

Energieeffizienz in Antriebssystemen

Beraterinformation klima:aktiv Programm energieeffiziente Betriebe



Inhaltsverzeichnis

Auditfragen	3
Basissystembeschreibung und Einsparungspotenzial	5
Effizienzklasse	7
Motordimensionierung	10
Riemenantrieb	12
Reparatur und Wartung	15
Quellen und weitere Informationen	17

Auditfragen

Sind Motoren der Effizienzklasse 2 oder 3 installiert oder werden noch gekauft?

Der Ersatz von funktionierenden alten Motoren durch neue Motoren mit höherer Effizienzklasse ist unter Umständen nicht wirtschaftlich. Bei Neuanschaffungen sollten immer Motoren der höchsten Effizienzklasse (eff 1) beschafft werden. Der Unterschied im Wirkungsgrad ist besonders bei kleineren Motoren höher; das Einsparpotenzial liegt zwischen 2 und 8%.

[Infoblatt Effizienzklasse, nähere Informationen unter www.eu-promot.org, EURODEEM – Motorendatenbank (Link unter Modul Antriebe)]

Sind Standard Keilriemen installiert?

Einsatz von Riemen mit hoher Effizienz (zB Synchronriemen, Zahnriemen)

Keilriemen haben allgemein einen geringen Wirkungsgrad und Abläufe zur regelmäßigen Wartung zur Vermeidung von Abnützungen und verringerter Spannung müssen im Betrieb implementiert werden.

- Keilriemen mit einer maximalen Effizienz von rund 95% bis 98% zum Zeitpunkt der Installation, erreichen, falls sie nicht gewartet und die Riemen regelmäßig nachgespannt werden, eine Effizienz von nur rund 93%.
- Verzahnte Keilriemen sind um rund 2% effizienter als Keilriemen
- Synchronriemen sind verzahnt und erfordern die Installation einer Zahnscheibe als Riemenscheibe. Sie können eine bessere Effizienz von rund 98% aufweisen und eine hohe Effizienz über einen weiten Lastverlauf erhalten; Nachteil: höhere Geräuschentwicklung von Riemen mit Zähnen oder Rillen

Wo möglich Direktantrieb verwenden (Schnecken-, Kegelrad, Direktantrieb)

Laufen Motoren zu Zeiten, in denen Prozesse oder die Anlagen, die sie antreiben nicht in Betrieb sind?

- Reduktion der Gerätelaufzeit auf das erforderliche Minimum. Ausschalten der Motoren während der Mittags- und Pausenzeit oder zu Zeiten, wenn die Anlagen nicht benötigt werden; diese Maßnahme ist so zu verlässlich wie die Mitarbeiter;
- Gemeinsames Schalten der Antriebe mit dem Prozess. Sobald ein Teil der Anlage ausgeschaltet wird, werden alle Antriebe dieser Anlage automatisch abgeschaltet.
- Diskontinuierlicher (Batch-) Betrieb von Maschinen wie z.B. Mahlmaschinen, Abschalten in der Zwischenzeit. Geräte wie Mahlmaschinen sind oft durchgehend eingeschaltet, obwohl sie nur zeitweise mit Rohstoffen beschickt werden. Eine Alternative wäre das Sammeln des Materials in einem Puffer und jemanden zu bestimmen, der die Maschine von Zeit zu Zeit einschaltet; falls die Materialsammlung unbeaufsichtigt geschieht, kann der

Sammelbehälter übergehen; diskontinuierliche Prozesse können höhere Leistungsspitzen erzeugen, wenn die Anlagen stärker belastet wird;

- Installation von Zeitschaltern, Füllstandsmessern, Materialsensoren oder anderen automatische Kontrollmechanismen, um die Anlagen, wenn erforderlich, abzuschalten.

Sind Motoren im Einsatz, die zur Gänze im Teillastbereich angetrieben werden?

Ersatz von Überdimensionierten Motoren durch energieeffiziente Motoren in der passenden Größe. Vor dem Ersatz muss festgestellt werden, ob nicht Zeitpunkte auftreten, in denen die Belastung des Motors kurzfristig erhöht wird.

In Betrieben ist es üblich, dass beim Ersatz von Motoren, falls die gleiche Größe nicht erhältlich ist, die nächste Größe installiert wird, um auf der sicheren Seite zu sein.

Motoren verbrauchen die wenigste Energie, wenn sie am Punkt der höchsten Effizienz betrieben werden. Üblicherweise liegt dieser Punkt im Bereich zwischen 75 und 110 Prozent der Nennlast. Falls die Motorlast auf unter 50% fällt, reduziert sich auch die Effizienz und der Leistungsfaktor; das Einsparpotenzial liegt zwischen 1 und 3 %.

Leistungsmesser sind für die Bestimmung der Motorlast besser geeignet, da die Amperemessung die Änderung des Leistungsfaktors ($\cos \phi$) nicht berücksichtigt.

Sind im Betrieb Motoren im Einsatz, deren Lastverlauf stark schwankt?

Einsatz von Antrieben mit veränderlicher Drehzahl.

Frequenzumrichter zur Drehzahlregelung können die Energiekosten senken. Sie steuern die Drehzahl durch Veränderung der Frequenz und Spannung und eignen sich vor allem für Anwendungen mit wechselnder Last. Vor allem für Kreiselpumpen, Ventilatoren oder Zentrifugalkompressoren nimmt der Energiebedarf überproportional zur Drehzahlabnahme ab.

Basissystembeschreibung und Einsparungspotenzial

Der Stromverbrauch von Motorsystemen wird durch

- den Motorwirkungsgrad
- die Dimensionierung
- die Motorregelung
- die Stromversorgungsqualität
- das mechanische Übersetzungssystem,
- die Wartungspraktiken und
- die Effizienz des Endnutzungsgeräts

bestimmt.

Für eine möglichst umfassende Ausschöpfung der Einsparpotentiale müssen deshalb alle Komponenten eines Motorsystems optimiert werden, wobei die Anwendbarkeit bestimmter Maßnahmen und das Kostenreduktionspotential von der Größe und spezifischen Situation des Betriebs abhängt. Nur durch eine Bewertung des Systems und der Bedürfnisse des Unternehmens lässt sich feststellen, welche Maßnahmen sowohl anwendbar als auch profitabel sind.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die wichtigsten Energieeinsparmaßnahmen, die auf Antriebssysteme anwendbar sein könnten. Dabei handelt es sich um Erfahrungswerte, d.h. die Anwendbarkeit der Maßnahmen und das realisierbare Einsparpotential hängen von den spezifischen Kenndaten der jeweiligen Anlagen ab.

Energieeinsparpotenzial für Antriebssysteme

Maßnahmen	Einsparpotential
Systeminstallation oder Erneuerung	
energieeffiziente Motoren (EEM)	2-8%
korrekte Dimensionierung	1-3%
energieeffiziente Motorreparatur (EEMR)	0,5-2%
Antriebe mit veränderlicher Drehzahl (ASD)	10-50%
Getriebe/Untersetzungsgetriebe hoher Effizienz	2-10%
Qualität der Stromversorgung	0,5-3%
Systembetrieb und Wartung	
Schmierung, Einstellung und Feinabstimmung	1-5%

Basisystembeschreibung

Die **Basissystembeschreibung** umfasst im wesentlichen folgende (Typenschild-) Daten, die aus Firmenunterlagen oder mit Hilfe einfacher Messungen erhoben

werden können. In vielen Unternehmen können betriebliche Mitarbeiter die meisten oder gar alle genannten Informationen zusammenstellen.

1. Allgemeine Antriebssystemkonstruktion und -auslegung
2. Alters- und Typenschildangaben der Motoren (Leistung, Typ, ...)
3. Art des Endnutzungsgeräts für jeden Motor
4. Art der Drehzahlregelung (falls vorhanden) für jeden Motor
5. Getriebeart für jeden Motor
6. Art und Häufigkeit der Wartung von Motor, Getriebe and Endnutzungsgeräten
7. Wie oft wurde jeder Motor repariert
8. Betriebsstunden/Jahr

In Produktionsstätten mit einer sehr großen Anzahl an Motoren kann die Datenerfassung auf die größten Motorsysteme beschränkt werden, die für einen Großteil des Motorstromverbrauchs (z.B. 2/3) verantwortlich sind.

Dokumentation und Messung der Systembetriebsparameter

Die Dokumentation bzw. Messung der folgenden Parameter 1. bis 4. sollte nach Möglichkeit bei allen Motorsystemen Ihres Unternehmens erfolgen. Die Positionen 5. bis 7. sollten darüber hinaus bei Systemen mit Leistungen von mehr als 25 kW erfolgen.

1. Gesamtantriebsstromverbrauch für die gesamte Anlage
2. Spannungsasymmetrie für die gesamte Anlage
3. Gesamte harmonische Verzerrung für die gesamte Anlage
4. Leistungsfaktor für die gesamte Anlage
5. Überdimensionierung und Lastfaktor für jeden Motor
6. Bedarfsprofil: geschätzte Schwankung während eines Tages/einer Woche für jeden Motor
7. Für große Motoren sollten ein Datenlogger und geeignete Strom- und Spannungssensoren verwendet werden (wahrscheinlich nur für die Bewertungsperiode installiert). Für kleinere Systeme sind die besten verfügbaren Daten zu benutzen

Effizienzklasse

Bei zusätzlichen Investitionskosten von 20 - 30% bieten energieeffiziente Motoren (EEM), auch Hoch-Effizienz-Motoren (HEM) genannt, einen 2 bis 6% höheren Wirkungsgrad als konventionelle Elektromotoren. Dies führt insbesondere bei hohen Betriebszeiten zu erheblichen Energie- und Kosteneinsparungen.

Da mit den geringeren Verlusten ein geringerer Temperaturanstieg im Motor einhergeht, erhöht sich die Lebensdauer der Motorwicklungsisolierung und der Lager, so dass sich in vielen Fällen

- die Zuverlässigkeit erhöht,
- die Ausfallzeit und die Wartungskosten verringern,
- die Toleranz gegen Wärmebelastungen erhöht,
- die Toleranz gegenüber Überlastung verbessert,
- die Beständigkeit gegen abnorme Betriebsbedingungen . z.B. Unter- und Überspannung
- Phasenasymmetrie, schlechtere Spannungs- und Stromwellenformen (z.B. Harmonische), usw. . verbessert,
- der Leistungsfaktor verbessert und
- der Geräuschpegel verringert.

In Europa wurde 1999 von den wichtigsten Europäischen Motorherstellern mit der Europäischen Kommission die Einteilung von Niederspannungs-Drehstrommotoren entsprechend ihres Wirkungsgrades in drei Klassen vereinbart

- EFF1: Hochwirkungsgradmotoren
- EFF2: Standardwirkungsgrad Motoren
- EFF3: Motoren mit schlechtem Wirkungsgrad

Effizienzverbesserung von Elektromotoren ergeben sich durch Verwendung besserer Blechqualitäten, Vergrößerung der Blechpakete, verminderte Beanspruchnahme des Antriebs, größere Läufernutzen, optimierter Lager und Lüfter.

Der Verkauf von Motoren der Effizienzklassen 1 und 2 (EFF 1 und EFF2) ist bis zum Jahresende 2004 auf 92% gestiegen, wobei allerdings Motoren mit der Effizienzklasse 2 den größten Marktanteil ausmachen (85%).

Kennzeichnung des Wirkungsgrades

Die Effizienzklassen EFF1, EFF2 und EFF 3 wurden in einer freiwilligen Vereinbarung zwischen dem europäischen Sektorkomitee für elektrische Antriebe (CEMEP) und der Europäischen Kommission für folgende Motoren definiert: Drehstrom Asynchronmotoren mit Lüfter (IP 54 oder IP 55) im Bereich 1,1 bis 90 kW, 2- oder 4-polig, Nennspannung 400 V, 50 Hz, Betriebsart S1, Standard-Ausführung.

Leistung	Mind. Wirkungsgrad EFF2 (%)		Mind. Wirkungsgrad EFF1 (%)	
	2 Pole	4 Pole	2 Pole	4 Pole
kW				
1.1	76.2	76.2	82.2	83.8
1.5	78.5	78.5	84.1	85.0
2.2	81.0	81.0	85.6	86.4
3.0	82.6	82.6	86.7	87.4
4.0	84.2	84.2	87.6	88.3
5.5	85.7	85.7	88.5	89.2
7.5	87.0	87.0	89.5	90.1
11.0	88.4	88.4	90.6	91.0
15.0	89.4	89.4	91.3	91.8
18.5	90.0	90.0	91.8	92.2
22.0	90.5	90.5	92.2	92.6
30.0	91.4	91.4	92.9	93.2
37.0	92.0	92.0	93.3	93.6
45.0	92.5	92.5	93.7	93.9
55.0	93.0	93.0	94.0	94.2
75.0	93.6	93.6	94.6	94.7

Rentiert sich der Kauf eines hocheffizienten Motors für meine Anwendung?

Einen Hochwirkungsgradmotor zu kaufen, ist zunächst teurer, kann sich aber sehr schnell rentieren. Mit folgender Formel errechnen Sie sich die **statische Amortisationszeit bei Kauf eines hocheffizienten Motors im Vergleich zu einem Standardmotor**. Das heisst: wie lange braucht der Hochwirkungsgradmotor, um sich über den geringeren Energieverbrauch (damit geringeren laufenden Kosten) seine Mehrkosten hereinzubekommen. Wesentlich dabei ist auch die jährliche Laufzeit:

$$\text{Amortisationszeit (Jahre)} = \frac{\text{KostenHEM} - \text{KostenStandard}}{P_N \times t \times \text{Stromkosten} \times \left[\frac{1}{\eta_{St}} - \frac{1}{\eta_{HEM}} \right]}$$

Kosten HEM: Kosten eines Hocheffizienzmotors in EUR

Kosten Standard: Kosten eines Standardwirkungsgradmotors in EUR

PN: Leistungsangabe des Motors in kW

t: jährliche Laufzeit in h

Stromkosten: in EUR pro kWh (Bsp.: 0,05 EUR/kWh)

η_{St} : Wirkungsgrad des Motors nach Neubewicklung (z.B. 0,84)

η_{HEM} : Wirkungsgrad eines Hocheffizienzmotors

Beispiel:

Kosten HEM: 280 EUR, Kosten Standard: 200 EUR, Leistung: 4 kW, Laufzeit: 3.000h,
 η_{St} : 0,84 η_{HEM} : 0,883: ergibt eine Amortisationszeit von 2,3 Jahren

Ergebnis: nach etwas über zwei Jahren hat der hocheffiziente Motor seine Mehrkosten durch den geringeren Energieverbrauch im laufenden Betrieb erspart.

Diese Berechnung für sämtliche derzeit am Markt erhältliche energieeffizienten Elektromotoren ist unter folgender website abrufbar:

<http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/eurodeem/imssa.htm>

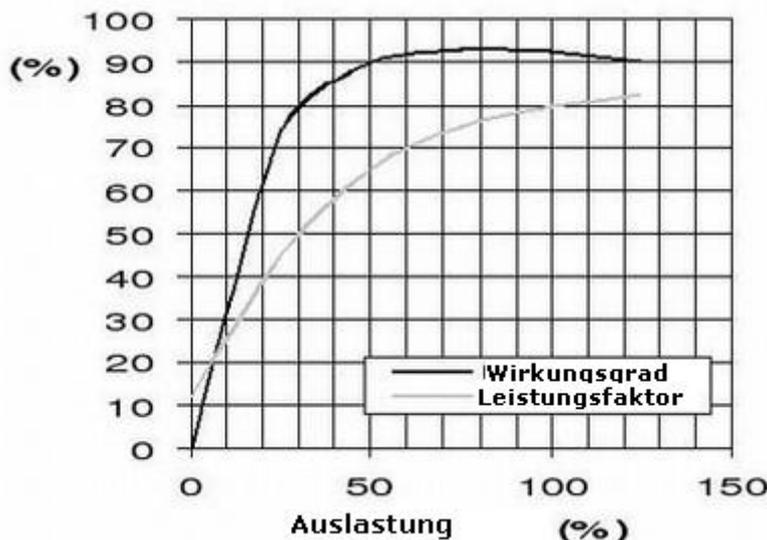
MASSNAHMEN NEUKAUF /ERSATZ

- Inventur aller kritischer Motoren in der Betriebsanlagen. Der Schwerpunkt sollte bei Standardmotoren zwischen 15 und 350 kW liegen, die mehr als 2000 Stunden pro Jahr benutzt werden. Sammlung der Typenschild – Daten und Messung der Spannung und Ampere.
- Einführen einer Politik zur Motorreparatur und –ersatz, um kosteneffektive und energieeffiziente Ergebnisse zu erzielen und zur Kennzeichnung der Motoren für die passende Maßnahme. Beispielsweise Ersatz von schadhafte Motoren durch EFF 1 Klasse Motoren oder das Wiederbewickeln bzw. die Reparatur von Motoren nach bestimmten Richtlinien.

Motordimensionierung

Elektrische Motoren sind im Verhältnis zur Last, die sie antreiben, sehr oft überdimensioniert. Feldversuche der Europäischen Union haben gezeigt, dass Elektromotoren in der Industrie durchschnittlich bei etwa 60% ihrer Nennlast arbeiten. Der maximale Wirkungsgrad wird bei 60% bis 100% der vollen Leistung erreicht. Unter 40% der vollen Leistung arbeitet ein Elektromotor nicht mehr unter optimalen Bedingungen und der Wirkungsgrad fällt dann rasch ab. Eine Überdimensionierung eines Motors führt zu:

- Erhöhung der Kapitalkosten
- Vermindert den operativen Wirkungsgrad
- Erhöht die Drehzahl, falls keine Regelung vorhanden ist. Dies führt zu einer maßgeblichen Änderung in der Last und des Jahresenergieverbrauchs. Beispielsweise führt ein schmaler Anstieg der Drehzahl (zB von 1440 U/min auf 1460 U/min (+1,4%) bei einem Ventilator oder einer Pumpe zu einem 4% Anstiegs des Leistungsbedarfs und des Energieverbrauchs.
- Vermindert den Leistungsfaktor ($\cos \phi$), was zu einer Erhöhung des Blindstroms führt (wie in der Abbildung ersichtlich). Dies ist der Hauptgrund für einen geringen Leistungsfaktor in einigen Industrieanlagen. Außer wenn der Blindstrom für jeden Motor kompensiert wird, sind die zusätzlichen Verluste an den Leitungen durch die Überdimensionierung ein weiterer Grund für geeignete Motorenauswahl.



Ein ständig geringer Leistungsfaktor ($\cos \phi$) ist ein deutlicher Hinweis auf Überdimensionierung

Wie kann ich den Teillastfaktor (Auslastung) bestimmen?

$$LF = \frac{P_{in}}{P_{rated}} * \eta = \frac{V_{line} * I_{line} * PF * \sqrt{3}}{P_{rated} * 1000} * \eta$$

LF - Teillastfaktor, Auslastung

P in - aufgewendete elektrische Leistung (kW)

P rated - Motornennleistung (kW)

η - Wirkungsgrad des Motors bei Vollast (dezimal)

V line - Netzspannung (V)

I line - Stromstärke des Netzes (A)

PF -Leistungsfaktor (cos phi, dezimal)

Erforderliche Messinstrumente: Wattmeter oder Ampèremeter, Voltmeter oder Instrument zur Messung des Leistungsfaktors (cos phi)

Eine Leistungsmesser ist für die Bestimmung der Motorlast besser geeignet, da die Amperemessung die Änderung des Leistungsfaktors (cos phi) nicht berücksichtigt. Elektromotore haben im Allgemeinen eine Leistungsfaktor von 0,7 im Teillastbereich und 0,9 unter Vollast. Bei deutlichen Abweichungen sollte der Grund dafür untersucht werden. Blindstrom Q belastet die Leitungen ohne nutzbare Leistung zu übertragen. Durch den Stromfluss werden die Leitungen erwärmt und somit deren Widerstand erhöht. Die Kompensation des cos phi kann durch Zuschalten von Kondensatoren erreicht werden.

Riemenantrieb

Rund ein Drittel der elektrischen Motoren im industriellen und kommerziellen Sektor nutzen Riemenantriebe. Riemenantriebe gewährleisten eine flexible Verbindung zwischen Motor und Last. Riemenscheiben unterschiedlicher Durchmesser erlauben, die Geschwindigkeit des angetriebenen Gerätes zu erhöhen oder zu vermindern. Ein gut ausgelegter Riemenantrieb ist durch eine hohe Effizienz, geringe Lärmentwicklung, keinen Schmierungsbedarf und geringen Wartungsbedarf gekennzeichnet. Wichtig sind neben der korrekten Auslegung, der Riemenmontage auch die Beachtung der Energieeffizienz und die vorbeugende Wartung.

Auslegung

Riemen sollten an die höchsten normalen Betriebstemperatur angepasst sein. Ein hoher Gummianteil reduziert die Beständigkeit des Riemens gegenüber der Temperatur.

Der sog. „Service Factor“ (Korrekturfaktor) berücksichtigt die Belastung während Beschleunigung durch das Anfahren und bei Laständerungen. Er beträgt z.B. für die meisten Ventilatoren 1,2 bis 1,4. Die erforderliche Ventilatorleistung ist um diesen Faktor zu erhöhen.

Weiters ist je nach Umschlingungswinkel (Auflagefläche der Riemen auf der Scheibe) die Leistungsangabe der Riemen um die folgenden Faktoren zu reduzieren.

Korrekturfaktor für die Leistungsangabe eines Keilriemens, abhängig vom Umschlingungswinkel	
180°	1
170°	0,98
160°	0,95
150°	0,92
140°	0,89
130°	0,86
120°	0,83
110°	0,79
100°	0,74
90°	0,69

Drehzahl

Da die erforderliche Drehzahl am angetriebenen Element (z.B. Ventilator) nicht immer mit der Drehzahl des Motors übereinstimmt, werden Riemenscheiben unterschiedlicher Durchmesser zur Veränderung der Drehzahl eingesetzt.

$$n_2 = n_1 * \frac{D_1}{D_2}$$

- n_1 : Drehzahl der Riemenscheibe des Treibers (Motor)
- n_2 : Drehzahl der angetriebenen Riemenscheibe
- D_1 : Durchmesser der Treiber-Riemenscheibe
- D_2 : Durchmesser der angetriebenen Riemenscheibe

In Ventilatorsystemen kann die Drehzahl des Motors um den Faktor vier größer sein als die des angetriebenen Ventilators. Bei kleinen Anwendungen unter 2 kW beträgt diese Grenze ca. die 10 fache Drehzahl. Diese Grenze entsteht durch die Größe der verfügbaren Riemenscheiben und den Umschlingungswinkel.

Energieeffizienz

Keilriemen mit einer maximalen Effizienz von rund 95% bis 98% zum Zeitpunkt der Installation, erreichen, falls sie nicht gewartet und die Riemen regelmäßig nachgespannt werden, eine Effizienz von nur rund 93%.

Verzahnte Keilriemen sind um rund 2% effizienter als Keilriemen, sie haben Kerben senkrecht zur Riemenlänge, die den Biege- und Torsionswiderstand der Riemen reduziert. Verzahnte Riemen können mit den selben Riemenscheiben wie ähnliche Keilriemen betrieben werden, laufen bei geringeren Temperaturen und halten dadurch länger.

Synchronriemen (für hohe Drehmomente) sind verzahnt und erfordern die Installation einer Zahnscheibe. Sie können eine bessere Effizienz von rund 98% aufweisen und eine hohe Effizienz über einen weiten Lastverlauf erhalten. Im Gegensatz dazu haben Keilriemen bei hohen Drehmomenten einen großen Schlupf. Synchronriemen erfordern geringere Wartung und seltenere Nachspannung und laufen auch in nassen oder öliger Umgebung. Nachteile: Zahnriemen dürfen niemals in einer Zahnscheibe mit einem anderen Profil laufen, sie sind lauter, ungeeignet für Schockbelastung und übertragen Vibrationen. Durch das Verhindern des Schlupfes kann es sein, dass eine Last (Pumpen, Ventilatoren) nach Umstellung des Antriebs mit einer etwas höheren Geschwindigkeit angetrieben wird, dies ist bei der Auslegung zu berücksichtigen.

Vorbeugende Wartungsprogramme können Maschinenstillstände und Ausfallzeiten minimieren.

MASSNAHMEN ANTRIEBSRIEMEN

- Inventur der riemengetriebenen Anlagen im Betrieb. Sammlung der Informationen zur Anwendung und zur Betriebsstundenanzahl. Dies kann als Grundlage zur Beurteilung der Kosteneffizienz von Maßnahmen zum Ersatz von Keilriemen durch Synchronzahnriemen dienen.

Mögliche **Leistungsverbesserung** durch:

- Erhöhung des Scheibendurchmessers
- Erhöhung der Anzahl der Riemen oder Nutzung von breiteren Riemen

- Integration von Vibrationsdämpfung
- Verbesserung der Belüftung der Schutzvorrichtung, um Betriebstemperatur zu senken
- Ersatz von abgenutzten Scheiben
- Scheiben richtig fluchten
- Neu montierte Keilriemen nach 4 bis 24 Stunden Einlaufzeit nachstellen
- Korrekte Wartung und Montage
- Ersatz von Standardkeilriemen durch verzahnte Keilriemen oder Synchronriemen (Zahnriemen)

<http://www.kutzendoerfer.at/files/vorbeugende-wartung-20087.pdf>

Reparatur, Wartung

Das Neubewickeln eines Motors ist in der Industrie weit verbreitet. Dies ist manchmal billiger und rascher als einen neuen Motor zu kaufen. Allerdings reduziert schlechtes Neubewickeln eines Motors seinen Wirkungsgrad um mehr als 1% (manchmal um 4%).

Besondere Aufmerksamkeit muss der Reparatur und der ausführenden Firma geschenkt werden, die vom Motorhersteller anerkannt sein muss. Die Reparatur kann somit nicht unbedingt eine gute ökonomische Wahl sein. Die Mehrkosten des neuen Motors können sich schnell aufgrund des höheren Wirkungsgrades rechnen. Das Wickeln lohnt sich nur bei Sondermotoren und Drehstrom-Normmotoren ab ca. 30 kW, weil neue kleine Normmotoren preisgünstiger sind als die Lohnkosten und das Material für Reparatur. Bei langen Betriebszeiten (über 4.000 Stunden pro Jahr) amortisiert sich die Anschaffung eines Hocheffizienzmotors im Leistungsbereich von 20 bis 120 kW innerhalb von drei Jahren.

Berechnung der Amortisationszeit bei Kauf eines Hocheffizienzmotors im Vergleich zur Neubewicklung eines schadhafte Standardmotors

Wie lange benötigt der Hocheffizienzmotor, um seine Mehrkosten gegenüber der Reparatur durch seinen geringeren Energieverbrauch im Vergleich zum reparierten Motor zu "verdienen"?

$$\text{Amortisationszeit (Jahre)} = \frac{\text{Kosten}_{HEM} - \text{Kosten}_{Rep}}{LF \times P_N \times t \times \text{Stromkosten} \times \left[\frac{100}{(\eta_{St} - \Delta\eta)} - \frac{100}{\eta_{HEM}} \right]}$$

Kosten_{HEM}: Kosten eines Hocheffizienzmotors in EUR

Kosten_{Standard}: Reparaturkosten in EUR

LF: Lastfaktor (Auslastung), z.B. 75%

P_N: Leistungsangabe des Motors in kW

t: jährliche Laufzeit in h

Stromkosten: in EUR pro kWh (Bsp.: 0,05 EUR/kWh)

η_{St} : Standardwirkungsgrad (%)

η_{HEM} : Wirkungsgrad eines Hocheffizienzmotors (%)

$\Delta\eta$: Effizienzverlust nach Reparatur

Grob wird mit Mehrkosten des HEM Motors von ca. 25% gerechnet, die Reparaturkosten betragen ca. 40% der Kosten eines neuen Motors, dafür nimmt die Effizienz um rund 1% ab.

Beispiel:

Nennleistung: 15 kW, Kosten Standardmotor: 550 EUR, Kosten HEM: rund 690 EUR, Reparaturkosten: 220 EUR

Auslastung: 75%, Laufzeit: 4.500 h, η_{HEM} : 91,8%, $\eta_{St} - \Delta\eta$: 87,8%

Amortisationszeit: 3 Jahre

Ergebnis: nach drei Jahren hat der effiziente Motor seine Mehrkosten gegenüber der Reparatur des alten Motors durch die geringeren Energiekosten „verdient“.

Wartung

Einige Motorkomponenten nützen sich mit der Zeit und unter Betriebsbelastung ab. Isolierungen werden aufgrund von Spannungsasymmetrie, Über- und Unterspannung, plötzlicher Spannungsabfälle und höherer Temperatur schwächer. Kontakte zwischen sich bewegenden Flächen verursachen Abnutzung. Die Abnutzung wird durch Schmutz, Feuchtigkeit und korrosiven Nebel beeinflusst und wird rasch beschleunigt, wenn die Schmierung falsch aufgebracht wird, überhitzt oder verschmutzt oder nicht regelmäßig ausgetauscht wird.

Motoren, die außer Betrieb sind, sollten jedenfalls vor Feuchtigkeit, Vibration und Korrosion geschützt werden.

Die Lebensdauer eines Motors kann zwischen 30.000 und 40.000 Betriebsstunden liegen, bei geeigneter Wartung wird die Lebensdauer jedenfalls erhöht. Unter bestimmten Umständen - in besonders korrosiver oder aggressiver (Stäube!) Umgebung - geschieht die Abnutzung besonders rasch. In solchen Fällen sollten Spezialmotoren mit besonderer Schutzklasse beschafft werden.

Jede Temperaturerhöhung um 10°C in der Betriebstemperatur verkürzt die Lebensdauer um die Hälfte. Der Kauf von neuen Motoren mit höherer Isolierungstemperatur führt allerdings nicht unbedingt zu längerer Lebensdauer, weil diese Motoren bei höheren internen Temperaturen laufen. Die beste Vorbeugung gegen Wärmeschäden sind der Schutz vor Schmutz, Über- oder Unterspannung, Spannungsasymmetrie, Oberschwingungen, vor zu hoher Umgebungstemperaturen, zu geringer Belüftung und vor Überlastungen.

Lagerversagen machen fast die Hälfte aller Motorversagen aus. Falls sie nicht zur rechten Zeit entdeckt werden, können sie zur Überhitzung führen und die Isolierung zerstören oder dem Motor irreparable mechanische Schäden zuführen. Daher sollten immer die Herstellerinformationen bezüglich der Schmierung befolgt werden.

Quellen und weitere Informationen unter:

Das Europäische Motor Challenge Programm, Modul Antriebe, Brüssel, 2003
(<http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/motorchallenge>)

Sander, J., Activities of CEMEP to Promote Efficient Motor Driven Systems, in Radgen, P., EEMODS 2005, 4th International Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems, Conference Proceedings, Vol. 1, Fraunhofer Verlag, 2005

U.S Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Energy Tips – Drives, 2005

<http://www.kutzendoerfer.at/files/vorbeugende-wartung-20087.pdf>

www.eu-promot.org