

Energiesparmotoren und Umrichter

Antriebe mit Energiesparmotoren und mit Frequenzumrichtern, insbesondere bei häufigem Drehzahlwechsel, sparen bares Geld und schonen gleichzeitig die Umwelt. Selbst eine Nachrüstung älterer Anlagen lohnt sich.

In der EU entfallen allein rund 30% der CO₂-Emissionen auf den Verbrauch elektrischer Energie. Etwa 65% des Stromverbrauchs in der Industrie entfallen auf Motoren. Die mögliche Energieeinsparung hängt dabei von der Bemessungsleistung eines Motors, seiner Belastung und der Anzahl der Betriebsstunden ab. Grundsätzlich leisten jedoch Motoren mit höherem Wirkungsgrad einen wichtigen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emission.

Der Ingenieur steht mit einem Bein auf der Seite der technisch besten und neusten Lösung, mit dem anderen allerdings im Büro des Einkäufers, welcher immer wieder neue Argumente für niedrige Einkaufspreise vorbringt.

In diesem Zusammenhang rechneten Spezialisten vor, dass über die Lebensdauer eines Motors von durchschnittlich 10 Jahren die Anschaffungskosten lediglich mit 2 bis 3% und die Instandhaltungseinschliesslich Wartungskosten bis zu 2% betragen, während die Energiekosten mit zirka 95% zu Buche schlagen.

Der Elektromotor als zentrales Funktionselement ist daher in das besondere Blickfeld der Politik gerückt. Seit Mitte der 90er Jahre wurde in den USA und Kanada gesetzliche Auflagen angewendet, welche für Niederspannungs-Drehstrommotoren Mindestwirkungsgrade verbindlich vorschreiben. Auch in Europa sind derzeit politische Bestrebungen im Gange, den Einsatz energieoptimierter Motoren voranzutreiben.

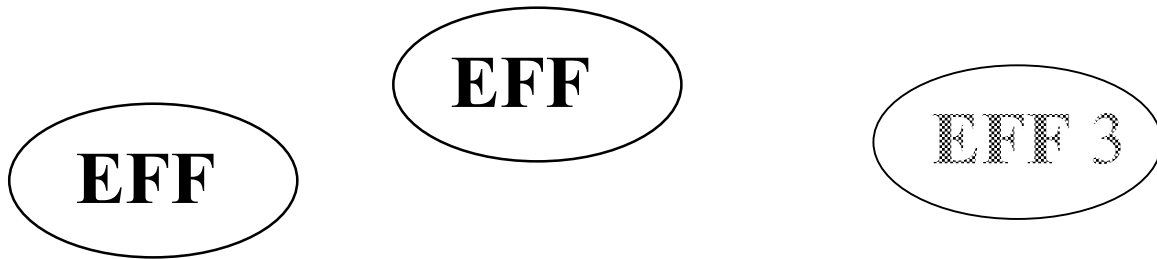
Die europäischen Hersteller von Elektromotoren haben sich nicht erst seit den diversen Umweltkonferenzen der 90er Jahre (Rio, Kyoto, Buenos Aires) an der Einsparung von Prozessenergie beteiligt. Die Anfänge reichen vielmehr bis zur ersten Ölkrise Ende der 70er Jahre zurück, als einzelne Hersteller erste Energiesparmotoren entwickelt haben. Im Oktober 1998 vereinbarte das Komitee der europäischen Hersteller von elektrischen Maschinen und Leistungselektronik (CEMEP) mit der Europäischen Union die Einführung von drei Wirkungsgradklassen für Elektromotoren, um so die Umsetzung der energiepolitischen Ziele der Europäischen Kommission – nämlich eine effizientere Nutzung von Energie und die Verringerung der CO₂-Emission – weiter voranzubringen.

Hauptzielsetzung der europäischen Hersteller von Elektromotoren sind:

- ⇒ Gesteigerter Kundennutzen durch Energiekosteneinsparung
- ⇒ Markttransparenz für Kunden und Anwender
- ⇒ Motorenwahl für den Anwender erleichtern
- ⇒ Bewahrung der Kundensouveränität
- ⇒ Vermeidung langer Gesetzgebungsprozesse

Es wird zwischen den Klassen EFF3, EFF2 und EFF1 unterschieden. EFF3 entsprechen den derzeit auf dem Markt üblichen Wirkungsgraden. Mit EFF2 werden die im Wirkungsgrad verbesserten und mit EFF1 hocheffiziente Motoren bezeichnet. Diese Wirkungsgradklassen gelten für 2- und 4-polige Drehstrom- Käfigläufermotoren mit einer Bemessungsspannung von 400V, 50Hz, mit Betriebsart S1 für

den Leistungsbereich 1.1 bis 90kW. EFF1 Motoren liegen noch über US-amerikanischen und kanadischen Anforderungen.



Wodurch wird ein Motor energieeffizient?

Der Wirkungsgrad ist ein Mass der Fähigkeit eines Motors, elektrische Energie in Nutzarbeit umzuwandeln. Die dabei entstehenden Verluste werden in Form von Wärme abgegeben. Verluste entstehen im wesentlichen in fünf Bereichen und werden von konstruktiven Merkmalen entscheidend beeinflusst. Ein solches Merkmal ist etwa die Grösse des Luftspalts zwischen Läufer und Ständer. Ein grosser Luftspalt verringert die Herstellungskosten, ein kleinerer Luftspalt führt dagegen zu einem höheren Wirkungsgrad und Leistungsfaktor. Grundsätzlich steigt der Leistungsfaktor mit zunehmender Verkleinerung des Luftspalts weiter an, ab einem gewissen Punkt verschlechtert sich jedoch der Wirkungsgrad und es besteht die Gefahr, dass Schwingungsprobleme auftreten. Motorverluste werden in zwei Kategorien eingeteilt: Leerlaufverluste, die immer gleich bleiben und Lastverluste, die mit steigender Motorlast zunehmen. Die Abbildung zeigt die Verteilung der Verluste in einem ABB Drehstrom- Motor vom Typ M2BA (EFF2).

EFF1-Motoren reduzieren die Energieverluste um durchschnittlich 40%. Bei einer Laufzeit von mehr als 4000 Betriebsstunden/Jahr sollten deshalb konsequent EFF1-Motoren genutzt werden. Dann können sich die höheren Anschaffungskosten in kurzer Zeit amortisieren. Aufgrund des grösseren Anteils an Aktivmaterial und der höheren Motorqualität verlängert sich ausserdem die Lebensdauer. EFF2-Motoren reduzieren den Energieverbrauch um rund 20%. Deshalb liegt die Empfehlung für diesen Motortyp bei einem Betrieb ab 2000 Betriebsstunden/Jahr. Damit lassen sich mit einem 15-kW Motor bei 3000 h im Jahr zirka 1 MWh Energie einsparen. Etliche Hersteller bieten bereits durchgängige Motorreihen an.

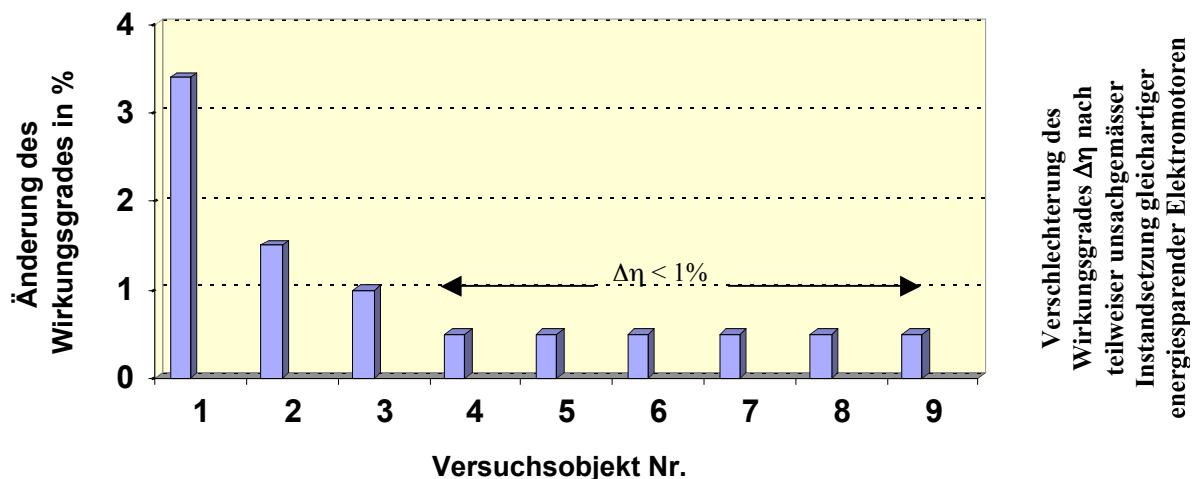
In Pumpen- oder Lüftersystemen erfolgt die Regelung häufig noch mit Drosselventilen bzw. Klappen im Verbund mit Getrieben oder Riemenantrieben kombiniert sind. Auf den ersten Blick mögen solche Anordnungen kostengünstig erscheinen, doch verschwenden sie nur Energie und sind zudem noch laut. Den Motor mit maximaler Drehzahl laufen zu lassen und auf der Ausgangsseite die Leistungsabgabe zu drosseln, hat die gleiche Wirkung wie die Geschwindigkeitsregelung eines Autos mit der Bremse bei konstant eingestelltem Gaspedal. In Industrieanlagen verschwenden Drosseleinrichtungen rund 20% der benötigten Energie, während drehzahlgeregelte Antriebe die Energiekosten um bis zu 60% senken. Eine mit halber Drehzahl laufende Pumpe oder Lüfter verbraucht nur ein Achtel der Energie, verglichen mit dem Betrieb bei voller Drehzahl. Denn die dafür erforderliche Energie ist proportional zur dritten Potenz der Drehzahl. In zahlreichen Anwendungen müssen Lüfter- und Pumpensysteme überwiegend

nur eine Teilleistung liefern. Bereits eine geringfügige Drehzahlminderung kann also schon einen merklichen Unterschied in der aufgenommenen Energiemenge bewirken.

Instandsetzung energiesparender Elektromotoren:

Energiesparende Elektromotoren bedürfen einer besonders sorgfältigen Instandsetzung. Das ergaben Untersuchungen in Nordamerika. Neben einer ganzen Reihe möglicher Fehlerquellen wird vor allem die zulässige Blechtemperatur beim Abreissen beschädigter Wicklungen oft unbewusst überschritten.

Mit der Einführung energiesparender Motoren in Nordamerika begann dort die Diskussion um deren Reparaturfähigkeit. Die Stromversorgungsunternehmen achten darauf, dass energiesparende Antriebe, für die relativ hohe Prämien bezahlt wurden, nach einer Reparatur keine schlechteren Wirkungsgrade besitzen als im Neuzustand. Eine sehr frühe Versuchsreihe liess aber erhebliche Zweifel aufkommen. Im Jahr 1991 veröffentlichte ein US-amerikanisches Energieversorgungsunternehmen die Ergebnisse einer Versuchsreihe, bei der neun gleichartigen Elektromotoren (20 PS, 1800 U/min.) in verschiedenen Werkstätten instandgesetzt wurden. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengefasst:



Bei der Neuwicklung energiesparender Motoren äussern sich Fehler in erhöhten Verlusten. Die in Betracht kommenden Möglichkeiten sehen wie folgt aus:

Kupferverluste im Stator

- Verminderung des Drahtdurchmessers
- Verlängerung der mittleren Windungslänge (z.B. Wahl einer ungeeigneten Schablone)
- Änderung der Wicklungsart (z.B. Ein- statt Zweischichtwicklung, andere Sehnung)
- Erhöhung des Leerlaufstroms (z.B. durch Vergrößerung des Luftspalts)

Reibungsverluste

- Anderer Eigenlüfter (Durchmesser, Flügelzahl)
- Änderung der Lagerart und Schmierung (allerdings sehr geringer Einfluss auf die Verluste)

Rotorverluste

- Wiederverwendung eines offensichtlich thermisch stark überlasteten Rotors

Zusatzverluste

- Mechanische Beschädigung des Blechpaketes
- Unsymmetrischer Luftspalt

Eisenverluste

- Ungeeignete Ausziehmethode für defekte Wicklung
- Mechanische Beschädigung der Paketkante (Feilen, Schleifen, Sandstrahlen)

Beim Ausziehen der defekten Wicklung aus dem Blechpaket besteht die Gefahr, dass die Blecheigenschaften – oft unbewusst – erheblich beeinträchtigt werden. Erwärmt man die Wicklung mit einer offenen Flamme (Schweissbrenner), können örtliche Temperaturen von mehr als 500°C entstehen, die die Blechisolation zerstören und die Eisenverluste drastisch verändern. Daher ist diese Methode generell und bei Energiesparmotoren ganz besonders ungeeignet.

Die Pakettemperatur sollte üblicherweise etwa 350°C nicht überschreiten. Selbst bei gut konstruierten, gleichmässig erwärmten Öfen liegt die Pakettemperatur etwa 60°C über der am Regler eingestellten Temperatur. Bei schlecht durchlüfteten Öfen kann diese Temperaturdifferenz noch grösser sein.

Wird das bewickelte Paket gleichmässig auf Temperaturen unterhalb etwa 250°C erwärmt und die Wicklung mit stetiger, gleichmässiger Kraft (z.B. hydraulisch) ausgezogen, sind keine beeinträchtigten Blech- und Isolierungseigenschaften zu erwarten.