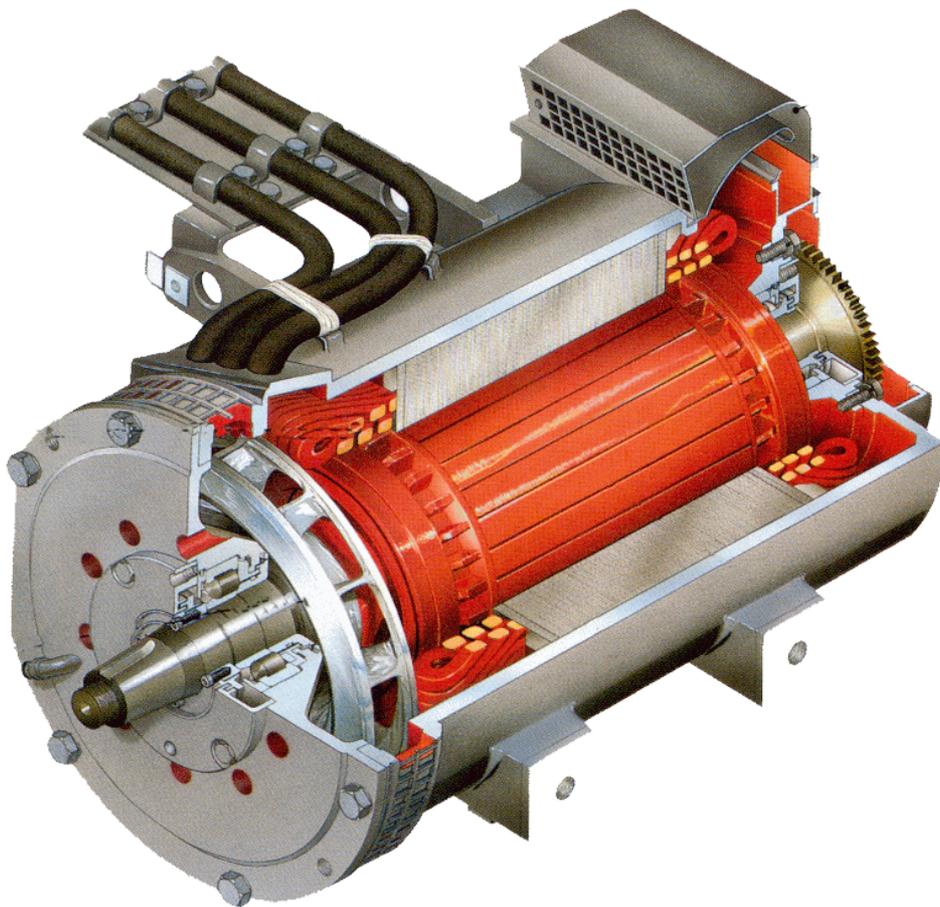


Unterrichtseinheiten zur Thematik Motoreffizienz



Inhaltsverzeichnis

Motivation	3
Lernziele	3
1 Asynchronmotoren	4
1.1 Auslastung von Asynchronmotoren	4
1.2 Dimensionieren von ASM	6
1.2.1 Warum ein ASM unter Vollast betreiben	6
1.2.2 Richtige Dimensionierung der ASM	6
1.2.3 Überdimensionierung der ASM	7
1.2.4 Gesamtsystem beachten	7
2 Effizienzklassen von normierten Asynchronmotoren	8
2.1 Die drei Wirkungsklassen	8
2.2 Effizienzverluste	9
2.2.1 Ursachen und Möglichkeiten zur Reduktion von Effizienzverlusten	9
3 Effizienzverbesserung bei elektrischen Antrieben	11
3.1 Übersicht der schweizerischen Stromverbraucher	11
3.2 Massnahmenpotential fürs Energiesparen	11
3.3 Checkliste für das Energiesparen bei elektrischen Antrieben	12
4 Lernkontrolle	13
5 Quellen und Literaturverzeichnis	15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Teillasteffizienz von Asynchronmotoren	4
Abbildung 2 – Zeitlicher Verlauf von Spannung Strom und Leistung [4]	5
Abbildung 3 – Wirkungsgradkurven	8
Abbildung 4 – Kupferläufer	9
Abbildung 5 – Hysteresekurve	10

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Gegenüberstellung EFF-Klassen zu IE-Klassen	8
Tabelle 2 – Übersicht der schweizerischen Energieverbraucher	11

Motivation

Mit Hilfe dieser Unterrichtseinheiten, soll den Teilnehmer/-Innen gezeigt werden, wo und wie man die Effizienz von Motoren steigern und somit Kosten sparen kann. Denn oft sind Motoren falsch dimensioniert, wodurch Sie in einem Arbeitsbereich mit schlechtem Wirkungsgrad eingesetzt werden. Die genaue Dimensionierung und die Kosten für die Anschaffung eines Motors mit höherem Wirkungsgrad zahlen sich schon nach kurzer Zeit aus.

Lernziele

- Die Teilnehmer/ -Innen kennen die IEC Effizienzklassen
- Wissen die positiven Auswirkungen kleinerer Motorenerwärmung
- Kennen die verschiedenen Ursachen für Effizienzverluste und wissen, wie man diesen entgegenwirken kann.
- Die Teilnehmer/ -Innen kennen verschiedenen Möglichkeiten um bei elektrischen Antrieben Energie einzusparen.
- Wissen, in welchem Bereich der maximale Wirkungsgrad liegen sollte.
- Kennen die Vorteile eines richtig dimensionierten Motors.

1 Asynchronmotoren

Quellen [2][3]

Nachfolgend wird auf die Asynchronmotoren bzw. auf dessen Auslastung eingegangen. Dies soll aufzeigen, wie gut, bzw. wie schlecht der Wirkungsgrad der Motoren im Einsatz ist. Es wird erklärt, auf was bei einem ASM zu achten ist, und weshalb die Motoren oft überdimensioniert werden.

1.1 Auslastung von Asynchronmotoren

Die meisten modernen Asynchronmotoren sind konstruiert für das Arbeiten mit einer Belastung im Bereich von 50 bis 100% ihrer Nennlast. Der maximale Wirkungsgrad, d.h. das Verhältnis zwischen der abgegebenen mechanischen Leistung und der aufgenommenen elektrischen Leistung liegt üblicherweise im Bereich von 75 bis 110% der Nennlast. Unter 25% Belastung sinkt der Wirkungsgrad steil ab.

EC-Motoren zeigen ein ähnliches Verhalten. (Siehe Grafik der Motorenauswertung, Griff 13, Seite 4)

Der Bereich für einen guten Wirkungsgrad variiert von Motor zu Motor, man kann jedoch generell sagen, dass sich dieser mit steigender Nennleistung vergrössert. Wie auf der Abbildung 1 zu erkennen ist, erreichen grössere Motoren einen besseren Wirkungsgrad auf als kleinere.

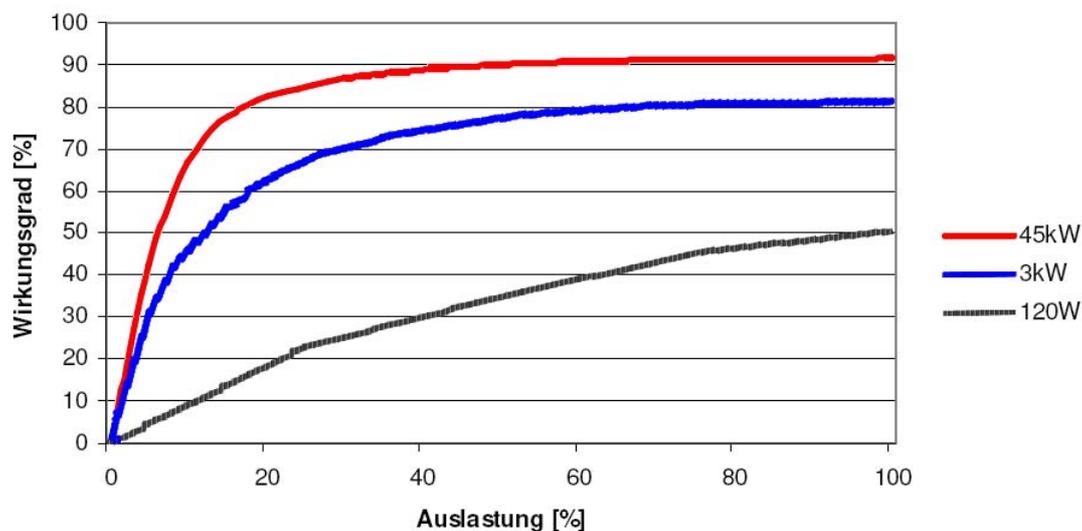


Abbildung 1 – Teillasteffizienz von Asynchronmotoren

Betrachtet man nur den Wirkungsgrad, scheint es sinnvoll Motoren mit der Belastung zu betreiben, wo sie ihren maximalen Wirkungsgrad aufweisen. Dieser liegt für jeden Motor in einem anderen Bereich, generell ab einer Auslastung von ca. 60% der Nennlast. Jedoch steigt der Wirkungsgrad bei höherer Last nicht mehr sehr stark an. Somit werden viele Motoren bei ca. 75% Nennlast betrieben, was zur Folge hat, dass man die Motoren etwas grösser dimensioniert.

Dadurch ist der Kaufpreis höher man erwirbt jedoch Leistungsreserven, und somit eine grössere Lebensdauer, da sich der Motor bei Teillast nicht so stark erwärmt. Des weitern benötigt man am wenigsten Wirkstrom, denn der Motor arbeitet mit seinem beinahe zu maximalen Wirkungsgrad. Da Asynchronmotoren neben der Wirkleistung auch noch Blindleistung für die Magnetisierung benötigen und diese sich ebenfalls mit der Belastung ändert muss diese auch berücksichtigt werden.

30.6.09
Einführung in die Thematik Motoreffizienz

Das Verhältnis zwischen der aufgenommenen elektrischen Wirkleistung [W] und der aufgenommenen elektrischen Scheinleistung [VA] wird als Leistungsfaktor bezeichnet.

$$\text{Leistungsfaktor} = \frac{\text{Wirkleistung}}{\text{Scheinleistung}}$$

Sind Spannungen und Ströme rein sinusförmig, so ist der Leistungsfaktor der Cosinus des Winkels zwischen Spannung und Strom. In Datenblättern und auf Typenschildern von Motoren ist der Leistungsfaktor meistens als "cos φ" angegeben.

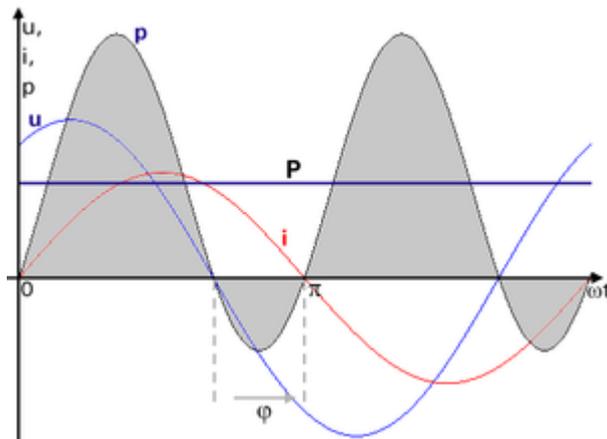


Abbildung 2 – Zeitlicher Verlauf von Spannung Strom und Leistung [4]

Asynchronmotoren sind so ausgelegt, dass bei Nennbetrieb (Nennleistung) das Produkt von Wirkungsgrad und Leistungsfaktor möglichst gross wird. Da unterbelastete Motoren im Allgemeinen einen geringeren Leistungsfaktor und Wirkungsgrad haben, sollte die Nennleistung des Motors dem Leistungsbedarf der Arbeitsmaschine möglichst angepasst werden. Denn Leistungsfaktor ist bei Teillast eines Asynchronmotors sehr schlecht. Bei Leerlauf des Motors fliesst nur der Leerlaufstrom, dessen Wirkstromanteil sehr gering ist. Bei Belastung des Motors wird der Wirkstromanteil grösser. Es muss ja Wirkleistung an der Welle des Motors abgegeben werden. Der Leistungsfaktor wird somit grösser und erreicht bei Nennlast annähernd seinen Höchstwert.

1.2 Dimensionieren von ASM

Quellen [5][6]

Um den Motor möglichst effizient einzusetzen, ist es wichtig, dass der Motor optimal dimensioniert ist. Es kann jedoch auch vorkommen, dass sich eine Überdimensionierung rechtfertigen lässt.

1.2.1 Warum ein ASM unter Vollast betreiben

Ist der Motor für den Antrieb überdimensioniert arbeitet er mit einem geringeren Leistungsfaktor. Kurzzeitig dürfen Asynchronmotoren überlastet werden. Hersteller geben einen Servicefaktor an, welcher multipliziert mit der Nennleistung die kurzzeitige Spitzenleistung angibt. Ein 11kW Motor mit einem Servicefaktor von 1,15 kann kurzzeitig 12.65kW liefern ohne einen bleibenden Schaden zu nehmen.

Neben Auswirkungen auf den Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor kann der Teillastbetrieb eines Asynchronmotors sich auch nachteilig auf die Last auswirken. Bei einem Ventilator, welcher durch einen zu grossen Asynchronmotor angetrieben wird, kann sich die Drehzahl erhöhen, falls keine Regelung vorhanden ist. Dies führt zu einer massgeblichen Änderung in der Last und des Jahresenergieverbrauchs. Beispielsweise führt ein schmaler Anstieg der Drehzahl 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.

→ Als Annäherung gilt: 20% weniger Luft = 50% weniger Leistung.

Würde der Motor unter Vollast betrieben, könnte sich die Drehzahl nicht erhöhen, da der Motor bereits mit voller Drehzahl arbeitet.

1.2.2 Richtige Dimensionierung der ASM

Es empfiehlt sich alle Motoren in einer Firma zu testen, die mehr als 1000 Stunden im Jahr arbeiten und sich im Leistungsbereich zwischen 10kW bis 100kW ansiedeln.

Die einzelnen Maschinen können in folgende drei Kategorien eingeteilt werden:

- Stark überdimensionierte Motoren:
Durch richtig dimensionierte energieeffiziente Motoren ersetzen, oder permanente Verschaltung in Stern prüfen.
- Leicht überdimensionierte Motoren:
Bei Ausfall durch richtig dimensionierte energieeffiziente Motoren ersetzen.
- Richtig dimensionierte Standardmotoren:
Bei Ausfall durch energieeffizientere Motoren ersetzen.

Das effizienteste Antriebssystem liefert bei Bedarf genau die erforderliche mechanische Leistung und ist sonst ausgeschaltet (Beispiel: Richtig dimensionierter Abluftventilator in einer Tiefgarage). Bei gewissen Antrieben schwankt der Bedarf (Beispiel: Ein Rührwerk für Flüssigkeiten die ihre Viskosität je nach Prozess verändert). Bei den Messungen für die Motorauslastung ist das Bedarfsprofil zu berücksichtigen. Der Motor sollte bei der maximalen erforderlichen Leistung nicht überdimensioniert sein. Differieren die Maximal- und die Minimalleistung stark, kann ein neues Lastmanagement oder der Einsatz eines Frequenzumrichters die Effizienz des Systems verbessern.

1.2.3 Überdimensionierung der ASM

Vielfach wird Sicherheit in Form von Leistungsreserven verbaut. Falls man die mechanische Last nicht genau kennt, bewegt man sich immer auf die sichere Seite. Als Beispiel ein Ventilator der 15kW benötigt. Man könnte ihn mit einem 22kW Motor betreiben und das System würde funktionieren, allerdings nicht sehr effizient. Betreibt man ihn mit einem 11kW Motor wird dieser zu heiss und setzt eines Tages aus. Die Person die den Motor auslegt hat dagegen nur dann Ärger am Hals, falls das System nicht arbeitet, also wenn der Motor unterdimensioniert ist. Es ist eine Kunst den richtigen Motor zu wählen und man bewegt sich auf einem schmalen Grad.

Das Überdimensionieren und die damit gewonnenen Leistungsreserven sind unter Umständen gerechtfertigt. Beispielsweise eine Fluidpumpe die ein Medium fördert, dass sich je nach Temperatur stark verdicken kann. Fällt die Pumpe aus ist der teure Inhalt des Reaktors verloren. Daher lassen sich die Mehrkosten für den Strom rechtfertigen, welche durch die Überdimensionierung des Motors entstehen.

1.2.4 Gesamtsystem beachten

Ein richtig dimensionierter Motor bedeutet noch lange nicht, dass das Gesamtsystem effizient ist. In der Chemie werden bei zu starken Förderpumpen Blenden in die Druckleitung montiert. Der Motor der Pumpe ist in diesem Fall gut ausgelastet und arbeitet mit einer guten Effizienz, der Gesamtwirkungsgrad des Systems ist allerdings schlecht.

Des weitem gehört zur Betrachtung eines Gesamtsystems der Miteinbezug von Stromrichtern, Getrieben etc.

2 Effizienzklassen von normierten Asynchronmotoren

Oft lohnt sich der Einsatz eines hochwertigen Motors nicht nur ökologisch, sondern vor allem auch ökonomisch. Daher ist es wichtig, dass man über die verschiedenen Effizienzklassen informiert ist. Bei zusätzlichen Investitionskosten von 20 - 30% bieten energieeffiziente Motoren, auch Hoch-Effizienz-Motoren genannt, einen 2 bis 6% höheren Wirkungsgrad als konventionelle Elektromotoren. Dies führt insbesondere bei hohen Betriebszeiten zu erheblichen Energie- und Kosteneinsparungen. Generell sind die Betriebskosten 8- bis 10-mal grösser als die Anschaffungskosten eines Motors.

2.1 Die drei Wirkungsklassen

Bisher wurden 2 und 4-polige Asynchronmotoren von 1,1 bis 90 kW Leistung in 3 Klassen eingeteilt: Der nicht bezeichnete Asynchronmotor gehörte in die Klasse EFF3 und hatte den schlechtesten Wirkungsgrad.

Neu gibt es von der IEC einen Teststandard (IEC 60034-2-1), bei dem zum Beispiel bei der Wirkungsgradberechnung die bisher umstrittenen Streuverluste eingerechnet werden. Die Klassen umfassen 2, 4 und 6-polige Motoren und sind für Nennleistung von 1,1 bis 370 kW definiert. Im der neuen Norm IEC 60034-30 (Entwurf vom August 2007) sind die Energieklassen IE1 bis IE4 definiert. Die Bedeutung der Zahlwerte wurde gegenüber der älteren EFF-Klasse umgekehrt.

In der Tabelle ist eine Gegenüberstellung der neuen und alten Energieklassen aufgeführt. Aus der Grafik können Sie die unterschiedlichen Wirkungsgrade entnehmen. Quellen:[7][8]

IEC Energieklasse	IEC Code	EFF Code	NEMA
Super Premium Efficiency	IE4		
Premium Efficiency	IE3		NEMA Premium
High Efficiency	IE2	EFF1	EPAct
Standard Efficiency	IE1	EFF2	
Below Standard Efficiency	- -	EFF3	

Tabelle 1 – Gegenüberstellung EFF-Klassen zu IE-Klassen

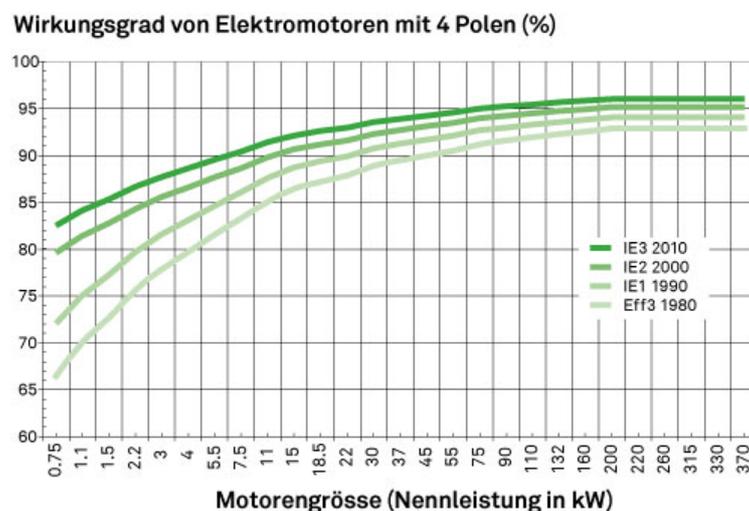


Abbildung 3 – Wirkungsgradkurven

Aus der Differenz der Nennverlustleistung kann die Energieeinsparung abgeschätzt werden. Ein guter (IE2) 11 kW Motor hat etwa 0,4 kW weniger Verluste, als ein mittelmässiger (IE1). Bei 4000 Jahresbetriebsstunden und einem Strompreis von 20 Rp./kWh ergibt sich eine jährliche Einsparung von 320 Franken. Ein IE2 Motor kostet etwa 300 Franken mehr, als ein 11 kW Standardmotor (rund 1000 Franken). Der teurere Motor macht sich also schon nach einem Jahr Betrieb bezahlt.

2.2 Effizienzverluste

Ziel ist es, die Leistungsverluste bzw. die Effizienzverluste möglichst klein zu halten. Da mit den geringeren Verlusten ein geringerer Temperaturanstieg im Motor entsteht, erhöht sich die Lebensdauer der Motorwicklungsisolierung und der Lager. Dadurch ergeben sich in vielen Fällen folgende positiven Auswirkungen:

- die Zuverlässigkeit wird erhöht,
- die Ausfallzeit und die Wartungskosten verringern sich,
- die Toleranz gegen Wärmebelastungen erhöht sich,
- die Toleranz gegenüber Überlastung wird verbessert,
- die Beständigkeit gegen abnormale Betriebsbedingungen – z.B. Unter- und Überspannung, Phasenasymmetrie, schlechtere Spannungs- und Stromwellenformen (z.B. Harmonische), usw. – verbessert,
- der Leistungsfaktor wird verbessert
- der Geräuschpegel wird kleiner. (weniger Lüfterleistung, da geringere Verluste) [9]

2.2.1 Ursachen und Möglichkeiten zur Reduktion von Effizienzverlusten

Quellen: [10][11][12][13]

Leiterverluste

Diese entstehen durch die ohmschen Widerstände der Stator- und Rotorwicklungen. Diese Verluste können verringert werden durch vergrössern des Leiterquerschnittes, der Motor wird dadurch allerdings ebenfalls grösser und teurer. Aus herstellungstechnischen Gründen besteht der Leiter im Rotor meistens aus Aluminium. Ersetzt man das Aluminium durch Kupfer (sog. Kupferläufer), welches einen um ca. 40% besseren Leitwert hat, können die Verluste im Rotor gesenkt werden. Jedoch ist die Dichte von Kupfer etwa dreimal so gross wie diejenige von Aluminium, dadurch wird das Massenträgheit des Rotors grösser. Durch den Energiebedarf für Beschleunigungen kann bei hoch dynamischen Antrieben die gewonnene Einsparung durch die kleineren Leitverluste wieder herabgesetzt werden.

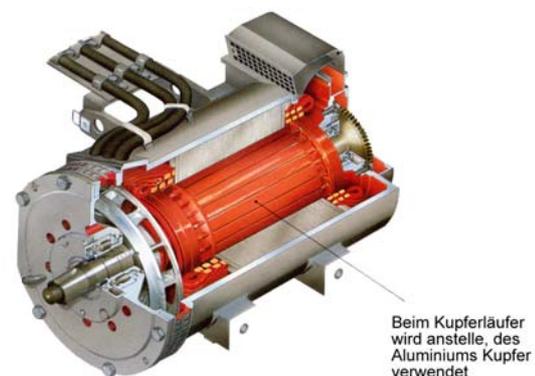


Abbildung 4 – Kupferläufer

30.6.09
Einführung in die Thematik Motoreffizienz

Reibung

Diese entsteht beim Ventilator, durch den Luftwiderstand, und bei den Lagern des Motors. Ein Energiesparmotor verfügt generell über einen kleineren Lüfter, da er sich weniger erwärmt. Dadurch spart man doppelt Energie.

Luftspalt

Eine konstruktive Massnahme für die Verbesserung des Leistungsfaktors ist 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 unerwünschte Schwingungen auftreten.

Eisenverluste

Bestehen aus Hystereseverlusten und Wirbelstromverlusten. Die Hystereseverluste entstehen, wenn das Eisen von einem Wechselstrom magnetisiert wird. Das Eisen muss ständig ummagnetisiert werden, bei einer 50 Hz Versorgungsspannung also 100-mal in der Sekunde. Dies erfordert Energie für die Magnetisierung und für die Entmagnetisierung. Der Motor nimmt eine Leistung auf, um die Hystereseverluste abzudecken. Diese steigen mit der Frequenz und der magnetischen Induktion. Die Fläche innerhalb der Hysterese-Schleife ist ein Mass für die Ummagnetisierungsverluste. Durch bessere Blechqualität können diese Verluste verringert werden.

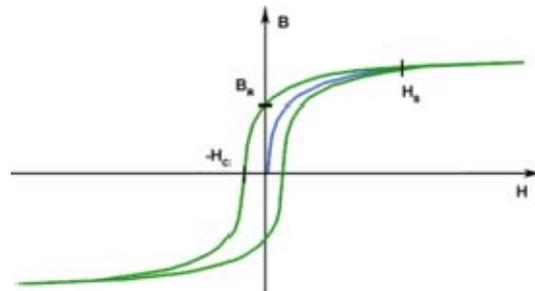


Abbildung 5 – Hysteresekurve

Zuleitungsverluste

Die Zuleitungsverluste haben zwar nichts direkt mit dem Motor zu tun. Auf Grund des geringeren Wirkleistungsbedarfs und dem besseren Leistungsfaktor kann man unter Umständen eine kleinere Zuleitung verwenden. Somit kann man durch den Einsatz eines Energiesparmotors Kosten und Material einsparen.

3 Effizienzverbesserung bei elektrischen Antrieben

Der elektrische Gesamtenergieverbrauch der Schweiz betrug im Jahr 2007 57,4 Milliarden Kilowattstunden (kWh). Durch den Einsatz von energieeffizienterer Antriebstechnik liesse sich dieser Betrag um bis zu 5 Milliarden Kilowattstunden reduzieren. Das entspricht etwa der 1,7 fachen Jahresleistung des Kernkraftwerkes Mühleberg (2,881 Milliarden Kilowattstunden). [14][15] [16]

3.1 Übersicht der schweizerischen Stromverbraucher

Elektrische Antriebe machen rund 45% des gesamten Stromverbrauchs in der Schweiz aus. Durch den Einsatz von energieeffizienter Antriebstechnik liegen die erwarteten Einsparungen in der Grössenordnung von 10 bis 20%. [17]

Kundengruppen	Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Schweiz 2007	Anteil elektrische Antriebe	Maschinentypen
Industrie	33.1%	68.5%	Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren, Förderantriebe, Rührer, u.s.w.
Haushalt	30.4%	11% 8% 7%	Kühlschrank, Gefriertruhe, Umwälz- und Wärmepumpe
Gewerbe	26.5%		Lüftung, Kühlen
Verkehr	8.3%		Schienenverkehr, Tunnelbelüftung
Landwirtschaft	1.7%		Mechanische Antriebe Heubelüftung

Tabelle 2 – Übersicht der schweizerischen Energieverbraucher

3.2 Massnahmenpotential fürs Energiesparen

Folgende drei Möglichkeiten bieten sich gut an, um bei elektrischen Antrieben Energie zu sparen. Dies sind: Einsatz von Energiesparmotoren, mechanische Systemoptimierung und elektronische Drehzahlregelung.

Betrachtet man das Effizienzsteigerungspotential, so haben die Massnahmen folgende Anteile:

- Einsatz von Energiesparmotoren 10%
- Elektronische Drehzahlregelung 30%
- Mechanische Systemoptimierung 60%

Die Erhöhung der Energieeffizienz bei elektrischen Antrieben bringt nicht nur ökologische Vorteile, es ist auch wirtschaftlich. Vom Käufer oder Planer einer Anlage ist allerdings eine gewisse Weitsicht und die Bereitschaft einen höheren Anschaffungspreis zu bezahlen erforderlich. Der Kaufpreis eines billigen Motors kann trügerisch sein. Ein 11kW Standardmotor kosten ca. 1000 CHF, aber innerhalb von 10 Jahren können sich die Betriebskosten auf 80'000 CHF aufsummiert haben. Alleine die Stromrechnung eines Motors für nur einen Monat kann höher sein als sein Kaufpreis. [18]

3.3 Checkliste für das Energiesparen bei elektrischen Antrieben

Quelle: [1]

1. Wird die Anlage noch gebraucht?

- Haben geänderte Anforderungen die Anlage überflüssig gemacht?

2. Den Antrieb ausschalten wenn er nicht gebraucht wird.

- Fixe Schaltzeiten z.B. am Tag an und in der Nacht aus.
- Überprüfung der System Bedingungen z.B. hohe oder tiefe Temperatur. Der Antrieb wird ausgeschaltet wenn er nicht gebraucht wird.

3. Motorlast reduzieren, Systembetrachtung

Wenn die getriebene Last mit einem schlechten Wirkungsgrad arbeitet oder etwas Unnötiges tut, macht es keinen Sinn den Motor zu optimieren. Die Betrachtung des Gesamtsystems bringt oft die grösste Effizienzsteigerung.

- Erledigt das System etwas Nützliches und Nötiges?
- Ist die angetriebene Apparatur effizient?
- Ist die Kraftübertragung zwischen Motor und angetriebener Apparatur effizient?
- Ist die Wartung angemessen?
- Sind die Verluste im angeschlossenen Rohrnetz, Lüftungskanäle u.s.w. minimiert?
- Ist die Kontrollinstanz (z.B. Energiebeauftragter) effizient?

4. Verkleinerung der Motorenverluste

- Nach Möglichkeit immer einen Hocheffizienz-Motor einsetzen.
- Motoren nicht unnötig überdimensionieren.
- Netzasymmetrie, zu hohe oder tiefe Spannung, harmonische Verzerrungen oder ein schlechter Leistungsfaktor sollen nicht zu übermässigen Verlusten führen.

5. Drehzahl der Last reduzieren

Bei Pumpen und Ventilatoren kann eine kleine Geschwindigkeitsreduktion eine grosse Effizienzsteigerung bewirken.

- Werden mehrere Geschwindigkeiten (Durchfluss, Volumenstrom) benötigt, ist der Einsatz eines Frequenzumrichters empfohlen.
- Bei Riemenbetriebenen Lasten kann durch Pully-Austausch die mechanische Last herabgesetzt werden.

4 Lernkontrolle

- 1) Wie ist der Wirkungsgrad definiert, und wo liegt dieser üblicherweise bei einem Asynchronmotor (ASM)?

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis zwischen der abgegebenen mechanischen Leistung und der aufgenommenen elektrischen Leistung. Der Wirkungsgrad liegt üblicherweise bei ca. 75% der Nennlast.

- 2) Was kann man generell über das Verhalten des Wirkungsgrads aussagen?

Der Wirkungsgrad wird grösser, je grösser die Nennleistung des Motors. D.h. je grösser der Motor, desto grösser ist in der Regel der Wirkungsgrad.

- 3) Wie ist der Leistungsfaktor definiert?

Leistungsfaktor = Wirkleistung / Scheinleistung

- 4) Beim richtigen Dimensionieren von Motoren, können diese in welche drei Kategorien eingeteilt werden, in welche drei?

- *Stark überdimensionierte Motoren:
Durch richtig dimensionierte energieeffiziente Motoren ersetzen, oder permanente Verschaltung in Stern prüfen.*
- *Leicht überdimensionierte Motoren:
Bei Ausfall durch richtig dimensionierte energieeffiziente Motoren ersetzen.*
- *Richtig dimensionierte Standardmotoren:
Bei Ausfall durch energieeffizientere Motoren ersetzen.*

- 5) Kann es sinnvoll sein Motoren zu gross zu dimensionieren? Falls ja, wann?

*Ja, das kann Sinn machen.
Wenn sich die Mehrkosten für den Strom dadurch rechtfertigen lassen, dass bei einem evtl. Ausfall des Motors ein viel grösserer Schaden entstehen würde.*

- 6) Welchem IEC-Code entspricht die alte Bezeichnung EFF1?

Die Wirkungsklasse EFF1 entspricht dem IEC-Code IE2.

7) Nennen Sie mindesten drei positive Folgen, wenn die Leistungsverluste reduziert werden.

- *die Zuverlässigkeit wird erhöht,*
- *die Ausfallzeit und die Wartungskosten verringern sich,*
- *die Toleranz gegen Wärmebelastungen erhöht sich,*
- *die Toleranz gegenüber Überlastung wird verbessert,*
- *die Beständigkeit gegen abnormale Betriebsbedingungen – z.B. Unter- und Überspannung Phasenasymmetrie, schlechtere Spannungs- und Stromwellenformen (z.B. Harmonische), usw. –verbessert,*
- *der Leistungsfaktor wird verbessert*
- *der Geräuschpegel wird kleiner. (weniger Lüfterleistung, da geringere Verluste)*

8) Nenne Sie mindestens drei Ursachen für Effizienzverluste.

- *Leitungsverluste*
- *Reibung*
- *Luftspalt*
- *Eisenverluste*

9) Wie können Sie die in Aufgabe 10 erwähnten Ursachen verringern?

- *Leitungsverluste: Rotor aus Kupfer statt Aluminium*
- *Reibung: kleinerer Lüfter verwenden (Energiesparmotor)*
- *Luftspalt: konstruktive Änderung des Motors*
- *Eisenverluste: bessere Blechqualität verwenden*

10) Wer verbraucht den grössten Teil der Energie in der Schweiz?

Den grössten Teil der Energie in Schweiz braucht die Industrie. (30.4% der Gesamtenergie)

11) Zählen Sie die Hauptpunkte der „Checkliste für das Energiesparen bei elektrischen Antrieben“ auf.

- *Wird die Anlage noch gebraucht*
- *Den Antrieb ausschalten wenn er nicht gebraucht wird*
- *Motorlast reduzieren, Systembetrachtung*
- *Verkleinerung der Motorenverluste*
- *Drehzahl der Last reduzieren*

5 Quellen und Literaturverzeichnis

- [1] Der Unterricht basiert auf den Unterlagen von Herr Ronny Bachmann von der Hochschule Nordwestschweiz, sowie auf Messungen und Erkenntnissen von der Hochschule Luzern, Technik und Architektur.

Asynchronmotoren:

- [2] Semaphore Informatik & Energie AG; Teillasteffizienz von Asynchronmotoren, [Online]
<http://www.semaphore.ch>
- [3] ProMot Instrument; Auslastung von Asynchronmotoren, [Online]
<http://www.eu-promot.org>
- [4] Wikipedia Lexikon; Zeitlicher Verlauf von Spannung, Strom und Leistung, [Online]
<http://www.wikipedia.org>
- [5] ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie Energiesparen mit elektrischen Antrieben; Dimensionieren von ASM, [Online]
<http://www.zvei.de>
- [6] U.S. Department of Energy; Dimensionieren von ASM

Effizienzklassen von normierten Asynchronmotoren

- [7] Gloor Engineering; Effizienzklassen von normierten ASM, die drei Wirkungsklassen, [Online]
<http://www.energie.ch>
- [8] EMM Elektromotorenmarkt; Die drei Wirkungsklassen, [Online]
<http://www.elektromotorenmarkt.de>
- [9] Motor Challenge Schweiz; Effizienzverluste, [Online]
<http://www.motor-challenge.ch>
- [10] SEW-Eurodrive; Ursachen und Möglichkeiten zu Reduktion von Effizienzverlusten, [Online]
<http://www.sew-eurodrive.de>
- [11] Wikipedia Lexikon; Ursachen und Möglichkeiten zu Reduktion von Effizienzverlusten, [Online]
<http://www.wikipedia.org>
- [12] ABB; Ursachen und Möglichkeiten zu Reduktion von Effizienzverlusten, [Online]
<http://www.abb.com>
- [13] Danfoss; Ursachen und Möglichkeiten zu Reduktion von Effizienzverlusten, [Online]
<http://www.danfoss.ch>

30.6.09
Einführung in die Thematik Motoreffizienz

Effizienzverbesserung bei elektrischen Antrieben

- [14] Motor Challenge Schweiz; Effizienzverbesserung bei elektrischen Antrieben, [Online]
<http://www.motor-challenge.ch>
- [15] Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE); Effizienzverbesserung bei elektrischen Antrieben, [Online]
<http://www.vse.ch>
- [16] electrosuisse; Effizienzverbesserung bei elektrischen Antrieben, [Online]
<http://www.electrosuisse.ch>
- [17] Bundesamt für Energie (BFE); Übersicht der schweizerischen Energieverbraucher, [Online]
<http://www.bfe.admin.ch>
- [18] ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie Energiesparen mit elektrischen Antrieben; Massnahmenpotential fürs Energiesparen, [Online]
<http://www.zvei.de>

Bilder

- Magnetbahnen; Titelbild, [Online]
<http://www.magnetbahnen.de/>