

Kupplungen und Bremsen Größe Bestimmung und Auswahl

Die Dimensionierung einer Kupplung oder einer Bremse von Warner Electric ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Die wichtigsten dieser Faktoren sind im folgenden aufgeführt:

- Übertragbares Drehmoment: in Nm
- Betätigung: elektromagnetisch, pneumatisch, hydraulisch, mechanisch
- Antriebsart: im Stillstand oder rotierend
- Betriebsumgebung: ölig, trocken oder gemischt
- Wärmeabfuhr: Arbeitszyklus, Massenträgheit, Drehzahl usw.
- Einbaulage: horizontal, vertikal, schräg

Die meisten Anwendungen können mit den folgenden Formeln und Berechnungsmethoden berechnet werden. In speziellen Fällen wenden Sie sich bitte an den Hersteller.

Übertragbares Drehmoment

Die Berechnung des Drehmomentes ergibt einen ersten Näherungswert für die Größe der von Warner Electric benötigten Einheit. Die unterschiedlichen Drehmomente sind:

Statisches Drehmoment

Das maximal übertragbare Drehmoment bei Synchrodrehzahl von Antrieb und Abtrieb (Relativedrehzahl = 0).

Dynamisches Drehmoment

Dies ist das Drehmoment, das von einer Kupplung oder Bremse während der Beschleunigung oder Verzögerung, also bei Relativedrehzahl erzeugt wird, bis die Relativedrehzahl zwischen dem antreibenden und dem angetriebenen Bauteil null ist. Dieses Drehmoment ist abhängig von der Drehzahl, dem Reibungswert, dem verwendeten Reibbelag, der Betriebsumgebung, der anliegenden elektr. Spannung und der Beschleunigungs- bzw. Verzögerungszeit die benötigt wird um die gewünschte Drehzahl zu erreichen.

Restmoment

Betrifft in der Regel nur Lamellenbremsen bzw. -kupplungen. Dieses Drehmoment ergibt sich aus der Reibung zwischen den inneren und den äusseren Lamellen einer nicht eingeschalteten Einheit.

Motor Nenndrehmoment

Das Nenndrehmoment eines Antriebes errechnet sich mit Hilfe folgender Formel:

$$M_n = 9550 \cdot P / n$$

wobei:

M_n = Nenndrehmoment in Nm
 P = Leistung in kW
 n = Drehzahl in min⁻¹

Berechnung Des Kupplungsmomentes

Ist die Leistung, die Drehzahl und das Antriebsaggregat bekannt, so wird das benötigte Kupplungsmoment und einem erforderlichen Sicherheitsfaktor K wie folgt berechnet:

$$M_n = (9550 \cdot P / n) \cdot K$$

For Überschlägige Auswahl based on drive Leistung use K = :

2,5 - 3 for electric motors
4 - 5 for Diesel engines
5 - 6 for compressors

Verfahren zur Ermittlung des übertragbaren Drehmomentes für eine Kupplung oder Bremse von Warner Electric.

Mit diesem Verfahren können Sie auf der Grundlage der gewünschten Anwendungsbedingungen die Einheit exakt bestimmen, die für den jeweiligen Anwendungsbereich am besten geeignet ist.

1) Berechnen des Lastmomentes, der Reibung

Dies ist das Lastdrehmoment des Abtriebes den die Kupplung überwinden muss bevor eine Drehung des angetriebenen Teils erreicht werden kann. Der Wert entspricht im Prinzip der Tangentialkraft, die auf einen Hebelarm ausgeübt wird.

$$M_l = F \cdot R \cdot n_2 / n_1$$

wobei:

M_l = Drehmoment eines statischen Antriebes in Nm
 F = Kraft in N
 R = Radius in m
 n_1 = Wellendrehzahl der Kuppl. oder Bremse in min⁻¹
 n_2 = Wellendrehzahl des Abtriebes in min⁻¹

2) Berechnen des Massenträgheitsmomentes

Das Maßenträgheitsmoment stellt die Masse dar, die in eine Drehbewegung oder in Stillstand versetzt wird bis zwischen Antriebs- und Abtriebswelle Synchronlauf erreicht ist. Folglich steht dieser Wert in direktem Zusammenhang mit der Trägheit der Kupplungswelle. Die Lineare- und die Rotationsmassenträgheit lassen sich mit folgenden Formeln berechnen:

Rotatorisches Maßenträgheitsmoment

Vollzylinder

$$J = 1/2 \cdot m \cdot R^2$$

Hohlzylinder

$$J = 1/2 \cdot m \cdot (R^2 + r^2)$$

wobei:

J = in kgm²
 m = Maße in kg
 R = Außenradius in m
 r = Innenradius in m

Sind mehrere Massenträgheitsmomente mit unterschiedlichen Drehzahlen vorhanden, so müssen sie auf die Kupplungsdrehzahl (bzw. auf die Bremse) nach folgender Formel umgerechnet werden.

$$J_{\text{gesamt}} = J_1 + J_2 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 + J_3 \left(\frac{n_3}{n_1} \right)^2$$

wobei:

J_{gesamt} = Gesamtes Trägheitsmoment in kgm²
 n_1 = Drehzahl der Antriebswelle in min⁻¹
 n_2 = Drehzahl der Zwischenwelle in min⁻¹
 n_3 = Drehzahl der Abtriebswelle in min⁻¹
 J_1 = Trägheitsmoment der Antriebswelle in kgm²
 J_2 = Trägheitsmoment der Zwischenwelle in kgm²
 J_3 = Trägheitsmoment der Abtriebswelle in kgm²

Translatorisches Maßenträgheitsmoment

$$J = 91 \cdot m \cdot v^2 / n^2$$

wobei:

J = Trägheitsmoment in kgm²
 m = Maße in kg
 v = Geschwindigkeit in m/s
 n = Drehzahl in min⁻¹

Gesamtmaßenträgheitsmoment

Das ist die Summe aller Trägheitsmomente (einschließlich des Eigenträgheitsmomentes von Kupplung und Bremse) bezogen auf die Kupplung bzw. Bremse.

3) Berechnung des Beschleunigungs- und Verzögerungsmomentes

$$M_d = (J_{\text{gesamt}} \cdot n) / (9,55 \cdot t)$$

wobei:

M_d = Beschleunigungs- und Verzögerungsmoment in Nm

J_{gesamt} = Gesamtmaßenträgheitsmoment in kgm^2

n = Drehzahl der Kupplung oder Bremswelle in min^{-1}

t = gewünschte Beschleunigungs- und Verzögerungszeit in s

4) Gesamtes Moment der Kupplung oder Bremse

$$M_{\text{gesamt}} = M_d \pm M_l$$

(bei Hebeanwendungen wenden Sie sich bitte an Ihre zuständige Warner Electric Niederlassung)

wobei :

M_{gesamt} = in Nm

M_l = Drehmoment eines statischen Antriebes in Nm

M_d = Beschleunigungs- und Verzögerungsmoment in Nm

Das Nenndrehmoment der Kupplung oder Bremse muss immer größer als das berechnete Drehmoment sein

5) Berechnung der Beschleunigungs- und Verzögerungszeit

$$t = (J_{\text{gesamt}} \cdot n) / (9,55 \cdot (M_n \pm M_l))$$

wobei:

t = in s

J_{gesamt} = Gesamtmaßenträgheitsmoment in kgm^2

n = Drehzahl der Kupplungs- oder Bremswelle in min^{-1}

M_n = Drehmoment der gewählten Kupplung oder Bremse in Nm

M_l = Drehmoment eines statischen Antriebes in Nm (– für eine Kupplung, + für einen Bremse)

Betätigungsarten

Kupplungen und Bremsen von Warner Electric können wie folgt betätigt werden:

- Elektromagnetisch
- Hydraulisch
- Pneumatisch
- Mechanisch

Sie können betätigt werden durch:

- Kraft bzw. Druck; = die Reibungsflächen werden durch Kraftanwendung zusammengedrückt.
- z.B. durch Druckfedern; = die Reibungsflächen werden durch Federkraft zusammengedrückt, diese Produkte sind für den Einsatz als Sicherheitselemente geeignet.

Die Auswahl wird auch bestimmt durch die Dauer des Einsatzes.

Einkuppeln / Einschalten

Bei einer Drehzahldifferenz zwischen Antriebs- und Abtriebswelle werden nur Einscheiben- oder Lamellenkupplungen bzw. -Bremsen eingesetzt. Beträgt die Drehzahldifferenz null oder erfolgt das Einkuppeln im Stillstand wird der Einsatz einer Zahnkupplung bzw. -Bremse möglich.

Zahnkupplungen bzw. -Bremsen weisen in der Regel kleinere

Abmessungen auf als Lamellenkupplungen bzw. -Bremsen oder Einscheibeneinheiten bei gleichem Drehmoment. Bei der Ermittlung des Drehmomentes für eine Zahnkupplung bzw. -Bremse ist zu beachten, daß diese unter keinen Umständen höhere Lasten als in den Datenblättern angegeben zulassen. (Im Gegensatz zu einer Reibungskupplung kann eine Zahnkupplung niemals rutschen) Daher muss folgendes bekannt sein:

- das maximale Drehmoment das vom Antriebssystem erzeugt wird (beachten Sie Beschleunigungen, Verzögerungen und Trägheitsmomente) ..
- das mögliche Auftreten von Stößen und Vibrationen im Antriebssystem.

Da diese Angaben oft nicht bekannt sind sollte bei Kupplungen bzw. Bremsen, die durch Einschalten eingekuppelt werden, ein Sicherheitsfaktor (K) von 3 berücksichtigt werden. Bei Nabebewegungen ist der Einsatz von Zahnkupplungen bzw. -Bremsen zu vermeiden. Die im Katalog angegebenen Drehmomente gelten für Einheiten die "eingelaufen" sind. Bei neuen also noch nicht eingelaufenen Einheiten betragen die Momente ca. 50% der Katalogwerte. Die Nenndrehmomente werden nach mehreren Durchläufen mit Drehzahlen nicht unter 1 m/s Umfangsgeschwindigkeit erreicht. Um eine hohe Positioniergenauigkeit und eine schnelle Beschleunigung bzw. Verzögerung zu erreichen wird ein Einlaufen vor dem Einbau empfohlen. In diesen Fällen können die Ein- und Ausschaltzeiten mittels einer Stromversorgung mit Übererregung von Warner Electric reduziert werden.

Umgebung

Umgebung mit Schmierung, Ölnebel - Hier wird der Einsatz einer Lamellenkupplung bzw. -Bremse für Naßlauf empfohlen. Dadurch wird der Oberflächenverschleiß gering gehalten und vor allem die Lebensdauer der Reibflächen wird erhöht. Das verwendete Schmiermittel sollte ohne Hochdruckadditive bei einer Temperatur von 50 °C eine Viskosität unter 40 Centistokes aufweisen. Die Kupplungen und Bremsen sollten nach Möglichkeit nicht direkt im Öl betrieben werden.

Trockene Umgebung - Die empfohlene Betriebstemperatur bei trockener Umgebung liegt bei -25°C bis + 40°C. Die Reibbeläge die in trockener Umgebung verwendet werden (im allgemeinen Kombinationen aus Stahl und organischen Stoffen), weisen generell einen höheren Reibungsfaktor auf als Reibbeläge bei Einheiten für Naßlauf. Daraus ergibt sich ein höherer Verschleißgrad aus der Wärmebelastung pro Schaltung. Es ist also wichtig die Einheit so auszuwählen, daß die Wärme, die durch die Schaltarbeit entsteht, auch von der Einheit problemlos abgeführt werden kann. Unterdimensionierungen führen zu einem höheren Verschleiß sowie zur Deformierung der Reibbeläge.

Gemischte Umgebung - Für den Einsatz in gemischten Umgebungen müssen Maßnahmen zum Schutz vor Schmierfett und Staubpartikeln getroffen werden.

Wärmebelastung

Während des Kuppel- bzw. Bremsvorganges wird die mechanische Energie durch Reibung in Wärme umgewandelt. Diese Verlustenergie muss durch die Kupplung bzw. Bremse so absorbiert werden, daß es zu keinen Beschädigungen kommt. Dies hat außerdem Auswirkungen auf die Lebensdauer. Verwenden Sie folgende Formel, um die Wärmebelastung zu berechnen :

Kupplung oder Bremse

Kupplungen und Bremsen Größe Bestimmung und Auswahl

$$W = (J_{\text{gesamt}} \cdot n^2 / 182,5) \cdot (M_n / (M_n \pm M_l))$$

wobei:

W = Arbeit in Joules

J_{gesamt} = Gesamtes Trägheitsmoment in kgm^2

M_n = Nenndrehmoment der gewählten Kuppl. oder Bremse in Nm

$-M_l$ = Kupplungsdrehmoment in Nm

$+M_l$ = Bremsdrehmoment in Nm

n = Drehzahl der Kupplung oder Bremswelle in min^{-1}

Bei senkrechter Bewegung von oben nach unten wird + und - vertauscht

Drehmomentbegrenzer

$$W = M_d \cdot n \cdot t / 9,55$$

wobei:

W = in Joules

M_d = Gleitmoment in Nm

n = Drehzahl in min^{-1}

t = Rutschzeit in Sekunden

Vergleichen Sie die errechneten Resultate mit den Wärmeabfuhrdiagrammen die zu jedem Produkt angegeben sind um festzustellen, ob die gewählte Einheit Ihren Anforderungen entspricht.

Einbaulagen

In diesem Katalog ist jedes Produkt deutlich gekennzeichnet, inwieweit es für den horizontalen oder für den vertikalen Einsatz geeignet ist. In einigen speziellen Fällen können Produkte die für den horizontalen Einsatz gekennzeichnet sind, auch vertikal eingesetzt werden. Nähere Angaben hierzu können Sie bei Ihrer Warner Electric Niederlassung erfragen.

Stromversorgung

Elektrisch - Unsere elektrische Kupplungen und Bremsen werden mit Gleichspannung oder mit gleichgerichteter Wechselspannung betrieben. Die üblichen Spannungswerte liegen bei 24, 103.5 und 207 VDC. Warner bietet Netzteile zur Umwandlung der Wechselspannung und zur Aufrechterhaltung einer Gleichspannungskommunikation, wodurch kurze Ansprechzeiten sichergestellt werden. Sämtliche Netzteile entsprechen den jeweiligen CE-Standards. Ein Umschalten der Kommutation von Wechselstrom zu Gleichstrom ist möglich. Das Umschalten auf Wechselstrom erfolgt 5 bis 6 mal langsamer als das Umschalten auf Gleichstrom. Bei bestimmten ruhestrombetätigten Geräten muss eine Zwei-Stufen-Spannung angelegt werden. Die hohe Spannung wird während des eigentlichen Einkuppelvorganges benötigt, während die niedrige Spannung benötigt wird um die Ankerplatte in der End-Position zu halten. Übliche Spannungs kombinationen sind 103.5/48 oder 207/103.5 VDC.

Abschaltspannung - Beim Abschalten der Spule wird eine bedeutende Abschaltspannungsspitze erzeugt; besonders bei Modellen mit größeren Drehmomenten. Diese Spannung kann sogar zur Beschädigung an Bauteilen in einem Steuerstromkreis führen. Wir empfehlen daher diese Spannungsspitzen durch geeignete Dämpfungselemente zu unterdrücken. Nähere Angaben dazu sind bei Warner Electric zu erfragen. (Dieser Schutz ist in unseren Netzteilen eingeschlossen). Zögern Sie nicht sich für nähere Angaben an Warner Electric zu wenden.

Pneumatisch - Der übliche Betriebsdruck für Kupplungen und Bremsen von Warner Electric beträgt zwischen 5 und 6 bar. Bei Kupplungen und Bremsen die pneumatisch betätigt werden ist das übertragbare Drehmoment direkt proportional

zum aufgebrauchten Druck. Wir empfehlen den Einsatz einer Wartungseinheit und einer Luftschmiervorrichtung, um sämtliche Risiken einer Korrosion der Luftkammer auszuschließen. Um Druckverluste bei axialem Anschluß zu vermeiden, empfehlen wir den Einsatz einer Abdichtung zwischen Nabe und Welle. Für axiale Anschlüsse wird eine freie, flexible Verbindung empfohlen (Drehverbindung).

Hydraulisch - Der übliche Betriebsdruck für Kupplungen und Bremsen von Warner Electric ist in den Produkttabellen aufgeführt. Es können jedoch auch andere Betriebsdrücke, die Ihren Betriebsbedingungen entsprechen, realisiert werden. Für die Reibungsflächen wird die Verwendung eines Öles mit einer Viskosität bis zu ISO VG46 empfohlen, das für die Verwendung mit Sinterbronze geeignet ist.

Einheiten

Elektrizität

Kapazität	F	Widerstand	Ω
Strom	A	Spannung	V
Induktivität	H	Druck	bar

Mechanisch

Beschleunigung	m/s^2	Leistung	W
Winkel	$^\circ$	Temperatur	$^\circ\text{C}$
Drehmoment	Nm	Zeit	s
Kraft	N	Arbeit	J
Fallbeschleunigung	m/s^2	Winkelgeschwindigkeit	rd/s
Länge	m	Geschwindigkeit	m/s
Maße	kg	Drehzahl	min^{-1}
Volumen Maße	kg/m^3		
Trägheitsmoment	kgm^2		

Materialdichte

Acryl	1.2	Eisen	7.9
Aluminium	2.7	Eisen (Guß)	7.3
Bakelit	1.3	Magnesium	1.7
Messing	8.5	Nickel	8.8
Bronze	8.9	Gummi	1.2
Kupfer	8.9	Stahl	7.8
Glas	2.6	Teflon	2.2

Umrechnungen

Länge					
Inch	feet	yard	mm	m	km
1	0.08333	0.02778	25.4	0.0254	-
12	1	0.3333	304.8	0.3048	-
36	3	1	914.4	0.9144	-
0.03937	3281×10^{-6}	1094×10^{-6}	1	0.001	10^{-6}
39.37	3.281	1.094	1000	1	0.001
39370	3281	1094	106	1000	1
Maße	oz	lb	g	kg	Mg
1	0.0625	0.003906	1.772	0.001772	1.772×10^{-6}
16	1	0.0625	28.35	0.02835	28.35×10^{-6}
256	16	1	453.6	0.4536	453.6×10^{-6}
0.5644	0.03527	0.002205	1	0.001	10^{-6}
564.4	35.27	2.205	1000	1	0.0001
564.4×10^3	35270	2205	10^6	1000	1
Kraft	oz	lb	N	kN	
1	0.0625	0.003906	0.0173656	17.3×10^{-6}	
16	1	0.0625	0.27783	277.83×10^{-6}	
256	16	1	4.44528	4445.28×10^{-6}	
57.592	3.59898	0.225	1	0.0001	
57.592×10^3	3598.9896	225	1000	1	
Drehmoment	oz.in	lb.ft	Ncm	Nm	
1	0.0625	0.005208	0.706	0.00706	
16	1	0.0833	11.3	0.113	
192	12	1	135.6	1.356	
1.4162	0.0885	0.0074	1	0.01	
141.619	2 8.8512	0.7376	100	1	
Maßenträgheit	oz.in ²	lb.ft ²	kgcm ²	kgm ²	
1	0.0625	0.000434	0.183	18.3×10^{-6}	
16	1	0.006944	2.926	0.2926×10^{-3}	
2304	144	1	421.344	0.421344	
5.465	0.34156	2.3718×10^{-3}	1	0.0001	
54650	3415.6	23.718	10000	1	
Leistung	HP	kp m/s	Nm/s=J/s=W	kW	kcal/s
1	76.04	745.7	0.7457	0.7457	0.7073
13.15×10^{-3}	1	9.807	9.807×10^{-3}	2.344×10^{-3}	9.301×10^{-3}
1.341×10^{-3}	0.102	1	10-3	239×10^{-6}	948.4×10^{-6}
1.341	102	1000	1	0.239	0-Jan
5.614	426.9	4187	4.187	1	3.968
1.415	107.6	105	1.055	0.252	1