

Federdruckbremsen an Elektromotoren

Teil 1: Auswahl nach Bremsmoment

H. Greiner; Aichwald

Bremsmotoren werden in bedarfsorientierten Größenreihen konstruiert und angeboten. Die Bremsen sind nach Bremsmoment abgestimmt und bieten somit das höchstmögliche Bemessungsmoment. Dies ist berechtigt, wenn die Bremse – wie meist üblich – als Haltebremse eingesetzt wird. Dann übernimmt die Verzögerungsarbeit z. B. ein polumschaltbarer Drehstrommotor und die Bremse dient vorwiegend zum Festhalten einer Last.

1 Erforderliches Bremsmoment

Zur Bestimmung der richtigen Bremsengrößen kann das jeweils erforderliche Bremsmoment berechnet werden, sofern alle Forderungen und Daten bekannt sind. Dabei gilt:

$$M_{Br} = M_a \pm M_L \quad (1)$$

M_{Br} – Bemessungsmoment der Bremse in Nm
 M_a – Verzögerungsmoment in Nm
 M_L – Lastmoment (bremsend/treibend) in Nm

Sollte kein Lastmoment vorhanden sein, so ist also $M_{Br} = M_a$ und wie folgt zu errechnen:

$$M_a = \frac{J \cdot \omega}{t_a} = \frac{J \cdot \pi \cdot n}{t_a \cdot 30} = \frac{J \cdot n}{9,55 \cdot t_a} \quad (2)$$

J – Massenträgheitsmomente in kgm^2
 ω – Winkelgeschwindigkeit in s^{-1}
 n – Drehzahl in r/min
 t_a – Verzögerungszeit in s

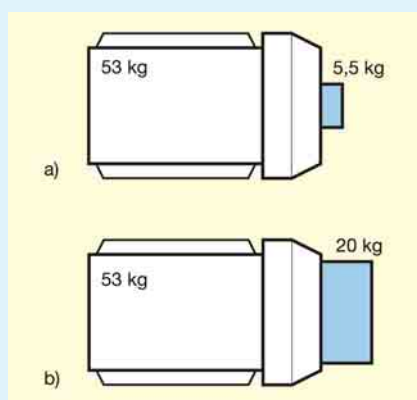
Bei Annahmen der folgenden Daten ergeben sich die in Bild 1 dargestellten Größen- und Gewichtsrelationen für Motor und Bremse:

$P_N = 7,5 \text{ kW}$ (Antriebs-Bemessungsleistung)
 $n_1 = 1500 \text{ r/min}$
 $J_{rot} = 0,029 \text{ kgm}^2$
 $M_N = 50 \text{ Nm}$ (Antriebs-Bemessungsmoment)
 $t_a = 1 \text{ s}$
 $M_L = 0$

Es ist möglich, das Bremsmoment gemäß der zu Beginn von Kapitel 2 und 3 angegebenen Faustregeln festzulegen. Dann sind nur noch Schaltarbeit, Nachlaufzeit und Nachlaufweg nachzurechnen. Liegen die errechneten Werte innerhalb der verlangten Grenzen, so kann die Bremsengröße beibehalten werden.

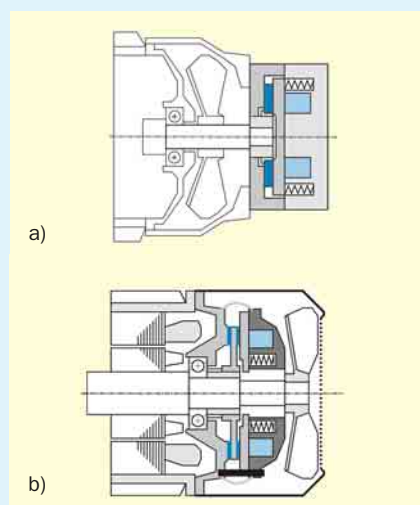
Autor

Obering. *Helmut Greiner*, Aichwald, war Mitglied in verschiedenen DKE- und IEC-Gremien und ist heute als beratender Ingenieur tätig.



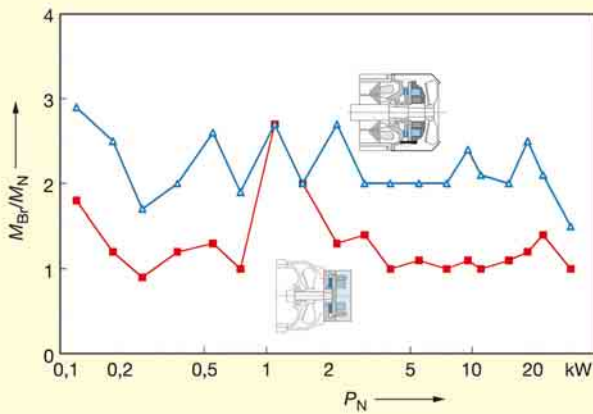
1 Größen- und Gewichtsrelationen der Federdruckbremse zum Motor bei

- a) Rechnung nach (2) mit $M_a = 4,6 \text{ Nm}$; gewählte Bremse: 5 Nm mit $m = 5,5 \text{ kg}$
 b) Bestimmung nach folgender Regel: $M_{Br} \geq 0,8 \cdot M_N$; $M_{Br} = 40 \text{ Nm}$; gewählte Bremse: 50 Nm mit $m = 20 \text{ kg}$

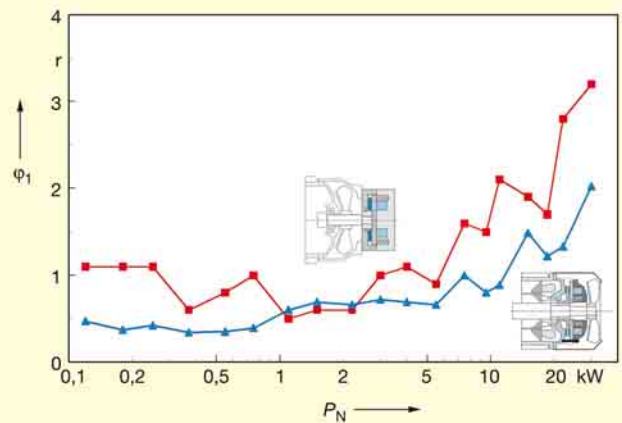


2 Schematische Darstellung einer

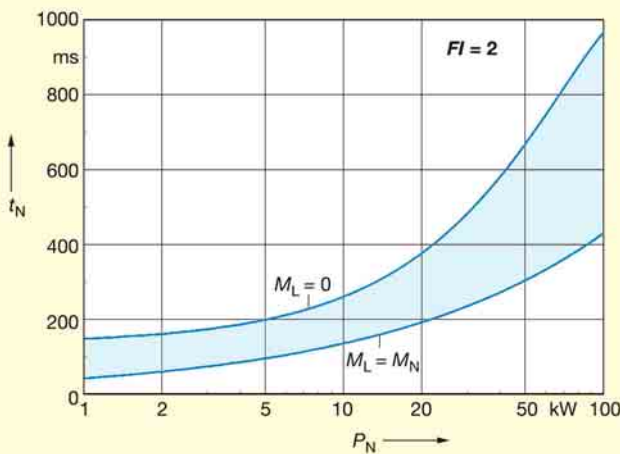
- a) Anbaubremse
 b) Einbaubremse



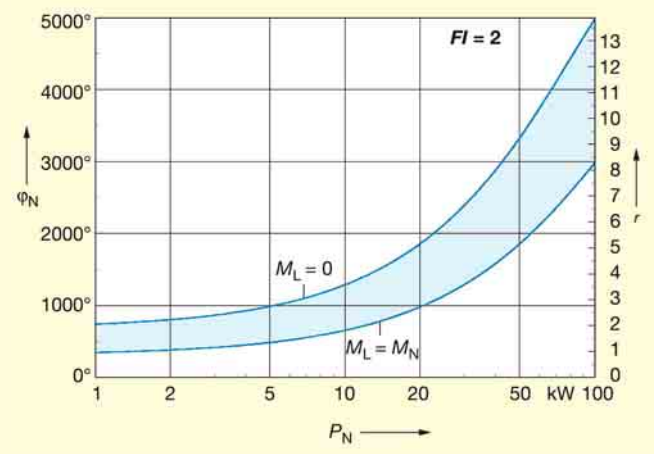
③ Relatives Bremsmoment M_{Br} (bezogen auf Antriebs-Bemessungsmoment M_N) bei katalogmäßig angebotenen Anbaubremsen



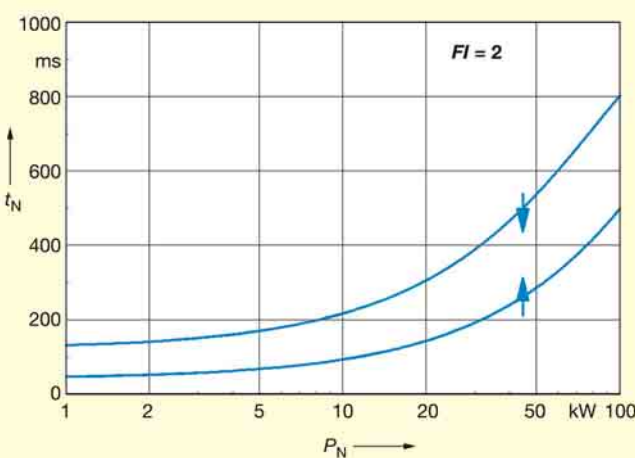
④ Nachlaufweg φ (in Läuferumdrehungen r) leerlaufender 4-poliger Asynchronmotoren ohne zusätzliche Massenträgheitsmomente



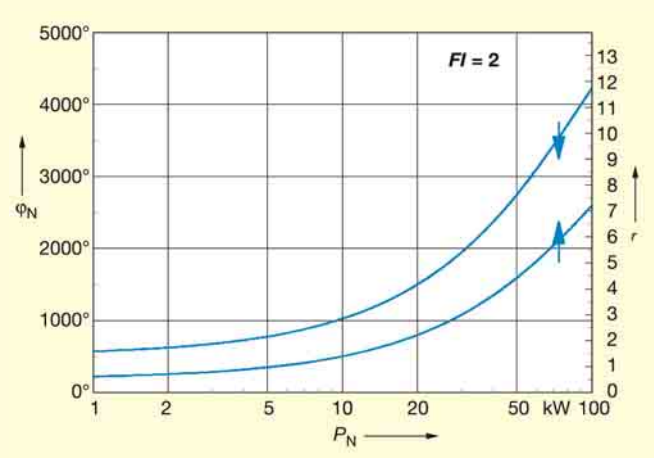
⑤ Richtwerte für die Nachlaufzeit t_N 4-poliger Drehstrommotoren mit Bemessungsleistung P_N bei Auslaufbremsung mit Trägheitsfaktor $FI = 2$ (mit und ohne Unterstützung durch ein Lastmoment M_L)



⑥ Richtwerte für den Nachlaufwinkel φ_N von 4-poligen Drehstrommotoren mit der Bemessungsleistung P_N bei Auslaufbremsung mit Trägheitsfaktor $FI = 2$ (mit und ohne Unterstützung durch ein Lastmoment M_L)



⑦ Richtwerte für die Nachlaufzeit t_N 4-poliger Drehstrommotoren mit der Bemessungsleistung P_N bei Trägheitsfaktor $FI = 2$ (\downarrow = Senkbetrieb, Last treibend; \uparrow = Hubbetrieb, Last bremsend)



⑧ Richtwerte für den Nachlaufwinkel φ_N von 4-poligen Drehstrommotoren mit der Bemessungsleistung P_N bei Trägheitsfaktor $FI = 2$ (\downarrow = Senkbetrieb, Last treibend; \uparrow = Hubbetrieb, Last bremsend)

Es wird empfohlen, das Bremsmoment nicht wesentlich kleiner oder größer (Faktor min. 0,5 bzw. max. 2,5) als nach den Faustregeln zu wählen, selbst wenn berechnete Werte für Schaltarbeit, Nachlaufzeit und Nachlaufweg dies erlauben oder erfordern würden. Eine zu klein gewählte Bremse hat erhöhten Verschleiß und verminderte Lebensdauer, während eine zu groß gewählte Bremse die mechanischen Übertragungsmittel des Antriebs zu stark beanspruchen kann.

2 Auslaufbremsung

Bei Auslaufbremsung gilt die nachstehende Faustregel für die Bremsenauswahl:

Das Bremsmoment entspricht mindestens 80 % des Antriebsbemessungsmomentes. Damit ergibt sich eine ausreichend rasche, aber noch relativ sanfte Auslaufbremsung.

Das Bemessungsmoment errechnet sich aus:

$$M_N = \frac{9550 \cdot P_N}{n} \quad (3)$$

M_N – Bemessungsmoment des Motors in Nm

P_N – Bemessungsleistung des Motors in kW

n – Drehzahl in r/min

Anbaubremser erlauben im Rahmen eines Baukastenprogramms eine relativ freizügige Zuordnung der Baugrößen von Motor und Bremse (Bild 2a). Hier ist die zuvor genannte Bemessungs-Faustregel im Rahmen der konstruktionsbedingten Baugrößensprünge relativ gut einzuhalten (Bild 3).

Einbaubremser sind jedoch häufig integraler Bestandteil des Motors und diesem daher fest zugeordnet (Bild 2b). Sie müssen zudem auch den Antriebsfall Hubbetrieb abdecken, sind daher auch größer und bremsen härter (Bild 4).

Bei den Berechnungen für die Diagramme in den Bildern 5-8 wurde ein Bremsmoment an der unteren Grenze der Bemessungs-Faustregel ($M_{Br} = 0,8 M_N$) vorausgesetzt. Das Bild 5 zeigt, dass bei Anwendung dieser Regel unter üblichen Antriebsbedingungen für 4-polige Drehstrommotoren mit Bemessungsleistungen von 1 bis 100 kW Richtwerte für die Nachlaufzeiten von etwa 50 ms bis 1 s zu erwarten sind – also akzeptable Werte für die meisten Anwendungen. In der Praxis werden aufgrund der Abstufung der Bemessungsmomente von Bremsen in der Regel $M_{Br} > M_N$ und $F < 2$ sein. Daher sind die tatsächlichen Werte also günstiger als in den Diagrammen abgebildet. Für die gleichen Bedingungen ergeben sich Nachlaufwinkel im Bereich von 360 bis 5000 Winkelgraden am Rotor dieser Motoren, was rund 1 bis 14 Umdrehungen entspricht (Bild 6). Dieser Nachlaufweg wird an der Antriebsstation durch die meistens nachgeschaltete Untersetzung reduziert.

3 Hubbetrieb

Für Hubbetrieb lässt sich folgende Faustregel zur Bestimmung der Bremsengröße nutzen: **Das Bremsmoment ist gleich dem doppelten Bemessungsmoment des Antriebs.**

Die Berechnung des Bemessungsmomentes erfolgt auch hier nach (3).

Beim Senkbetrieb wirkt der Antriebsmotor als Generator und sorgt durch seine Bremswirkung für eine gleichförmige Abwärtsbewegung. Sieht man von den Übertragungsverlusten ab, so muss der Antrieb bei Vollast mit Bemessungsmoment bremsen. Würde nach dem Abschalten eine mechanische Bremse mit Bemessungsmoment wirksam, so würde die Abwärtsbewegung unverzögert fortgesetzt.

Für eine Abbremsung auf Stillstand ist also ein zusätzliches Bremsmoment erforderlich. Von einer für 200 % des Bemessungsmomentes ausgelegten Bremse werden also etwa 100 % „statisch“ verbraucht und der Rest kann dann „dynamisch“ zur Verzögerung genutzt werden. Bei den Berechnungen der nachfolgend behandelten Diagramme wurde ein Bremsmoment an der unteren Grenze der Bemessungsregel vorausgesetzt ($M_{Br} = 2 \cdot M_N$).

Bild 7 zeigt, dass bei Anwendung dieser Regel im Senkbetrieb für 4-polige Drehstrommotoren mit Bemessungsleistungen von 1 bis 100 kW Richtwerte für die Nachlaufzeiten zwischen 120 und 800 ms zu erwarten sind. Für die die meisten Anwendungsfälle sind dies akzeptable Werte.

Tatsächlich wird wegen der Abstufung der Bemessungsmomente der Bremsen in der Regel $M_{Br} > 2 \cdot M_N$ sein, die tatsächlichen Werte sind also günstiger als die in den Diagrammen gezeigten Werte. Für die gleichen Bedingungen errechnen sich Nachlaufwinkel am Rotor der Motoren, die im Bereich von rund 500 bis 4000 Winkelgraden liegen, was etwa 1,5 bis 11 Umdrehungen entspricht (Bild 8). Wie auch bei Auslaufbremsungen reduziert sich dieser Nachlaufweg an der Antriebsstation durch eine zumeist nachgeschaltete Untersetzung.

Bei hohen Ansprüchen an Toleranz und Langzeitkonstanz der Positionierung empfiehlt es sich, die Lösung nicht allein in der Erhöhung des Bremsmoments, sondern in einer Verminderung der Geschwindigkeit (Frequenzverstellung oder Polumschaltung) zu suchen. ■

Fortsetzung 

Teil 2 dieses Beitrags mit dem Schwerpunkt „Auswahl nach Bremsarbeit“ sowie die entsprechenden Literaturhinweise finden Sie in der nächsten Ausgabe des **ep** (Heft 10/2006).