

Il dimensionamento di una frizione o di un freno Warner Electric dipende da diversi fattori. I più comuni di questi fattori sono qui elencati in ordine cronologico:

- Coppia trasmissibile: in Nm
- Fonte d'energia: elettrica, pneumatica, idraulica, meccanica
- Tipo di messa in moto: statica o rotante
- Ambiente d'esercizio: lubrificato, secco o misto
- Dissipazione di calore: ciclo di lavoro, inerzia, rotazione ecc.
- Montaggio: orizzontale, verticale, inclinato

La maggior parte delle applicazioni può essere calcolata in base alle formule e ai metodi di calcolo indicati qua sotto. Per casi particolari rivolgetevi al fabbricante.

## Coppia Trasmissibile

Il calcolo della coppia fornisce una prima approssimazione della grandezza del dispositivo Warner Electric necessario. Le differenti coppie trasmissibili sono:

### Coppia Statica

Coppia trasmissibile da una frizione o un freno in caso di accoppiamento sincronizzato dei componenti (velocità di rotazione relativa zero).

### Coppia Dinamica

È la coppia sviluppata da una frizione o da un freno accelerando o decelerando fino a raggiungere la velocità di rotazione relativa zero tra il componente azionante e quello azionato. Questa coppia è una variabile risultante dalla velocità di rotazione, dal fattore di frizione, dal tipo di materiale d'attrito utilizzato, dall'ambiente d'esercizio e dal tempo di accelerazione o decelerazione necessario per ottenere la velocità di rotazione voluta.

### Coppia Residua

Concerne normalmente solo i dispositivi a dischi multipli. Questa coppia risulta dall'attrito tra i dischi interni e quelli esterni in un dispositivo non messo sotto tensione.

### Coppia Nominale Macchina Trainante

La coppia nominale di una macchina trainante può essere calcolata mediante la seguente formula:

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

dove:

$M_n$  = coppia nominale in Nm

$P$  = potenza in kW

$n$  = velocità di rotazione in  $\text{min}^{-1}$

### Coppia Frizione Richiesta

A questa coppia nominale, consigliamo di aggiungere il fattore di sicurezza  $K$  quale prodotto tra la fonte d'azionamento e il tipo d'accoppiamento: disco singolo, disco multiplo o dente. Da cui la seguente formula:

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

Per una selezione rapida basata sulla potenza d'azionamento utilizzate  $K =$  :

- 2,5 - 3 per i motori elettrici
- 4 - 5 per i motori diesel
- 5 - 6 per i compressori

## Metodo per determinare la coppia trasmissibile per una frizione o un freno Warner Electric

Questo metodo vi consente di procedere sulla base delle caratteristiche della macchina e di definire accuratamente il tipo di prodotto più adatto per questa applicazione.

### 1) Calcolate la coppia di una fonte statica

È la coppia di carico del meccanismo che la frizione deve superare prima di conseguire la rotazione della parte azionata. Il valore corrisponde sostanzialmente alla forza tangenziale esercitata su un braccio di leva.

$$M_1 = F \cdot R \cdot n_2 / n_1$$

dove:

$M_1$  = coppia di una fonte statica in Nm

$F$  = forza in N

$R$  = raggio in m

$n_1$  = velocità di rotazione dell'albero della frizione o del freno in  $\text{min}^{-1}$

$n_2$  = velocità di rotazione dell'albero della frizione in  $\text{min}^{-1}$

### 2) Calcolate il momento d'inerzia

Il momento d'inerzia rappresenta la massa da porre in rotazione fino a ottenere il sincronismo tra l'albero azionante e l'albero azionato. Esso è quindi direttamente correlato all'inerzia riflessa sull'albero della frizione. L'inerzia rotazionale e quella lineare sono calcolate mediante le seguenti formule:

## Inerzia Rotazionale

### Cilindro pieno

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

### Cilindro cavo

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

dove:

$J$  = in  $\text{kgm}^2$

$m$  = massa in kg

$R$  = raggio esterno in mt

$r$  = raggio esterno in mt

In seguito occorre trasferire l'inerzia totale sull'albero singolo della frizione o del freno quale prodotto del quadrato dei rapporti di trasmissione.

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

dove:

$J_{\text{totale}}$  = inerzia totale in  $\text{kgm}^2$

$n_1$  = velocità di rotazione dell'albero della frizione o del freno in  $\text{min}^{-1}$

$n_2$  = velocità di rotazione dell'albero intermedio in  $\text{min}^{-1}$

$n_3$  = velocità di rotazione dell'albero azionato in  $\text{min}^{-1}$

$J_1$  = inerzia dell'albero della frizione o del freno in  $\text{kgm}^2$

$J_2$  = inerzia dell'albero intermedio in  $\text{kgm}^2$

$J_3$  = inerzia dell'albero azionato in  $\text{kgm}^2$

## Inerzia Lineare

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

dove:

$J$  = in  $\text{kgm}^2$

$m$  = massa in kg

$v$  = velocità lineare della masa in m/s

$n$  = velocità della frizione/del freno in  $\text{min}^{-1}$

# Frizioni e Freni Dimensionamento e Selezione

## Inerzia Totale

È la somma di tutti i momenti d'inerzia rotazionali lineari trasferiti sull'albero d

### 3) Tempo di accelerazione o di decelerazione

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

dove:

$M_d$  = coppia di accelerazione/decelerazione in Nm

$J_{\text{totale}}$  = inerzia totale in  $\text{kgm}^2$

$n$  = velocità dell'albero della frizione o del freno in  $\text{min}^{-1}$

$t$  = tempi richiesti di accelerazione o di decelerazione in sec

### 4) Coppia totale di frizione o di freno

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

(tranne sollevamento, consultare i nostri servizi tecnici)

dove :

$M_{\text{totale}}$  = in Nm

$M_l$  = coppia di una fonte statica in Nm  
(+ per frizione, -per freno)

$M_d$  = coppia di accelerazione o decelerazione in Nm  
La coppia nominale della frizione o del freno deve sempre essere superiore alla coppia totale calcolata con il seguente metodo.

### 5) Tempi reali di accelerazione o di decelerazione

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

dove:

$t$  = in s

$J_{\text{totale}}$  = inerzia totale in  $\text{kgm}^2$

$n$  = velocità dell'albero della frizione o del freno in  $\text{min}^{-1}$

$M_n$  = coppia nominale della frizione o del freno in Nm

$M_l$  = coppia di una fonte statica dell'elemento azionato in Nm (- per una frizione, + per un freno)

La gamma di frizioni e freni Warner Electric include dispositivi messi sotto tensione:

- Elettromagnetica Idrraulica
- Pneumatica Meccanica

Possono essere attivati:

- Applicando corrente o pressione = le superfici d'attrito sono compresse quando è applicata la forza.
- Assenza di corrente o pressione; = le superfici d'attrito sono compresse mediante la forza di una molla che rende questi prodotti adatti quali elementi di sicurezza.

La scelta è determinata anche dal tempo di utilizzazione in posizione attiva o di riposo.

## Inserimento

Quando vi è una differenza di velocità di rotazione tra l'asse azionante e l'asse azionata, è consentito unicamente utilizzare frizioni o freni a disco singolo o a dischi multipli. Con una differenza di velocità di rotazione pari a zero o un inserimento da fermo, diventa possibile utilizzare una frizione o un freno a dente.

Solitamente i dispositivi dentati hanno diametri minori rispetto ai dispositivi a frizione aventi le stesse coppie. Di solito, inoltre, vengono attivati inserendo la corrente. Per stabilire il livello di coppia di un dispositivo dentato occorre notare che per nessuna ragione può sopportare

carichi maggiori di quelli indicati nella sua tabella dei dati. Di conseguenza, bisogna conoscere:

- il massimo picco di coppia prodotto dal sistema d'azionamento (attenzione alle accelerazioni decelerazioni e alle funzioni inerziali).
- la presenza di scosse e vibrazioni nel sistema d'azionamento

Poiché in molti casi è difficile conoscere questi elementi, per i dispositivi inseriti mediante apporto di energia andrebbe applicato il fattore di sicurezza  $K = 3$ . Per i movimenti di sollevamento, non si deve mai usare un dispositivo a dente. Per i dispositivi basati sull'attrito, i valori di coppia elencati nelle nostre tabelle si rifanno alle condizioni dopo il rodaggio. Cambiando le condizioni, la coppia trasmissibile può essere il 50% sotto al loro valore nominale. I valori nominali si ottengono dopo vari passaggi con velocità di rotazione diverse superiori a 1m/s. Al fine di conseguire un'alta precisione di posizionamento e una rapida accelerazione è consigliato un collaudo prima dell'uso. In simili applicazioni, utilizzare un alimentatore Warner Electric a corrente sovralimentata aiuterà a ridurre i tempi di inserimento e disinserimento.

## Condizioni D'esercizio

Lubrificato - Per applicazioni con elevata energia per ciclo consigliamo di utilizzare un dispositivo a dischi multipli in ambiente lubrificato. Questo manterrà minima l'usura della superficie d'attrito, allungandone in particolare la durata di vita. Il lubrificante utilizzato, senza additivo ad alta pressione, dovrebbe avere una viscosità inferiore a 40 centistoke a 50°C. Se possibile, non sommergere i dispositivi.

Secco - Temperatura d'esercizio consigliata da -25°C a +40°C. I materiali d'attrito funzionali utilizzati in ambienti secchi, solitamente combinazioni d'acciaio e di sostanze organiche, presentano un fattore d'attrito maggiore di quelli utilizzati in ambienti lubrificati. Ne risulta un maggiore grado di usura quale prodotto dell'energia per ciclo. È quindi importante scegliere correttamente il prodotto quale risultato dei parametri operativi e la capacità di dissipazione di calore. Utilizzi a livelli inferiori causano un'usura maggiore e una deformazione dei materiali d'attrito.

Misto - Per l'uso in ambienti misti andrebbe prevista una protezione contro il grasso e le particelle di polvere.

## Dissipazione Di Calore

Durante la procedura d'accoppiamento o di frenatura, l'attrito trasforma l'energia meccanica in calore. Quest'energia perduta va assorbita dalla frizione o dal freno senza provocare danni. Inoltre, ne inficia la durata di vita. Utilizzate la seguente formula per calcolare la dissipazione di calore:

**Frizioni o freni**

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

dove:

$W$  = lavoro in Joules

$J_{\text{totale}}$  = inerzia totale in  $\text{kgm}^2$

$M_n$  = coppia nominale in Nm  
 $- M_f$  = coppia di una fonte statica per la frizione in Nm  
 $+ M_f$  = coppia di una fonte statica per il freno in Nm  
 $n$  = velocità dell'albero della frizione o del freno in  $\text{min}^{-1}$

Per il sollevamento in discesa, + e - sono invertiti

## Limitatore di coppia

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

dove:

$W$  = lavoro in Joules  
 $M_d$  = coppia di azionamento in Nm  
 $n$  = velocità di rotazione in  $\text{min}^{-1}$   
 $t$  = tempi di pattinamento in secondi

**Utilizzando i risultati ottenuti, verificate i diagrammi di dissipazione di calore indicati con ogni prodotto per vedere se il prodotto scelto risponde a questo requisito.**

## Posizione Di Montaggio

In questo catalogo ogni prodotto è stato chiaramente identificato per l'uso orizzontale o verticale. In alcuni casi i dispositivi designati per l'impiego orizzontale possono essere utilizzati in posizione verticale. Per maggiori informazioni, rivolgetevi al fabbricante.

## Alimentazione

**Elettrica** - Le nostre frizioni elettriche e i nostri freni elettrici funzionano a tensione DC o AC parallela. Le tensioni standard sono 24, 103,5 e 207 Volt. La Warner Electric mette a disposizione alimentatori per convertire la tensione AC e mantenere una commutazione DC che garantisca tempi di risposta brevi. Tutti gli alimentatori rispondono agli standard CEE applicabili. Nonostante sia possibile commutare tanto su AC che su DC, commutare su AC è da 5 a 6 volte più lento che commutare su DC. Taluni dispositivi a mancanza di corrente richiedono una tensione a due livelli: l'alta tensione è utilizzata durante la procedura d'inserimento vera e propria, mentre la bassa tensione serve a mantenere in posizione la piastra d'ancoraggio. Tipiche combinazioni di tensione sono 103,5/48 o 207/103,5.

**Forza controelettrica** - Mettendo fuori tensione la bobina si produce un'importante forza controelettrica, in particolare per modelli a coppia più elevata. Questa tensione potrebbe addirittura danneggiare componenti nel circuito di comando. Consigliamo di eliminare questi picchi di tensione collegando un condensatore attraverso la bobina.

Per maggiori informazioni, anche in questo caso non esitate a rivolgervi al fabbricante.

**Pneumatica** - La normale pressione d'esercizio per le frizioni e i freni Warner Electric è tra 5 e 6 bar.

Per i dispositivi attivati mediante pressione, la coppia trasmissibile è direttamente proporzionale alla pressione applicata. Consigliamo di utilizzare un gruppo filtro/regolatore e un dispositivo di lubrificazione dell'aria per impedire ogni rischio di corrosione della camera d'aria.

Per evitare perdite di pressione nelle alimentazioni assiali è consigliato l'uso di un collegamento ermetico tra il mozzo e l'albero. Per le alimentazioni radiali è consigliato un collegamento flessibile libero.

**Idraulica** - La normale pressione d'esercizio per le frizioni e i freni Warner Electric è elencata nelle tabelle dei prodotti. È tuttavia possibile realizzare pressioni d'esercizio differenti per venire incontro alle vostre condizioni d'esercizio. Per proteggere le superfici di scivolamento del pistone/cilindro è consigliato l'uso di un olio idraulico filtrato da 10 Micro e una viscosità adeguata alle condizioni d'esercizio. Per le superfici di frizione, è consigliato l'uso di un olio con una viscosità fino a ISO VG46 e compatibile per essere utilizzato con bronzo sinterizzato.

## Unità

### Elettricità

Capacità	F	Resistenza	$\Omega$
Corrente	A	Tensione	V
Induttanza	H	Pressione	bar

### Meccanica

Accelerazione	$\text{m/s}^2$	Potenza	W
Angolo	$^\circ$	Temperature	$^\circ\text{C}$
Coppia	Nm	Tempo	s
Forza	N	Lavoro	J
Gravità	$\text{m/s}^2$	Velocità angolare	rd/s
Lunghezza	m	Velocità lineare	$\text{m/s}$
Massa	kg	Velocità di rotazione	$\text{min}^{-1}$
Massa volumica	$\text{kg/m}^3$		
Inerzia	$\text{kgm}^2$		

## Densità del materiale

acrilico	1,2	ferro	7,9
alluminio	2,7	ghisa	7,3
bakelite	1,3	magnesio	1,7
ottone	8,5	nichelio	8,8
bronzo	8,9	gomma	1,2
rame	8,9	acciaio	7,8
vetro	2,6	teflon	2,2

## Conversioni

Lunghezza					
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	$3281 \times 10^{-6}$	$1094 \times 10^{-6}$	1	0.001	$10^{-6}$
39.37	3.281	1.094	1000	1	0.001
39370	3281	1094	106	1000	1
Massa					
dram	oz	lb	g	kg	Mg
1	0.0625	0.003906	1.772	0.001772	$1.772 \times 10^{-6}$
16	1	0.0625	28.35	0.02835	$28.35 \times 10^{-6}$
256	16	1	453.6	0.4536	$453.6 \times 10^{-6}$
0.5644	0.03527	0.002205	1	0.001	$10^{-6}$
564.4	35.27	2.205	1000	1	0.0001
$564.4 \times 10^3$	35270	2205	$10^6$	1000	1
Forza					
dram	oz	lb	N	kN	
1	0.0625	0.003906	0.0173656	$17.3 \times 10^{-6}$	
16	1	0.0625	0.27783	$277.83 \times 10^{-6}$	
256	16	1	4.44528	$4445.28 \times 10^{-6}$	
57.592	3.59898	0.225	1	0.0001	
$57.592 \times 10^3$	3598.9896	225	1000	1	
Coppia					
oz.in	lb.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	
Inerzia					
oz.in <sup>2</sup>	lb.in <sup>2</sup>	lb.ft <sup>2</sup>	kgcm <sup>2</sup>	kgm <sup>2</sup>	
1	0.0625	0.000434	0.183	$18.3 \times 10^{-6}$	
16	1	0.006944	2.926	$2.926 \times 10^{-3}$	
2304	144	1	421.344	0.421344	
5.465	0.34156	$2.3718 \times 10^{-3}$	1	0.0001	
54650	3415.6	23.718	10000	1	
Potenza					
HP	kp m/s	Nm/s=J/s=W	kW	kcal/s	BTU/s
1	76.04	745.7	0.7457	0.1782	0.7073
$13.15 \times 10^{-3}$	1	9.807	$9.807 \times 10^{-3}$	$2.344 \times 10^{-3}$	$9.301 \times 10^{-3}$
$1.341 \times 10^{-3}$	0.102	1	10-3	$239 \times 10^{-6}$	$948.4 \times 10^{-6}$
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