

TRASMISSIONE DELLA POTENZA

(Distillazione verticale)

Conoscenza del principio di funzionamento dei principali sistemi di trasmissione e trasformazione del moto. Sapere effettuare calcoli sui principali sistemi di trasmissione della potenza.

OBIETTIVI:

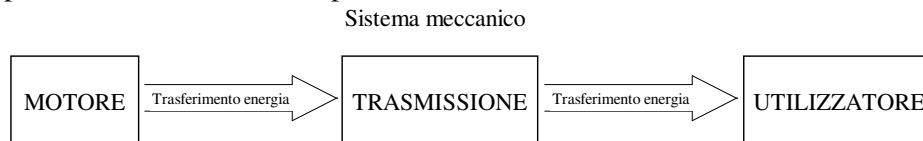
- Trasmissioni (def.)
 - Rapporto di trasmissione (def.)
 - Rendimento meccanico (def.)
- Trasmissione con ruote di frizione (descr.)
 - Condizione di aderenza (formula)
 - Condizione cinematica di aderenza (formula)
 - Rapporto di trasmissione (def. + calcolo)
 - Dimensionamento (calcolo)
- Trasmissione con ruote dentate cilindriche a denti diritti (descr.)
 - Caratteristiche geometriche (descr. + def.)
 - Condizione di ingranamento (def.)
 - Modulo (def. + calcolo)
 - Proporzionamento modulare del dente (calcolo)
 - Rapporto di trasmissione (def. + calcolo)
 - Angolo di pressione (def.)
 - Numero minimo di denti (condizione di non interferenza) (tabella)
 - Rendimento (formula)

TRASMISSIONE DELLA POTENZA

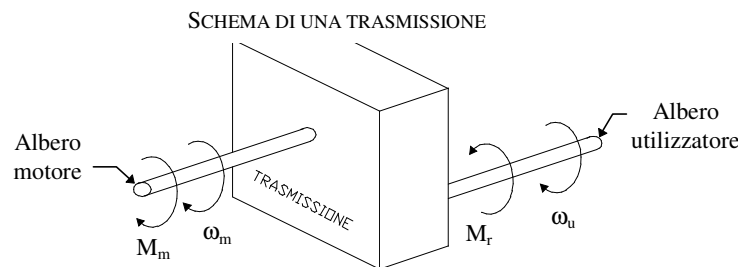
Il termine macchina è legato, in generale, ad una trasformazione di energia; limitando il campo d'osservazione ai sistemi meccanici, il termine macchina prende il significato di una serie di organi, tra loro collegati, aventi la funzione di trasmettere forze e movimento e quindi potenza meccanica.

La trasmissione di potenza implica sempre due aspetti: trasmissione di forze e di movimento.

Lo studio delle macchine deve dunque individuare le condizioni per la trasmissione del moto e delle forze e insieme occorre considerare le caratteristiche geometriche e tecnologiche dei vari organi per garantirne la resistenza. L'aspetto energetico implica, nelle trasmissioni meccaniche, la ricerca delle condizioni per rendere minime le dissipazioni e massimo il rendimento.



TRASMISSIONI: sono i meccanismi capaci di trasmettere la potenza tra due organi di macchina, uno motore e l'altro utilizzatore.



Indipendentemente da come viene realizzata la trasmissione, in essa sono presenti:

- una velocità angolare in entrata e in uscita: ω_m è legata alle caratteristiche del motore, ω_u a quelle dell'utilizzatore;
- una coppia motrice M_m fornita dal motore e una coppia resistente M_r opposta dall'utilizzatore.

E' da notare che **la coppia motrice è sempre concorde con ω_m , mentre la coppia resistente è sempre opposta a ω_u** . Il verso delle rotazioni dipende dal modo con cui la trasmissione è realizzata: ω_m e ω_u possono essere concordi o discordi tra loro.

Dal punto di vista cinematico, il parametro caratteristico della trasmissione è il RAPPORTO DI

TRASMISSIONE:
$$i = \frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{n_m}{n_u} \quad \text{per} \quad \begin{cases} i > 1 & \text{si ha una trasmissione con riduzione} \\ i = 1 & \text{si ha una trasmissione senza variazione} \\ i < 1 & \text{si ha una trasmissione con moltiplicazione} \end{cases}$$

RENDIMENTO MECCANICO DI UNA TRASMISSIONE: è il rapporto tra la potenza utilizzata (potenza utile) e la potenza fornita dal motore (potenza spesa).

$$\eta = \frac{P_u}{P_m} = \frac{M_r \cdot \omega_u}{M_m \cdot \omega_m}$$

In condizioni ideali (assenza di attriti) si ha: $M_m \cdot \omega_m = M_r \cdot \omega_u$

In condizioni reali (presenza di attriti) si ha: $M_m \cdot \omega_m \cdot \eta = M_r \cdot \omega_u$

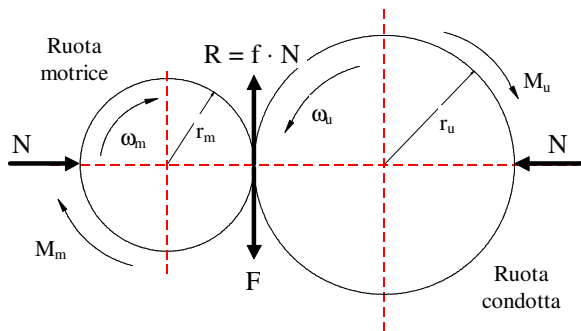
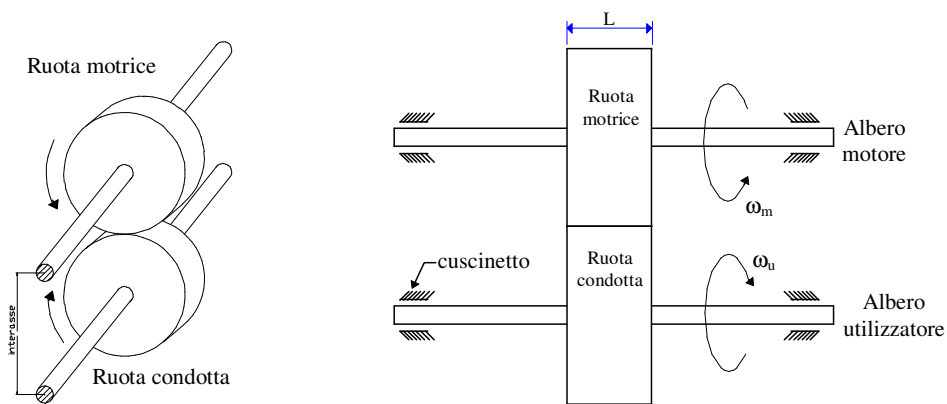
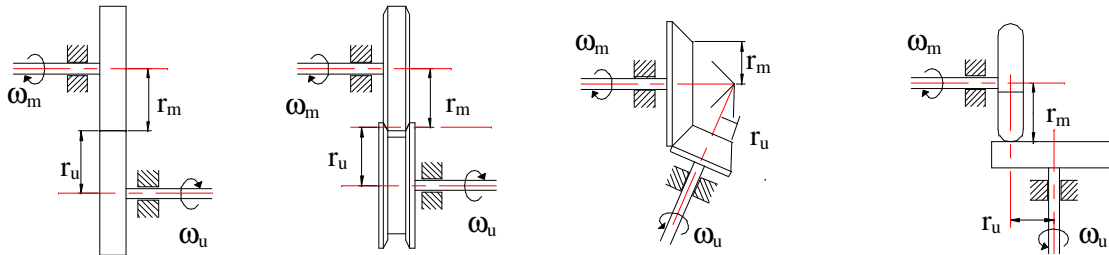
La trasmissione della potenza avviene generalmente tra due alberi sostenuti dai rispettivi cuscinetti; su ognuno degli alberi è calettata una ruota di frizione o una ruota dentata. Quando gli alberi sono distanti, la trasmissione della potenza avviene collegando le due pulegge calettate nei rispettivi alberi con una cinghia che può essere piatta o trapezoidale.

TRASMISSIONE DELLA POTENZA CON RUOTE DI FRIZIONE

E' una trasmissione che viene utilizzata per basse potenze ($4 \div 5$ kW) in quanto la trasmissione avviene a causa dell'aderenza che si manifesta nella zona di contatto delle due ruote. La forza premente N , detta forza di accoppiamento, non può essere molto grande perché causerebbe l'inflessione degli alberi su cui sono calettate le due ruote.

La distanza tra gli assi di rotazione dei due alberi si chiama INTERASSE.

Tipi di ruote di frizione



Forze in gioco nella trasmissione di potenza con ruote di frizione

$$\text{Interasse: } I = r_m + r_u$$

Nel funzionamento ideale (assenza di attriti) si ha:

$$M_m \cdot \omega_m = M_r \cdot \omega_u$$

cioè la potenza si conserva; pur variando le coppie e le velocità angolari delle ruote motrice e condotta, il loro prodotto rimane costante.

Nel funzionamento reale (presenza di attriti) si ha:

$$M_m \cdot \omega_m \cdot \eta = M_r \cdot \omega_u$$

dove η è il rendimento della trasmissione. Nel funzionamento reale si ha una perdita di potenza dovuta all'attrito di strisciamento sui perni e all'attrito volvente tra le due ruote.

Nella scelta dei materiali ci si trova di fronte a due esigenze contrastanti:

- la necessità di un'elevata aderenza consiglierebbe di ricorrere a materiali come la gomma o il cuoio che hanno un elevato coefficiente d'attrito;

- l'esigenza che i materiali a contatto sopportino le pressioni consiglia invece materiali metallici (ghisa, acciaio), in cui il valore del coefficiente d'attrito ha valori più bassi ($f = 0,10 \div 0,15$).

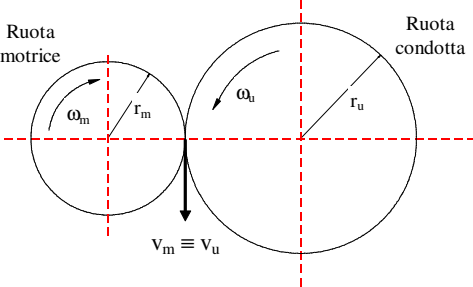
In ogni caso risultano limitate le potenze trasmissibili.

CONDIZIONE DI ADERENZA: durante il moto, affinché non si abbia slittamento fra le due ruote, la forza d'attrito R deve essere maggiore o uguale alla forza trasmessa F :

$$R \geq F \Rightarrow f \cdot N \geq F \quad \text{con } F = \frac{\text{momento motore}}{\text{raggio ruota motrice}} = \frac{M_m}{r_m}$$

$$M_m = \frac{9549 P}{n_m} \quad \text{con } \begin{cases} P \text{ (potenza) espressa in kW} \\ n_m \text{ espresso in } \frac{\text{giri}}{\text{min}} \end{cases}$$

CONDIZIONE CINEMATICA DI ADERENZA: durante il moto, affinché non si abbia slittamento fra le due ruote, le velocità periferiche (o tangenziali) delle ruote motrice e condotta devono essere uguali:



$$v_m = v_u \quad \text{ma si ha}$$

$$\left. \begin{aligned} v_m &= \omega_m \cdot r_m \\ v_u &= \omega_u \cdot r_u \end{aligned} \right\} \Rightarrow \omega_m \cdot r_m = \omega_u \cdot r_u \quad \text{da cui si calcola}$$

$$\frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{r_u}{r_m} = \frac{2 r_u}{2 r_m} = \frac{d_u}{d_m} \quad \text{quindi}$$

$$\frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{d_u}{d_m}$$

RAPPORTO DI TRASMISSIONE: è il rapporto tra la velocità angolare della ruota motrice e la velocità angolare della ruota condotta. Viene indicato con la lettera i .

$$i = \frac{\omega_m}{\omega_u} \quad \text{ricordando che } \begin{cases} \omega_m = \frac{2 \pi n_m}{60} \\ \omega_u = \frac{2 \pi n_u}{60} \end{cases} \Rightarrow i = \frac{2 \pi n_m}{2 \pi n_u} \quad \text{semplificando}$$

$$i = \frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{n_m}{n_u} \quad \text{o anche} \quad i = \frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{d_u}{d_m}$$

Quindi il rapporto di trasmissione si può esprimere anche come rapporto tra i numeri di giri delle ruote motrice e condotta o come rapporto tra i diametri della ruota condotta e della ruota motrice.

Quando è noto il rapporto di trasmissione, lo si utilizza per dimensionare i diametri delle ruote motrice e condotta. Se la ruota motrice è più grande di quella condotta si ottiene una trasmissione moltiplicatrice di velocità; in caso contrario si ha una trasmissione riduttrice di velocità.

DIMENSIONAMENTO: consiste nel calcolare la forza di accoppiamento e la larghezza delle ruote di frizione conoscendo come dati di partenza la potenza da trasmettere e il numero di giri (e quindi la velocità angolare) dell'albero motore; per il calcolo dei diametri si utilizza il rapporto di trasmissione.

Dal valore della potenza P in kW e dal numero di giri dell'albero motore si risale al momento motore

$$M_m = \frac{9549 P}{n_m} \quad \text{con } \begin{cases} P \text{ (potenza) espressa in kW} \\ n_m \text{ espresso in } \frac{\text{giri}}{\text{min}} \end{cases} \quad \text{e da questo si calcola la forza trasmessa } F$$

$$F = \frac{M_m}{r_m}$$

Nota il coefficiente d'attrito tra i materiali delle due ruote e tenendo conto che per evitare lo slittamento bisogna maggiorare la condizione limite di aderenza, si pone:

$$f \cdot N \geq F \rightarrow f \cdot N = k \cdot F \quad \text{con } k = 1,5 \div 2 \quad \text{coefficiente di sicurezza allo slittamento}$$

da cui si calcola il valore della forza d'accoppiamento N: $N = \frac{k \cdot F}{f}$

Nota il valore di N si calcola la larghezza delle ruote L tramite una formula empirica:

$$L = \frac{N}{a} \quad \text{dove } a \text{ è un coefficiente che varia tra } 20 \text{ e } 40 \left[a = (20 \div 40) \frac{N}{\text{mm}} \right]$$

Se si conosce il rapporto di trasmissione $i = \frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{d_u}{d_m}$, fissato il valore del diametro della ruota motrice si calcola il diametro della ruota condotta.

ESERCIZIO

Dimensionare una coppia di ruote di frizione ad assi paralleli, distanti tra loro 300 mm. L'albero motore deve trasmettere una potenza di 2 kW ruotando a 600 giri/min. Il rapporto di trasmissione è uguale a 2 ed il coefficiente d'attrito tra le pulegge vale 0,2.

Il momento motore vale $M_m = \frac{9549 P}{n_m} = \frac{9549 \times 2 \text{ kW}}{600 \frac{\text{giri}}{\text{min}}} = 31,83 \text{ N} \cdot \text{m}$

Noti il rapporto di trasmissione e l'interasse si calcolano i raggi delle ruote motrice e condotta:

$$i = \frac{r_u}{r_m} = 2 \quad \Rightarrow \quad r_u = 2 r_m$$

$$I = r_m + r_u = 300 \text{ mm} \quad \text{combinando le due relazioni si ottiene}$$

$$\begin{cases} r_m + r_u = 300 \\ r_u = 2 r_m \end{cases} \xrightarrow{\text{risolvendo il sistema}} \begin{cases} r_m = 100 \text{ mm} \\ r_u = 200 \text{ mm} \end{cases}$$

La forza trasmessa F vale: $F = \frac{M_m}{r_m} = \frac{31,83 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,1 \text{ m}} = 318,3 \text{ N}$

Da cui si calcola il valore della forza d'accoppiamento $N = \frac{k \cdot F}{f} = \frac{1,5 \times 318,3 \text{ N}}{0,2} = 2387,25 \text{ N}$

avendo assunto $k = 1,5$.

Nota il valore di N si calcola la larghezza delle ruote L: (assumendo $a = 30 \text{ N/mm}$)

$$L = \frac{N}{a} = \frac{2387,25 \text{ N}}{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}}} = 79,57 \text{ mm} \quad \text{che si approssima a } 80 \text{ mm}$$