit hohem Wirkungsgrad hat sich die
energieeffiziente Servotechnologie von
Kollmorgen etabliert

Geschrieben von: Holger Goergen, Product Manager Drives

Energieeinsparung von bis zu 40 Prozent und mehr

Mit hohem Wirkungsgrad hat sich die energieeffiziente Servotechnologie von Kollmorgen etabliert

Zwei Drittel des Stromverbrauchs der Industrie entfallen auf elektromotorisch angetriebene Systeme. Aufgrund der ständig steigenden Energiekosten sind von den Maschinendesignern neue Konzepte gefragt, denn die Maschinenbetreiber fordern neue energieeffiziente Technik. Daher fließen bei der Auslegung neuer Maschinen, aber auch zunehmend bei der Ersatzbeschaffung und Modernisierung, Überlegungen zur Energieeffizienz mit ein. Eine Möglichkeit der Energieeinsparung ist der Einsatz von hocheffizienten Motoren. So bietet sich an, Asynchronmotoren mit einer geringen Energieeffizienzklasse durch Servomotoren abzulösen. In Frage kommt z. B. der AKM™ -Servomotor, welcher der Energieklasse IE4 gleichzusetzen ist. Denn er besitzt durch hohe Leistungsdichte, kleines Trägheitsmoment und geringes Cogging einen höheren Wirkungsgrad. Durch Austausch eines Asynchronmotors mit hoch effizienter Servotechnik - Synchronservomotor und Servoverstärker - lassen sich Einsparungspotenziale von bis zu 40% und mehr erzielen. Je nach Maschinenlaufzeit und Strompreis können somit bis zu 1.000,-/Jahr an Energiekosten pro Achse eingespart werden, die Investition in ein Servosystem amortisiert sich in vielen Applikationen bereits innerhalb eines Jahres.

Kollmorgen, als Lösungsanbieter für Antriebs- und Steuerungstechnik, hat sich bereits in den letzten Jahren auf diese Sachverhalte eingestellt und widmet sich u. a. gezielt der Entwicklung energieeffizienter Antriebstechnik. Vergleichende Testreihen haben gezeigt, dass die Auswahl geeigneter Motoren und deren Kombination mit Reglern wie dem Servoverstärker AKD™ zu bemerkenswerten Ergebnissen führen. Neben dem Technologiewechsel trägt der vielseitige Servoverstärker AKD™ aufgrund verbesserter Regeleigenschaften zur weiteren Senkung des Energiebedarfs deutlich bei. Die im Regler hinterlegten Motordaten sowie Regelalgorithmen bewirken u. a. eine noch größere Präzision, einen bedarfsgerechten Energieabruf sowie letztlich eine Produktivitätssteigerung. Weiterhin kann durch eine DC Bus-Kopplung aus den Zwischenkreisen Energie zurück gewonnen werden, die während der Bremsvorgänge zwischengespeichert wurde. Eine derartige Zwischenkreis-kopplung gestaltet sich als sehr effektiv, wenn mehrere Antriebe intelligent aufeinander abgestimmt wurden.

Für die Hersteller von Motoren für den globalen Markt einerseits und für den Anwender andererseits wird es immer schwieriger, die Unterschiede sowie Übereinstimmungen zwischen den Standards in verschiedenen Ländern zu

erkennen. Denn es existieren zahlreiche Standards und Regularien (NEMA, EPCan, NRCan, CEMEP, COPANT, AS/NZS, etc.) und weitere zur Definition der Effizienz der elektrischen Motoren sind in Vorbereitung. In der neuen Norm IEC 60034-30 sind für die normierten Asynchronmotoren die Energieklassen IE1 bis IE4 definiert.

Bei Asynchronmotoren, die mit wenig Last betrieben werden, kann zwar durch den Einsatz eines Frequenzumrichters zwischen Leistungsversorgung und Motor bis zu 30% an elektrischer Energie eingespart werden. Doch betrachtet man einen Asynchronmotor näher, wird aufgrund seiner Konzeption deutlich, dass er einen gesteigerten Energiebedarf im Vergleich mit einem Servomotor hat. Denn es wird Energie für den Drehmoment sowie für den Magnetfeld bildenden Strom benötigt. Synchronmotoren hingegen bringen den Vorteil mit sich, dass sie bereits über permanente Magnete und somit immer über einen Gegenpol verfügen. Die aufgenommene Energie dient ausschließlich zur Bildung des Drehmoments. So verhält sich der bereitzustellende Energieverbrauch proportional zu benötigten Drehzahlen und Momenten, so dass bei kleinen Drehzahlen und Momenten viel weniger Strom fließt. Die Tendenz geht dahin, im Rahmen von Neukonzeptionen aber auch bei Instandhaltungen,



Servomotoren den Vorzug zu geben. Hierbei handelt es sich um Synchronmotoren, welche gemeinsam mit einem Servoregler einen Servoantrieb bilden. Doch auch bei den Servomotoren gibt es durchaus zu beachtende technologische Unterschiede. Eine Vielzahl technischer Maßnahmen haben dazu beigetragen, dass die AKM™-Motoren die gleiche Leistung bei einer um 30 bis 50% kompakteren Bauweise im Vergleich zu Motoren mit konventioneller Technologie erzielen, so sind z. B. die Kupferwicklungen in den Statorn extrem dicht gewickelt.

Bessere Energiebilanzen durch reduzierte Massenträgheit

Weiterhin spricht für den Einsatz von Synchronmotoren, dass sie eine wesentlich kleinere Massenträgheit als ein Asynchronmotor besitzen. Eine geringere Massenträgheit bei Motoren in dynamischen Anwendungen bedeutet Reduzierung der Verluste, denn das eigene Massenträgheitsmoment muss bei jeder Bewegung mit beschleunigt werden. Das sehr geringe Massenträgheitsmoment des AKM™-Servomotors führt daher zu einem geringeren Strombedarf und spart damit Energie.

AKM-Servomotoren lösen Asynchronmotoren ab

AKM™-Motoren zeichnen sich durch ihre Dynamik, Regelgüte, Kompaktheit und insbesondere durch ihre Energieeffizienz (IE4) aus. Der Reduzierung der Verluste u. a. durch geringe Massenträgheit bei Servomotoren kommt in dynamischen Anwendungen eine hohe Bedeutung zu. Dabei erstreckt sich das Spektrum derartiger Anwendungen mit großen Beschleunigungsanteilen von z. B. Werkzeugmaschinen, Robotern, Pick and Place-Einrichtungen über Portale bis hin zu Druck-, Verpackungs- und Spritzgießmaschinen.

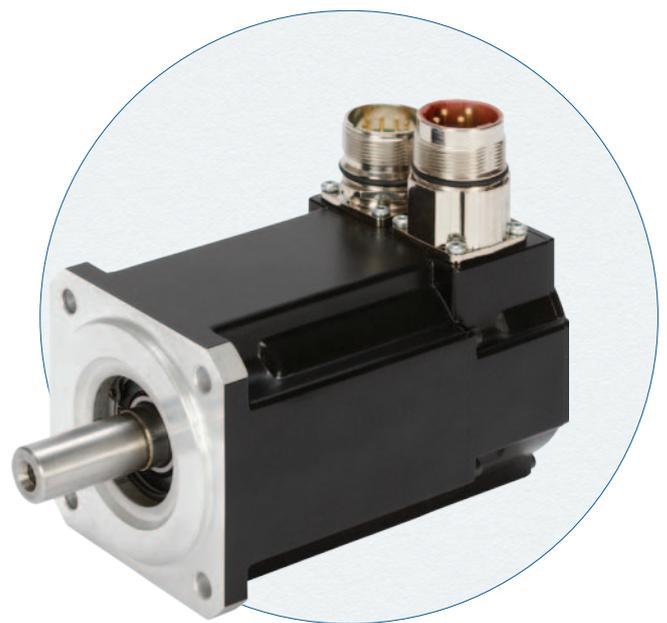
Aufgrund der hohen Dynamik der Servomotoren im Vergleich zu den Asynchronmotoren bietet sich die Ablösung von Asynchronmotoren im typischen S1-Betrieb generell an. Mit dieser Maßnahme wird eine bedarfsgerechte Bereitstellung der Energie ermöglicht, und zwar stets in dem Maße, wie sie der Prozess fordert. Wie vorteilhaft sich eine solche Vorgehensweise auf derartige Applikationen auswirkt, wird an dem folgenden Praxisbeispiel eines Spritzgießmaschinenherstellers deutlich. Ein Asynchronmotor betreibt im S1-Betrieb eine Ölpumpe mit maximaler Netzauslastung. Es entsteht ständig ein hoher Druck, der sogar über dem im Prozess maximal benötigten Druck liegt. Über einen Bypass wird dieser hohe Druck auf den jeweils notwendigen Druck im Prozess angepasst, indem Öl in den Ölbehälter zurückgeleitet wird. Innerhalb eines Spritzgießvorgangs muss 4mal der Druck verändert werden. Mit der Ablösung dieses Asynchronmotors durch einen AKM-Servomotor, welcher nur 1/5 der früher aufgewendeten Energie benötigt, wird in wenigen Millisekunden die Drehzahl erreicht, um dynamisch die erforderliche Leistung im Prozess zur Verfügung zu stellen. Das Bypassventil kann entfallen, die Abläufe werden beschleunigt, der Motor läuft ruhig und es entstehen weniger Lärm und Wärme. Darüber hinaus können mit der gleichen Einspeisung, die zuvor nur eine Maschine versorgt hat, nunmehr fünf Maschinen betrieben werden. Eine andere interessante Ablösung kam in einer eigentlich für Asynchronmotoren prädestinierten Applikation zustande, da es um einen gleichförmigen Pumpen-

betrieb handelt. Für den Hersteller war für seine Entscheidung, einen AKM™-Motor einzusetzen, die Kompaktheit und Energieeffizienz ausschlaggebend sowie, aufgrund der ausgezeichneten Wärmeabfuhr des Motors, einen zusätzlichen Lüfter einzusparen. Darüber hinaus bringt der Motor den Vorteil mit sich, über eine glatte Oberfläche zu verfügen und somit eine einfache Reinigung in dieser anspruchsvollen Anwendung zu unterstützen.

Energieeffiziente Auslegung und Selektion von elektromotorischen Antrieben

Oftmals kommen überdimensionierte Motoren zum Einsatz. Eine exakte Auslegung bietet eine optimale Leistungsausbeute, so dass weniger Energie verloren geht und unnötige Energieüberschüsse in Bezug auf die erforderlichen Reserven von vornherein ausgeschlossen werden. Die sehr kompakten und variantenreichen Synchron-Servomotoren AKM™-bürstenlose Drehstrommotoren mit Permanentmagneten - von Kollmorgen bieten eine große Kombinationsvielfalt, um eine maximale Leistung insb. für sehr dynamischen Applikationen zu realisieren. Acht unterschiedliche Baugrößen mit vielen Wicklungsvarianten und optionalen Rückführsystemen ermöglichen eine sehr hohe Flexibilität im Maschinendesign. Mit der Überlappung der Stillstandsmomente und Nenndrehzahlen steht eine feine Abstufung des Leistungsbedarfs zur Verfügung. Weiterhin kann durch das Hinzufügen von Kondensatoren erreicht werden, dass letztlich nur noch 30% des ursprünglich benötigten Energieeinsatzes erforderlich werden.

Die Massenträgheit eines Asynchronmotors kann gegenüber der eines Synchronmotors im Schnitt um den Faktor 10 höher liegen. Insofern muss zur Beschleunigung bei Synchronmotoren nur ein Zehntel der Energie aufgenommen werden. Bei Prozessen, deren Bewegungsablauf im Dauerbetrieb stets nur in eine Richtung erfolgt - typischer Pumpenbetrieb -, kommt der Vorteil der kleinen Trägheitsmomente nicht zum Tragen. Darüber hinaus sollte berücksichtigt



werden, dass eine evt. etwas höhere Massenträgheit für einen gleichförmigen, ruhigeren Prozess sorgt. Hingegen können bei Anwendungen mit häufig wechselnden Drehzahlen erhebliche Einsparungen teilweise bis zu 50% erzielt werden. Den Beweis lieferte ein Kollmorgen-Kunde aus der Werkzeugmaschinenbranche mit einem Mehrspindeldrehautomat mit 20 bis 70 Antrieben. (Abb.: 1). Es ergaben sich eine Einsparung für die aufzunehmende Leistung von 2,24 kW sowie die Reduktion der Wärmeleistung der Motoren von 2,7 kW auf 1,3 kW.

Eine weitere von Kollmorgen durchgeführte vergleichende Untersuchung hat ergeben, dass je nach Maschinenlaufzeit und Strompreis bis zu 1.000/Jahr an Energiekosten pro Achse eingespart werden können. Für die stets gleiche einachsige Applikation wurden eingesetzt:

1. ein Asynchronmotor (Betrieb fest am Netz) ohne Regler bei einem Energiebedarf von 1.000 Watt,
2. ein Asynchronmotor (IE1, Standard Efficiency) mit AKD™-Verstärker von Kollmorgen bei einem Energiebedarf von 600 Watt,
3. ein Asynchronmotor (IE4, Super Premium Efficiency) mit AKD™-Verstärker von Kollmorgen bei einem Energiebedarf von 400 Watt,
4. ein marktüblicher Synchronservomotor (Standard) mit AKD™-Verstärker von Kollmorgen bei einem Energiebedarf von 300 Watt,
5. ein AKM™-Servomotor (IE4) mit AKD™-Verstärker von Kollmorgen bei einem Energiebedarf von nur 220 Watt.

Erzieltes Einsparpotenzial

Am Beispiel eines Mehrspindeldrehautomaten mit 20 bis 70 Antrieben pro Maschine

- Reduktion JM um 59%, dementsprechend wurde Jges um 43.1% reduziert
- Eingesetzter Motor vom Typ: AKM43 mit $M_0 = 4.7 \text{ Nm}$, $JM = 2.1 \text{ kgcm}^2$, Cogging < 1% und THD < 1%

| Pro Motor | Vorher | Nachher | Veränderung |
|-------------------------------|---------|---------|--------------------|
| Aufgenommene Leistung | 141 W | 82 W | 41,8% weniger |
| Beschleunigungsmoment | 9,9 Nm | 6,2 Nm | 37,4% weniger |
| Erwärmung des Motors | 79 K | 39 K | 40 K weniger |
| Oberflächengüte | 1,2 µm | 0,6 µm | um Faktor 2 besser |
| Maschine mit 38 Achsen | | | |
| Aufgenommene Leistung | 5,36 kW | 3,12 kW | 2,24 kW weniger |
| Wärmeleistung der Motoren | 2,7 kW | 1,3 kW | 1,4 kW weniger |

Erzieltes Einsparpotenzial

Über Kollmorgen

Kollmorgen ist ein führender Anbieter von integrierten Automations- und Antriebssystemen sowie entsprechenden Komponenten für Maschinenbauer auf der ganzen Welt. Mit über 70 Jahren Motion-Control-Design- und Anwendungserfahrung und fundierten Kenntnissen beim Aufbau von Standard- und Sonderlösungen liefert Kollmorgen immer wieder Lösungen, die sich hinsichtlich Performance, Qualität, Zuverlässigkeit und einfacher Bedienung auszeichnen. Kunden können dadurch einen unwiderlegbaren Marktvorteil realisieren.

Für mehr Informationen kontaktieren Sie uns.

Diese Vergleiche zeigen deutlich das erzielbare Einsparungspotenzial des Energiebedarfs in Bezug zur eingesetzten Technologie. Eindrucksvoll grenzt sich der AKM™-Servomotor mit seinem - aufgrund hoher Leistungsdichte, kleinem Trägheitsmoment und geringem Cogging - hohen Wirkungsgrad gegenüber den Asynchronmotoren aber auch konventionellen Synchronservomotoren ab. Hinzu kommt das optimale Zusammenwirken von AKM™-Motor und dem AKD™-Servoverstärker hinsichtlich eines bedarfsgerechten Energieabrufs.

Darüber hinaus kann weitere Energie gespart werden durch Kopplung der Zwischenkreise und Einsatz eines von Kollmorgen angebotenen Kapazitätsmoduls, welches die Energie der generatorisch arbeitenden Achsen speichert. Eine Investition in zukunftsorientierte Servotechnik bietet also nicht nur einen Gewinn an Performance, sondern spart auch einen erheblichen Teil der Energiekosten. Das einheitliche Servokonzept von Kollmorgen beinhaltet aufeinander abgestimmte Schnittstellen der Komponenten, spart Zeit und Geld im Rahmen der Projektentwicklung und Inbetriebnahme sowie Energie in der Produktion. Die positive Resonanz auf dieses Servokonzept bestärkt Kollmorgen in seiner Vorreiterrolle. Dies veranschaulicht das folgende Berechnungsbeispiel nochmals. Eine Senkung des Energiebedarfs um 780 Watt entspricht bei 16 Betriebsstunden der Maschine pro Tag und 250 Arbeitstagen einer Energieeinsparung von 3.120 kWh im Jahr. Bei einem Lebenszyklus der Maschine von 8 Jahren sind das 24.960 kWh. Bei einem Strompreis von 15 Cent/kWh sind das 3.744 pro Achse.

Sukzessive Optimierungen reduzieren Energiebedarf auf ein Minimum

Generell sollte bei dem Thema der Energieeffizienz der Fokus nicht ausschließlich auf eine Komponente ausgerichtet sein - es empfiehlt sich eine ganzheitliche Betrachtung. Ein erster Schritt kann darin bestehen, einen Asynchronmotor durch einen mit einem höheren Trägheitsmoment ausgestatteten Servomotor abzulösen. Durch den Einsatz eines AKM™ werden wiederum höhere Präzision und bessere Bewegungsprofile aufgrund der hoch auflösenden Smart Feedback Technologie ermöglicht. Weitere nicht zu unterschätzende Effekte sind stabilere Prozesse, höhere Maschinenverfügbarkeit, Produktivität und Lebensdauer sowie reduzierte Temperatur bei geringem Energieverbrauch. Wiederholt hat sich gezeigt, dass sich "bessere Technik" in weniger als einem Jahr amortisiert. In der Tat sind nicht nur die anfänglichen Investitionskosten, sondern auch die Life Cycle Costs als gesamte Verbrauchskosten zu berücksichtigen. Über die gesamte Lebensdauer einer Maschine hinweg kann eine erhebliche Einsparung an Energie erreicht werden.