

Auslastungsgrad eines Elektromotors (1)

Methoden zur Ermittlung des richtig dimensionierten Antriebes

Helmut Greiner

Die Frage nach der tatsächlichen Auslastung eines Antriebsmotors stellt sich im Rahmen der Prüfung des Prototyps einer Maschine oder der Überarbeitung einer bewährten Maschine. Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten zur praxisingerechten Ermittlung der tatsächlichen Motorauslastung.

Elektromotoren haben ihren Nennwirkungsgrad bei Nennleistung, d.h., bei geringerer Belastung laufen sie weniger effizient. Daher sollte die Bemessung eines Elektroantriebes immer seiner Auslastung entsprechen. Wenn man die korrekte Dimensionierung des Antriebes eines Maschinenprototypen oder einer bereits im Betrieb befindlichen Maschine überprüfen will, läuft dies in den meisten Fällen über die Messung der Aufnahmewerte Spannung U , Strom I , Leistung P und Leistungsfaktor $\cos \varphi$. Mit diesen Werten kann man aus den Belastungskennlinien der Hersteller den Auslastungsgrad P/P_N ermitteln.

Belastungskennlinien des Herstellers

Die Hersteller von Elektromotoren erstellen im Rahmen ihrer Typprüfung eine Belastungskennlinie (Bilder 1 und 2). Bei Kleinmotoren, z.B. mit $P_N < 0,37 \text{ kW}$, verläuft die Stromkennlinie I so flach, dass sie sich nicht für eine Auswertung der Belastungshöhe eignet. In diesen Fällen sollte man mit der Leistungsaufnahme P_1 arbeiten (Bild 2).

Kennlinien dieser Art nimmt der Hersteller an einer genau aus-

geregelten Bemessungsspannung auf. Sie haben für die Ermittlung der tatsächlichen Leistungsabgabe über die Messung der Stromaufnahme nur dann Aussagekraft, wenn auch bei der Messung am Einsatzort die Betriebsspannung an den Motorklemmen nur wenig vom Sollwert abweicht. Toleranzen von etwa $\pm 3 \%$ erscheinen in diesem Zusammenhang zulässig.

Die in der Norm IEC60034-1, Abschnitt 12.3, genannten zulässigen Spannungsschwankungen von $\pm 5 \%$ im »Bereich A« bzw. $\pm 10 \%$ im »Bereich B« haben lediglich mit der Funktion des Motors zu tun, nicht jedoch mit dem oft erheblichen Einfluss auf den Verlauf der Stromkennlinie, auf den es bei der Ermittlung der Leistungsabgabe entscheidend ankommt. Falls es nicht möglich ist, am Aufstellungsort eine Spannungstoleranz von etwa $\pm 3 \%$ einzuhalten, sollte man die Leistungsaufnahme P_1 statt der Stromaufnahme I für die Auswertung heranziehen, weil sich die Leistungsaufnahme im Rahmen üblicher Netzspannungsschwankungen nur wenig ändert.

Belastungskennlinien der in den Bildern 1 und 2 gezeigten Art sollten die Hersteller für Serienmotoren (Normmotoren) parat haben. Bei ihrer Anforderung

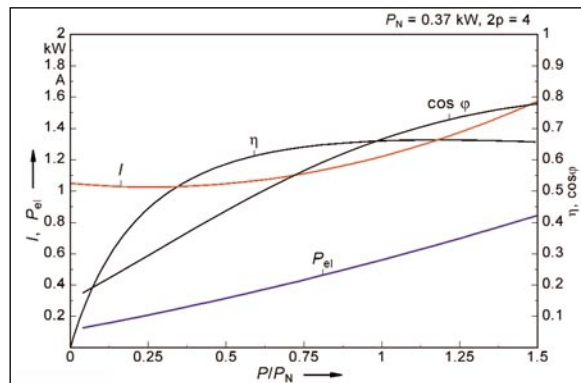


Bild 2: ... die Stromkennlinie der typischen Belastungskennlinie eines kleinen Drehstrom-Asynchronmotors mit einer Bemessungsleistung von 0,37 kW zu flach für eine Bestimmung ist

ung muss man allerdings die Fertigungsnummer des betroffenen Motors angeben, weil unter gleicher Typenbezeichnung häufig geänderte Wicklungsauslegungen gefertigt werden, die sich auf diese Kennlinien auswirken. Wenn der Hersteller die Belastungskennlinie nicht verfügbar hat, z.B. weil es die Typenreihe auf dem Markt nicht mehr gibt, bieten einige Ermittlungsverfahren den gewünschten Auslastungsgrad.

Messung der Leistungsaufnahme

Die im Leerlauf aufgenommene Wirkleistung P_0 dient zur Deckung der Leerlaufverluste, in erster Linie Eisen-, Reibungs-, Lüfter- und Kupferverluste. Die Ermittlung erfolgt bei abgekuppelter Arbeitsmaschine und unter möglichst geringer Abweichung von der Bemessungsspannung, z.B. $\pm 3 \%$. Einen weiteren wichtigen Punkt der Kennlinie stellt die Leistungsaufnahme P_1 bei Abgabe der Bemessungsleistung P_N dar. Dieser Wert lässt sich aus den Angaben auf dem Leistungsschild berechnen:

$$\eta = \frac{P_N \cdot 1000}{I_N \cdot U_N \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi}$$

$$P_1 = \frac{P_N}{\eta}$$

P_1 Leistungsaufnahme im Bemessungspunkt in kW

η Wirkungsgrad als Dezimalbruch

P_N Bemessungsleistung in kW

I_N Bemessungsstrom in A

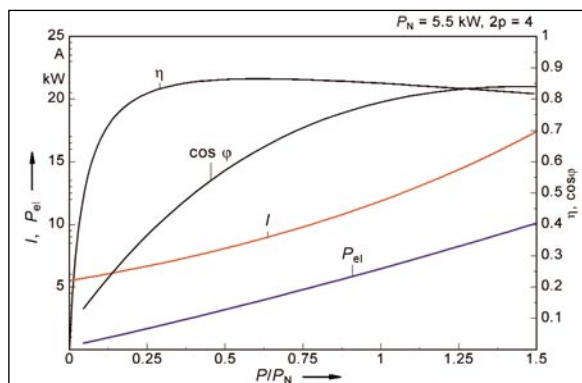


Bild 1: Typische Belastungskennlinie eines vierpoligen Drehstrom-Asynchronmotors mit einer Bemessungsleistung von 5,5 kW; die Stromkennlinie lässt eine Bestimmung des Auslastungsgrades zu, während ...

— Obering. Helmut Greiner, Aichwald

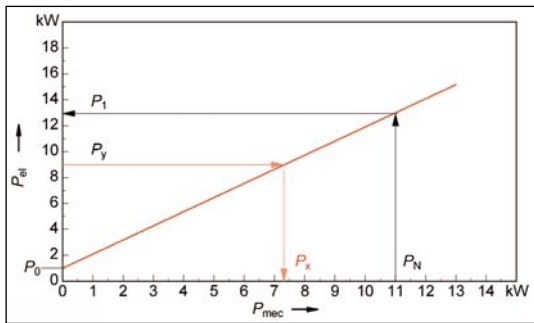


Bild 3: Vereinfachte Leistungskennlinie für die Bemessungsleistung $P_N = 11$ kW; Ermittlung der tatsächlichen Abgabe P_x aus der gemessenen Aufnahme P_y mit P_{el} = elektrische Leistungsaufnahme, P_{mec} = mechanische Leistungsabgabe, P_0 = Leistungsaufnahme im Leerlauf, P_1 = Leistungsaufnahme bei Bemessungsleistung

U_N Bemessungsspannung in V

$\cos\varphi$ Leistungsfaktor

Die Daten für P_N , I_N , U_N und $\cos\varphi$ stehen auf dem Leistungsschild.

Die Kennlinie verläuft zwischen P_0 und P_1 nahezu linear. Für eine grobe Abschätzung genügt es, wenn ein linearer Verlauf zugrunde liegt (Bild 3). Zu einer Aufnahme P_y lässt sich dann leicht die Abgabe P_x ermitteln, wobei ein Sicherheitszuschlag von 10 % die tatsächliche Krümmung der Kennlinie berücksichtigen soll.

Manche Arbeitsmaschinen lassen sich nicht abkuppeln und erlauben daher nicht die Messung des Wertes P_0 . In diesen Fällen hilft ein empirisch ermitteltes Kennlinienfeld, das infolge der getroffenen Annahmen zu einem etwas größeren Fehler in der Abschätzung der Leistungsabgabe führt (Bild 4).

Ein Beispiel verdeutlicht die entsprechende Vorgehensweise (Bild 5):

Ausgehend von den Schilddaten

$$P_N = 1,5 \text{ kW}$$

$$I_N = 3,7 \text{ A}$$

$$U_N = 380 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0,82$$

und der gemessenen Leistungsaufnahme

$$P_y = 1200 \text{ W}$$

sowie der Annahme

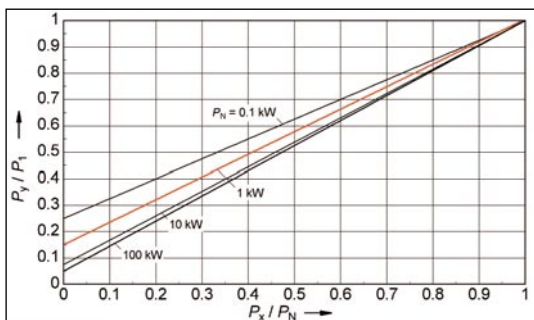


Bild 4: Empirisch ermitteltes Kennlinienfeld für die relative Leistungsabgabe P_x / P_1 , wenn der Wert P_0 / P_1 abgeschätzt werden muss, mit P_N = Leistungsabgabe bei Bemessungsleistung, P_1 = Leistungsaufnahme bei Bemessungsleistung, P_y = tatsächliche Aufnahme, P_x = tatsächliche Abgabe

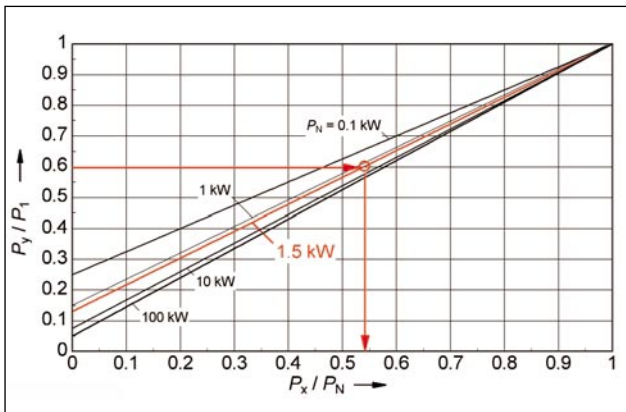


Bild 5: Beispiel für die Anwendung des Kennlinienfeldes nach Bild 4 bei einem Motor mit 1,5 kW Bemessungsleistung

$P_0 / P_N = 0,14$
 (siehe Parameter für Nennleistung in Bild 5)
 kann man berechnen:

$$\eta = \frac{P_N \cdot 1000}{I_N \cdot U_N \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi} = \frac{1,5 \cdot 1000}{3,7 \cdot 380 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,82} = 0,75$$

$$P_1 = \frac{P_N}{\eta} = \frac{1500}{0,75} = 2000 \text{ W}$$

$P_y / P_1 = 1200 / 2000 = 0,6$
 Die Auswertung mit dem Diagramm (Bild 5) ergibt
 $P_x / P_N = 0,54$
 $P_x = 1,1 \cdot 0,54 \cdot 1,5 = 0,9 \text{ kW}$, mit einem Zuschlag von 10 %.

Vereinfachte Stromkennlinie

Wenn der Einsatz des Motors eine Messung der Leistungsaufnahme aus unterschiedlichen Gründen nicht ermöglicht und sich nur der Strom messen lässt, so kann man damit eine Abschätzung der Leistungsabgabe vornehmen, wenn auch mit erhöhter Unsicherheit des Ergebnisses.
 Zu messen sind:

- I_0 Leerlaufstrom bei Bemessungsspannung $\pm 3\%$
- I_x Tatsächliche Stromaufnahme im Belastungspunkt

Für die Stromkennlinie kann man zwischen Leerlauf und Bemessungsleistung keinen linearen Verlauf annehmen. Der relative Leerlaufstrom I_0 / I_N ist um so höher, je kleiner der Motor und je höher die magnetische Sättigung ausfällt (Bild 6). Bei Werten $I_0 / I_N > 0,8$ wird die Kennlinie so flach, dass dieses Verfahren zu sehr unsicheren Ergebnissen führt.

Eine beispielhafte Auswertung könnte folgendermaßen aussehen (Bild 7): Die Schilddaten eines Motors ergeben:

- $P_N = 15 \text{ kW}$
- $U_N = 400 \text{ V}$
- $I_N = 30 \text{ A}$
- Die Messung liefert:
- $I_0 = 13,5 \text{ A}$
- $I_x = 19,5 \text{ A}$
- Aus der Berechnung ermittelt man:
- $I_0 / I_N = 13,5 / 30 = 0,45$
- $I_x / I_N = 19,5 / 30 = 0,65$

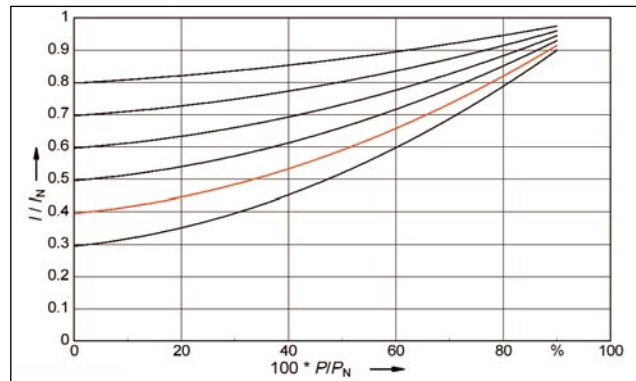


Bild 6: Vereinfachte relative Stromaufnahme I / I_N in Abhängigkeit von der relativen Leistungsabgabe P / P_N bei Parametern $I_0 / I_N = 0,3 \dots 0,8$

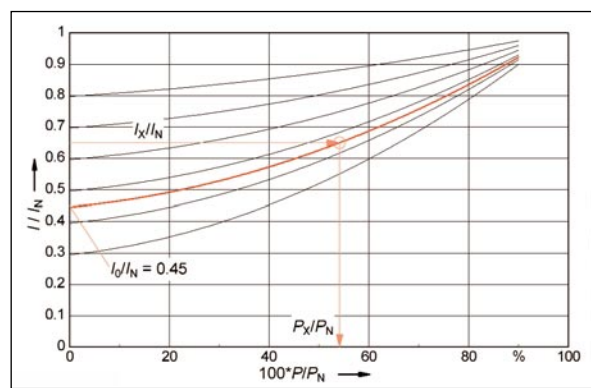


Bild 7: Beispiel für eine Auswertung unter Verwendung der vereinfachten Kennlinien nach Bild 6 mit $I_0 / I_N = 0,45$, $I_x / I_N = 0,65$, $P_x / P_N = 0,54$

Für die Auswertung holt man aus dem Kennlinienfeld (Bild 7) für den Parameter $I_0 / I_N = 0,45$ die abgeschätzte, hervorgehobene Kennlinie. Aus $I_x / I_N = 0,65$ ergibt sich $P_x / P_N = 0,54$. Daraus folgt für die Abgabeleistung: $P_x = 0,54 \cdot 15 \approx 8 \text{ kW}$.

(Fortsetzung folgt)

DIE HÄLFTE DER ELEKTRISCHEN ENERGIE SETZEN ELEKTROMOTOREN UM

Rund die Hälfte der in Deutschland verbrauchten elektrischen Energie treibt Motoren in Haushalten, Industrie und Verkehr an. Ein Drittel des Stroms nutzen die Verbraucher für Prozesswärme, Warmwasser und die Heizung. Das meldet der Verband der Elektrizitätswirtschaft (VDEW), Berlin, nach neuesten Berechnungen für 2002. Prozesswärme z.B. für industrielle Schmelz- und Trock-

nungsprozesse sowie für das Kochen oder zum Bügeln hatte 19% Anteil am deutschen Stromverbrauch. Warmwasser, so VDEW, schlug mit 8% und Heizenergie mit 7% zu Buche.

Rund 10% der elektrischen Energie in Deutschland diene der Beleuchtung. Der Anteil der Informations- und Kommunikationstechnik habe 7% betragen.

BUCHTIPP ZUM THEMA

Elektromaschinen und Antriebe 2004 de-Jahrbuch

Herausgegeben von V. Christner, P. Behrends
 2004. 400 Seiten, Taschenbuchformat
 Mit Jahreskalender »de-Zeitplaner«
 17,50 €, 29,90 sFr, Fortsetzungspreis 14,80 €, 25,60 sFr
 Hüthig & Pflaum Verlag
 ISBN 3-8101-0181-8
 Informationen unter www.online-de.de,
 Tel. (0 62 21) 4 89-555, Fax (0 62 21) 4 89-410,
 Mail: de-buchservice@online-de.de

