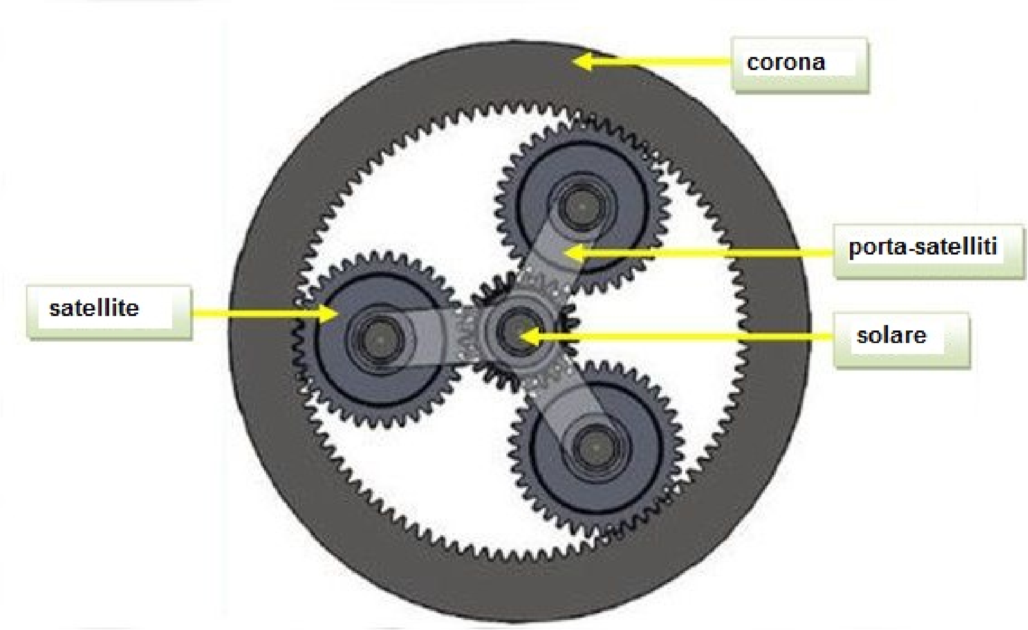
Riduttore epicicloidale: progettazione e dimensionamento



In questo articolo portiamo un esempio di dimensionamento per un riduttore epicicloidale come riportato nell'articolo progetto di un riduttore epicicloidale nell'ipotesi che il riduttore sia collegato all'albero in ingresso ad un motore asincrono in corrente alternata trifase a 4 poli.

Calcolo velocità e coppia del motore

Calcoliamo il numero di giri per una frequenza di rete di 50Hz, per primo calcoliamo il numero di coppie di poli per fase:

Numero coppie poli per fase = numero poli / 2

Subito dopo calcoliamo il numero di giri nominale:

$Nn = 60 \cdot (f / ncpf) = 60 \cdot (50 / 2) = 1500$ [rpm]

La velocità del rotore a pieno carico in condizioni nominali è sempre minore di circa il 3-6% – fenomeno dello scorrimento elettrico – la velocità di rotazione effettiva del rotore diventa circa 1450 [rpm]. Questa è la velocità di riferimento normalmente utilizzata per i motori a 4 poli.

$Nm = 1450$ [rpm] $= 2 \cdot \pi \cdot 1450 / 60 = 149$ [rad/s]

Ipotizzando una potenza del motore elettrico pari a 2 kW è possibile calcolare la coppia in ingresso al riduttore:

M_1 = Potenza / Nm = 2000 / 149 = 13,42 [Nm].

Per completezza teniamo in conto gli effetti dovuti alle masse in rotazione lato albero in ingresso introducendo il ka detto fattore dinamico di sovraccarico, in prima approssimazione è funzione solo della massima velocità periferica della ruota dentata calcolata in corrispondenza della circonferenza primitiva. Per semplicità ipotizziamo:

ka = 1,5

valido per ingranaggi e condizioni di funzionamento "ordinarie".

La coppia effettiva risulta quindi pari a:

$M_{eff} = M_1 \cdot ka = 13{,}42 \cdot 1{,}5 = 20.13$ [Nm] = 201300 [Nmm].

Calcolo rapporto di riduzione

Ipotizziamo che il numero di giri in uscita sia paria a 200 [rpm] pertanto il rapporto di riduzione risulta essere:

i = 200 / 1450 = 0,138.

La coppia disponibile sull'albero in uscita è quindi a meno delle inerzie del riduttore pari a 20.13 / 0.138 = 145.87 [Nm].

Calcolo numero denti del solare

Il solare che è solidale all'albero in ingresso gira a 1450 [rpm] con una coppia di 20.13 [N/m], il passo successivo è calcolare il modulo ed il numero di denti del solare. Ricordando che il numero minimo di denti di una ruota a denti dritti con angolo di pressione 20° è calcolabile mediante il modello pignone cremagliera, risulta che:

$Z_{min} = 17$

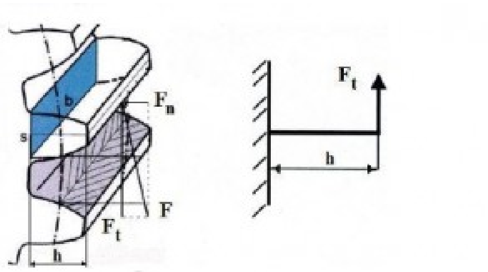
che adottiamo secondo il criterio di ottimizzare costi e dimensioni.

Calcolo modulo dentatura

Per proporzionare i denti della ruota ci sono due metodi:

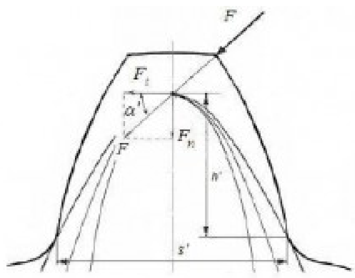
1. Metodo di REULEAU· che calcola il dente considerandolo come una trave incastrata di lunghezza h e di sezione rettangolare pari a s · b soggetta alla forza periferica Ft applicata sullo spigolo del dente in corrispondenza del diametro di troncatura esterna.
2. Metodo di LEWIS è sempre un calcolo a flessione. La differenza da Reuleaux è il punto di applicazione della forza tangenziale Ft che adesso è il punto dove la retta di pressione interseca l'asse del dente. La forza quindi agisce ad una distanza minore dell'altezza del dente che diviene un solido di profilo parabolico con sezione resistente di base di dimensioni $b = \lambda \cdot m$ dove m = larghezza del dente.

Per dimensionare il dente di seguito ipotizziamo:



- acciaio da cementazione con una σ adm = 200 N/mm^2,
- λ = b / m = 10.

Il calcolo è iterativo poiché la velocità periferica dipende dal modulo e reciproco pertanto dovremo trovare la convergenza dei valori con il seguente procedimento:



vpsol = ωsol · dsol / 2 = ωsol · m · zsol / 2

ωsol = 1450 [rpm] = 1450 · 2 · π / 60 = 151.75 [rad/s]

m = √ [(10.9 · Meff / n° satelliti) / (λ · kd · vpsol)]

kd = σ adm · (3 / (3 + vpsol)).

Il modulo risultante dal calcolo è 1,63767 [mm] che chiaramente non esiste, adottiamo quindi il modulo 2 [mm] che risulta essere quello subito maggiore. Il modulo calcolato vale per tutti gli elementi ingranati tra loro ovvero solare, satelliti e corona. Per il calcolo di numero denti satelliti e corona utilizziamo per semplicità il profilo normale non corretto.

Calcolo numero denti satelliti e corona

Per determinare il numero di denti della corona e dei satelliti utilizziamo le relazioni costitutive, che sono:

i = Zsol / (Zsol + Zco)

Zsol = 17, i = 0,138 da cui sostituendo:

Zco = (17 / 0.1.38) – 17 = 123.2 – 17 = 106.2 = 105

La condizione di montaggio deve essere un numero intero, pertanto:

(Zsol + Zco) / n° satelliti = (105 + 17) / 3 = 40,67 che è molto vicino a 41 e pertanto soddisfa.

Calcolo del numero denti satellite con la relazione:

Zco = Zsol + 2 · Zsa

che sostituendo i valori sostituendo Zco = 105 e Zsol = 17 diviene

105 = 17 + 2 * Zsa da cui

Zsa = (105 -17) / 2 = 44

Calcolo rapporto di riduzione reale Gli arrotondamenti sopra introdotti comportano una modifica al rapporto di riduzione richiesto che è calcolato come numero di giri i = 200 / 1450 = 0,138. Calcolando il rapporto di riduzione con le equazioni costitutive il calcolo porge:

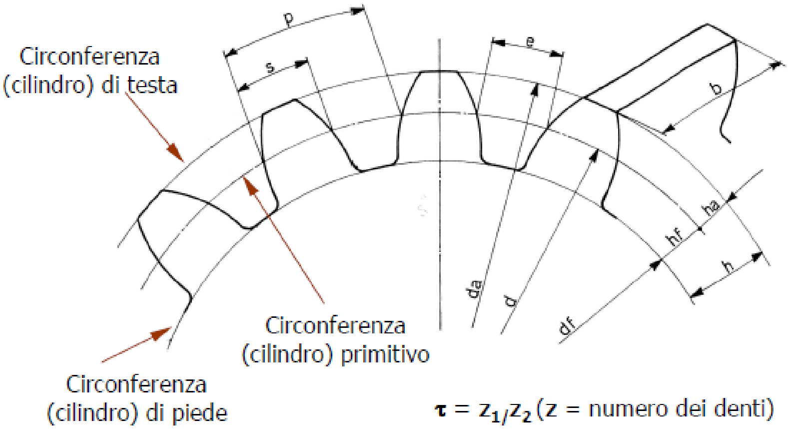
i = Zsol / (Zsol + Zco) = 17 / (17 + 105) = 0.139.

Che deve essere commisurato al grado di precisione richiesto. Nel nostro caso la differenza percentuale è minima e ottima per applicazioni industriali normali.

Interferenza tra le dentature

Il modulo della dentatura è pari a 2 mm che corrisponde all'addendum del dente (2mm) mentre i dedendum è 2.5mm per tutte le ruote. Lo stesso vale per la lunghezza minima fascia del dente che è pari a 30 mm. Per i restanti dati riportiamo un sunto schematico:

Solare / Satellite / Corona



n° denti	17 / 25 / 67
diametro primitivo [mm]	34 / 50 / 134
diametro di fondo [mm]	29 / 45 / 129
diametro di troncatura dente [mm]	38 / 54 / 138

Tra solare e satellite possiamo escludere la presenza di interferenza poiché si tratta di dentature esterne calcolate secondo i criteri di dimensionamento normalizzati. Per quanto riguarda invece le possibili interferenze tra satellite e corona non possiamo darla per scontata poiché si tratta di dentatura interna. Pertanto una verifica è da ritenersi necessaria specie nella fase di entrata del dente del pignone satellite nel vano del dente della corona. La verifica è geometrica e consiste nel verificare che il raggio di troncatura della corona sia superiore alla distanza tra il centro della corona e il punto in cui la retta d'azione è tangente al cerchio di base del satellite. Se ciò non avviene la base del dente del satellite interferisce con la testa del dente della corona.

Raggio di troncatura dente corona = 138 / 2 = 69 mm.

Raggio primitivo corona · sen 20° = 134 /2 · sen 20° = 22.91 mm

Raggio primitivo satellite · sen 20° = 50 /2 · sen 20° = 8.55 mm

Raggio primitivo corona · cos 20° = 134 /2 · cos 20° = 62.96 mm

Distanza centro corona e punto tangenza corona/satellite = $\sqrt{[(22.91 - 8.55)^2 + 62.96^2]}$ = 64.58 mm < 69 mm

La condizione è verificata.

CONTATTACI

- Via Mattina, 5 – 25030 Erbusco BS
- +39 030 7701302
- info@industrial-ideas.com
-

E-MAIL

Per qualsiasi richiesta puoi contattarci a questo indirizzo di posta elettronica:
info@industrial-ideas.com