

3.1 Esempi di applicazioni

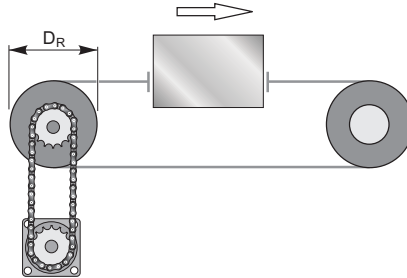
3.1 Examples of applications

3.1 Anwendungsbeispiele

Carrello scorrevole

Sliding carriage

Laufwagen



L'applicazione prevede la movimentazione lineare di una tavola tramite una catena (rapporto di riduzione della trasmissione:  $i=1$ ) La massa del carrello è di  $m=200$  kg e  $D_R=0.1$  m. Il carrello deve essere accelerato in  $t_a=0.2$  s ad una velocità massima  $v_2=0.6$  m/s. Il rapporto di riduzione del riduttore è  $i=20$ . La forza resistente che si oppone allo spostamento è pari a  $F=500$ N (data dal prodotto della forza per il coefficiente di attrito).

The application requires the linear motion of a table (see picture) by means of a chain (reduction ratio of the transmission:  $i=1$ ). The carriage mass is  $m=200$  Kg and  $D_R=0.1$  m. The carriage has to be accelerated in  $t_a=0.2$  s to a maximum speed  $v_2=0.6$ m/s. The reduction ratio of the gearbox is  $i=20$ . The resisting force acting against the motion is  $F=500$ N (product of the force by the coefficient of friction).

Die Applikation sieht die Linearbewegung einer Scheibe durch eine Kette vor. (Übersetzungsverhältnis:  $i=1$ ) Die Masse der Wagen ist  $m=200$  Kg und  $D_R=0.1$  m. Der Wagen soll in  $t_a=0.2$  s bis Höchstgeschwindigkeit  $v_2=0.6$  m/s beschleunigt werden. Das Übersetzungsverhältnis des Getriebes ist  $i=20$ . Die Widerstandskraft, die gegen die Bewegung wirkt, ist  $F=500$ N (Produkt von Kraft mal Reibungskoeffizient)

- Determinazione della coppia resistente  $T_{RES}$

$$T_{RES} = F \cdot D_R / 2 = 500 \cdot 0.1 / 2 = 25 \text{ Nm}$$

- Determinazione della coppia resistente  $T_{IN}$  dovuta all'inerzia

$$T_{IN} = F_i \cdot D_R / 2 \text{ (Nm)}$$

Dove  $F_i$  è la forza di inerzia, la quale, nel caso di traslazione, vale:

$$F_i = m \cdot a \quad (\text{N})$$

In questo caso, l'accelerazione risulta:

$$a = (v_2 - v_0) / t_a \quad (\text{m/s}^2)$$

con  $v_2$  = velocità finale (m/s)  
 $v_0$  = velocità iniziale (m/s)  
 $t_a$  = tempo di accelerazione (s)

quindi:

$$a = (0.6 - 0) / 0.2 = 3 \text{ m/s}^2$$

$$F_i = 200 \cdot 3 = 600 \text{ N}$$

$$T_{IN} = 600 \cdot 0.1 / 2 = 30 \text{ Nm}$$

Pertanto, la coppia da prendere in considerazione, per dimensionare correttamente l'applicazione, vale:

$$T_2 = T_{RES} + T_{IN} = 25 + 30 = 55 \text{ Nm}$$

In funzione di questo risultato si dovrà individuare un adeguato motore (in prima approssimazione:  $T_{MOT} = (T_2 / i) \cdot R_d$ ), tale cioè da garantire una coppia motrice sufficiente a vincere gli attriti e le inerzie presenti. Successivamente, in funzione delle caratteristiche del motore scelto e delle rimanenti specifiche dell'applicazione (ciclo di lavoro, numero di cicli all'ora ecc.) si procede selezionando opportunamente il riduttore (v. selezione del riduttore).

- Calculation of resisting torque  $T_{RES}$

$$T_{RES} = F \cdot D_R / 2 = 500 \cdot 0.1 / 2 = 25 \text{ Nm}$$

- Calculation of resisting torque of inertia  $T_{IN}$

$$T_{IN} = F_i \cdot D_R / 2 \text{ (Nm)}$$

$F_i$  is the inertial force which, in case of translation, is:

$$F_i = m \cdot a \quad (\text{N})$$

In this case, acceleration is:

$$a = (v_2 - v_0) / t_a \quad (\text{m/s}^2)$$

$v_2$  = final speed  
 $v_0$  = initial speed  
 $t_a$  = acceleration time (s)

Therefore:

$$a = (0.6 - 0) / 0.2 = 3 \text{ m/s}^2$$

$$F_i = 200 \cdot 3 = 600 \text{ N}$$

$$T_{IN} = 600 \cdot 0.1 / 2 = 30 \text{ Nm}$$

As a result, for the purpose of a correct dimensioning of the application, the following torque has to be taken into consideration:

$$T_2 = T_{RES} + T_{IN} = 25 + 30 = 55 \text{ Nm}$$

This value has to be taken into account when selecting the motor (approx.  $T_{MOT} = (T_2 / i) \cdot R_d$ ). The motor torque should be high enough as to overcome friction and inertia forces. Subsequently, it is possible to proceed with the selection of the gearbox on the basis of motor specifications and features of application (operation cycle, no. cycles per hour, etc.) (see Selection of the gearbox).

- Berechnung von Widerstandsdrehmoment  $T_{RES}$

$$T_{RES} = F \cdot D_R / 2 = 500 \cdot 0.1 / 2 = 25 \text{ Nm}$$

- Berechnung von Trägheitsdrehmoment  $T_{IN}$

$$T_{IN} = F_i \cdot D_R / 2 \text{ (Nm)}$$

$F_i$  ist die Trägheit, die im Falle von Translation wie folgt ist:

$$F_i = m \cdot a \quad (\text{N})$$

In diesem Fall ist die Beschleunigung wie folgt:

$$a = (v_2 - v_0) / t_a \quad (\text{m/s}^2)$$

Mit  $v_2$  = Endgeschwindigkeit  
 $v_0$  = Startgeschwindigkeit  
 $t_a$  = Beschleunigungszeit(s)

Folglich:

$$a = (0.6 - 0) / 0.2 = 3 \text{ m/s}^2$$

$$F_i = 200 \cdot 3 = 600 \text{ N}$$

$$T_{IN} = 600 \cdot 0.1 / 2 = 30 \text{ Nm}$$

Damit die Dimensionierung der Applikation korrekt ist, ist das folgendes Drehmoment zu betrachten:

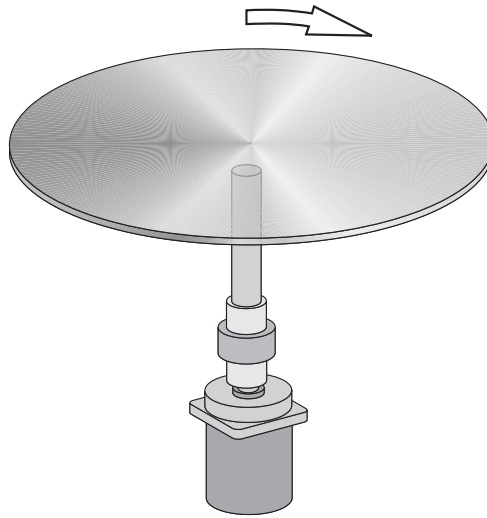
$$T_2 = T_{RES} + T_{IN} = 25 + 30 = 55 \text{ Nm}$$

Von diesen Wert hängt die Wahl des Motors (annähernd :  $T_{MOT} = (t_2 / i) \cdot R_d$ ) ab. Das Antriebsdrehmoment muss ausreichend hoch sein, um Reibungs- und Trägheitskräfte überwinden zu können. Schließlich wird das Getriebe abhängig von Applikation (Arbeitszyklus, Zyklen pro Stunde, u.s.w.) und Motoreigenschaften gewählt. (Siehe Wahl des Getriebes).

**Tavola rotante**

**Revolving table**

**Drehscheibe**



L'applicazione prevede la messa in rotazione di una tavola cilindrica di massa pari a  $m=20\text{kg}$  e raggio  $r=0.5\text{m}$ .  
Tale tavola deve essere accelerata da  $n_0 = 0 \text{ min}^{-1}$  a  $n_1= 300 \text{ rpm}$  in  $t_a=0.3 \text{ s}$ .  
Il rapporto di riduzione del riduttore è  $i=20$ .  
Si suppone che la coppia resistente per mantenere in rotazione uniforme la tavola sia trascurabile rispetto alla coppia legata all'inerzia dell'applicazione.

Quindi, in questo caso:

$$T_2 = T_{IN} = J \cdot a_a \text{ (Nm)}$$

Dove  $J \text{ (kgm}^2\text{)}$  è il momento d'inerzia di massa della tavola rotante, ed  $a_a \text{ (rad/s}^2\text{)}$  è la accelerazione angolare.

$$J = (m \cdot r^2) / 2 = (20 \cdot 0.5^2) / 2 = 2.5 \text{ kgm}^2$$

$$a_a = \frac{1}{t_a} \cdot \Delta \omega \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

$$1 = (2 \cdot n_1) / 60 = (2 \cdot 300) / 60 = 31.4 \text{ rad/s}$$

Quindi:

$$a_a = \frac{31.4}{0.3} = 104.6 \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

Infine:

$$T_2 = T_{IN} = 2.5 \cdot 104.6 = 261 \text{ Nm}$$

In funzione di questo risultato si dovrà individuare un adeguato motore (in prima approssimazione:  $T_{MOT} = (T_2 / i) \cdot R_d$ ), tale cioè da garantire una coppia motrice sufficiente a vincere gli attriti e le inerzie presenti. Successivamente, in funzione delle caratteristiche del motore scelto e delle rimanenti specifiche dell'applicazione (ciclo di lavoro, numero di cicli all'ora ecc.) si procede selezionando opportunamente il riduttore (v. selezione del riduttore).

The application requires the rotation of a cylindrical table with mass  $m=20 \text{ Kg}$  and radius  $r=0.5\text{m}$ .  
The table has to be accelerated from  $n_0=0 \text{ rpm}$  to  $n_1=300 \text{ min}^{-1}$  in  $t_a=0.3\text{s}$ .  
The reduction ratio of the gearbox is  $i=20$ .  
The resisting torque, which enables uniform rotation of the table, is assumed to be negligible compared to the torque caused by the inertia of the application.

Therefore, in this case:

$$T_2 = T_{IN} = J \cdot a_a \text{ (Nm)}$$

$J \text{ (kgm}^2\text{)}$  is the moment of inertia of the mass of the revolving table and  $a_a \text{ (rad/s}^2\text{)}$  is the angular acceleration.

$$J = (m \cdot r^2) / 2 = (20 \cdot 0.5^2) / 2 = 2.5 \text{ kgm}^2$$

$$a_a = \frac{1}{t_a} \cdot \Delta \omega \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

$$1 = (2 \cdot n_1) / 60 = (2 \cdot 300) / 60 = 31.4 \text{ rad/s}$$

Therefore:

$$a_a = \frac{31.4}{0.3} = 104.6 \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

In conclusion:

$$T_2 = T_{IN} = 2.5 \cdot 104.6 = 261 \text{ Nm}$$

This value has to be taken into account when selecting the motor (approx.  $T_{MOT} = (T_2 / i) \cdot R_d$ ). The driving torque should be high enough as to overcome friction and inertia forces. Subsequently, proceed with the selection of the gearbox on the basis of motor specifications and features of application (operation cycle, no. cycles per hours, etc.) (see Selection of the gearbox).

Die Applikation sieht die Drehung einer zylindrischen Scheibe vor, deren Masse  $m=20\text{Kg}$  ist und deren Halbmesser  $r=0.5 \text{ s}$  ist. Solche Scheibe soll von  $n_0 = 0 \text{ U/Min}$  bis  $n_1=300 \text{ min}^{-1}$  in  $t_a=0.3\text{s}$  beschleunigt werden. Das Übersetzungsverhältnis des Getriebes ist  $i=20$ .  
Es wird angenommen, dass das zur gleichmäßigen Drehung der Scheibe dienenden Widerstandsdrehmoment unbedeutend im Vergleich zum Trägheitsmoment ist.

Folglich, in diesem Fall:

$$T_2 = T_{IN} = J \cdot a_a \text{ (Nm)}$$

$J \text{ (kgm}^2\text{)}$  ist das Trägheitsmoment der Masse der Drehscheibe und  $a_a \text{ (rad/s}^2\text{)}$  ist die Winkelbeschleunigung.

$$J = (m \cdot r^2) / 2 = (20 \cdot 0.5^2) / 2 = 2.5 \text{ kgm}^2$$

$$a_a = \frac{1}{t_a} \cdot \Delta \omega \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

$$1 = (2 \cdot n_1) / 60 = (2 \cdot 300) / 60 = 31.4 \text{ rad/s}$$

Folglich:

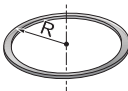
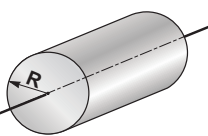
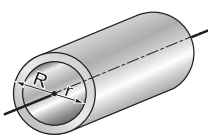
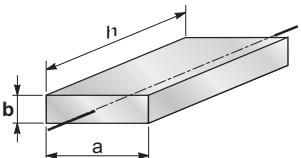
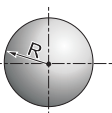
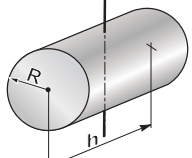
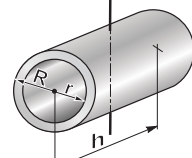
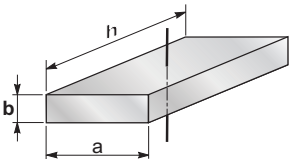
$$a_a = \frac{31.4}{0.3} = 104.6 \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

Schließlich:

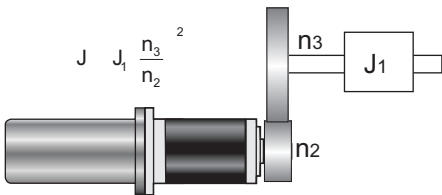
$$T_2 = T_{IN} = 2.5 \cdot 104.6 = 261 \text{ Nm}$$

Von diesem Wert hängt die Wahl des Motors (annähernd:  $T_{MOT} = (T_2 / i) \cdot R_d$ ) ab. Das Antriebsdrehmoment muss ausreichend hoch sein, um Reibungs- und Trägheitskräfte überwinden zu können. Schließlich wird das Getriebe abhängig von Applikation (Arbeitszyklus, Zyklen pro Stunde, u.s.w.) und Motoreigenschaften gewählt (siehe Wahl des Getriebes).

Calcolo dell'inerzia J / Calculation of inertia J / Berechnung der Tragheit J

 <p><math>J = MR^2</math></p>	 <p><math>J = \frac{1}{2}MR^2</math></p>	 <p><math>J = \frac{M}{2}(R^2 + r^2)</math></p>	 <p><math>J = \frac{M}{12}(a^2 + b^2)</math></p>
 <p><math>J = \frac{2}{5}MR^2</math></p>	 <p><math>J = \frac{M}{4} \left( \frac{h^2}{3} + R^2 \right)</math></p>	 <p><math>J = \frac{M}{4} \left( \frac{h^2}{3} + R^2 + r^2 \right)</math></p>	 <p><math>J = \frac{M}{12} \left( \frac{h^2}{3} + a^2 \right)</math></p>

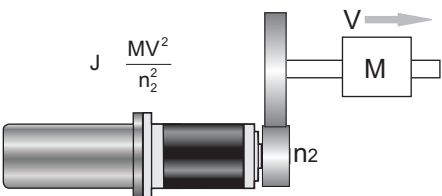
M	[Kg]	Massa	Weight	Maße
a, b, h	[m]	Dimensioni	Dimensions	Abmessungen
J	[Kgm <sup>2</sup> ]	Inerzia	Inertia	Traagheitsmoment



J = inerzia riferita all'albero uscita del riduttore con velocità n<sub>2</sub> [rad/s] derivante da una massa con inerzia J<sub>1</sub> e ruotante a velocità n<sub>3</sub> [rad/s].

J = inertia referred to the gearbox output shaft with speed n<sub>2</sub> [rad/s] resulting from a mass with inertia J<sub>1</sub> rotating at n<sub>3</sub> speed [rad/s].

J= Trägheit mit Bezug auf Getriebeabtriebswelle mit Drehzahl n<sub>2</sub> [rad/s], die von einer Masse mit Trägheit J<sub>1</sub> zu n<sub>3</sub> Drehzahl ableitet [rad/s].



J = inerzia riferita all'albero uscita del riduttore con velocità n<sub>2</sub> [rad/s] derivante da una massa traslante M [Kg] a velocità V [m/s].

J = inertia referred to the gearbox output shaft with speed n<sub>2</sub> [rad/s] resulting from a translating mass M [Kg] at V speed [m/s].

J = Trägheit mit Bezug auf Getriebeabtriebswelle mit Drehzahl n<sub>2</sub> [rad/s], die von einer Translation-Masse M [Kg] zu V Drehzahl [m/s] ableitet.

Relazioni fondamentali fra coppia T [Nm], inerzia J [Kgm<sup>2</sup>] e accelerazione angolare a<sub>a</sub> [rad/s<sup>2</sup>].

Fundamental relations between torque T [Nm], inertia J [Kgm<sup>2</sup>] and angular acceleration a<sub>a</sub> [rad/s<sup>2</sup>].

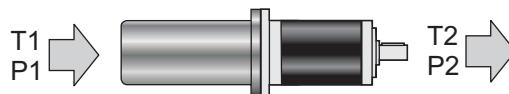
Wesentliche Relationen zwischen drehmoment T [Nm], Trägheit J [Kgm<sup>2</sup>] und Winkelbeschleunigung a<sub>a</sub> [rad/s<sup>2</sup>].

$$T = J a_a$$

Relazioni fondamentali fra coppia e potenza in entrata (T<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>) e in uscita (T<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>), il rendimento Rd e il rapporto di riduzione i del riduttore.

Fundamental relations between input torque and power (T<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>), output torque and power (T<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>), efficiency Rd, gearbox reduction ratio i.

Wesentliche Relationen zwischen Antriebsdrehmoment und -leistung (T<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>), Abtriebsdrehmoment und -leistung (T<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>), Wirkungsgrad Rd, Untersetzungsverhältnis i des Getriebes.



$$P_2 = P_1 \cdot R_d \quad T_2 = T_1 \cdot i \cdot R_d$$

