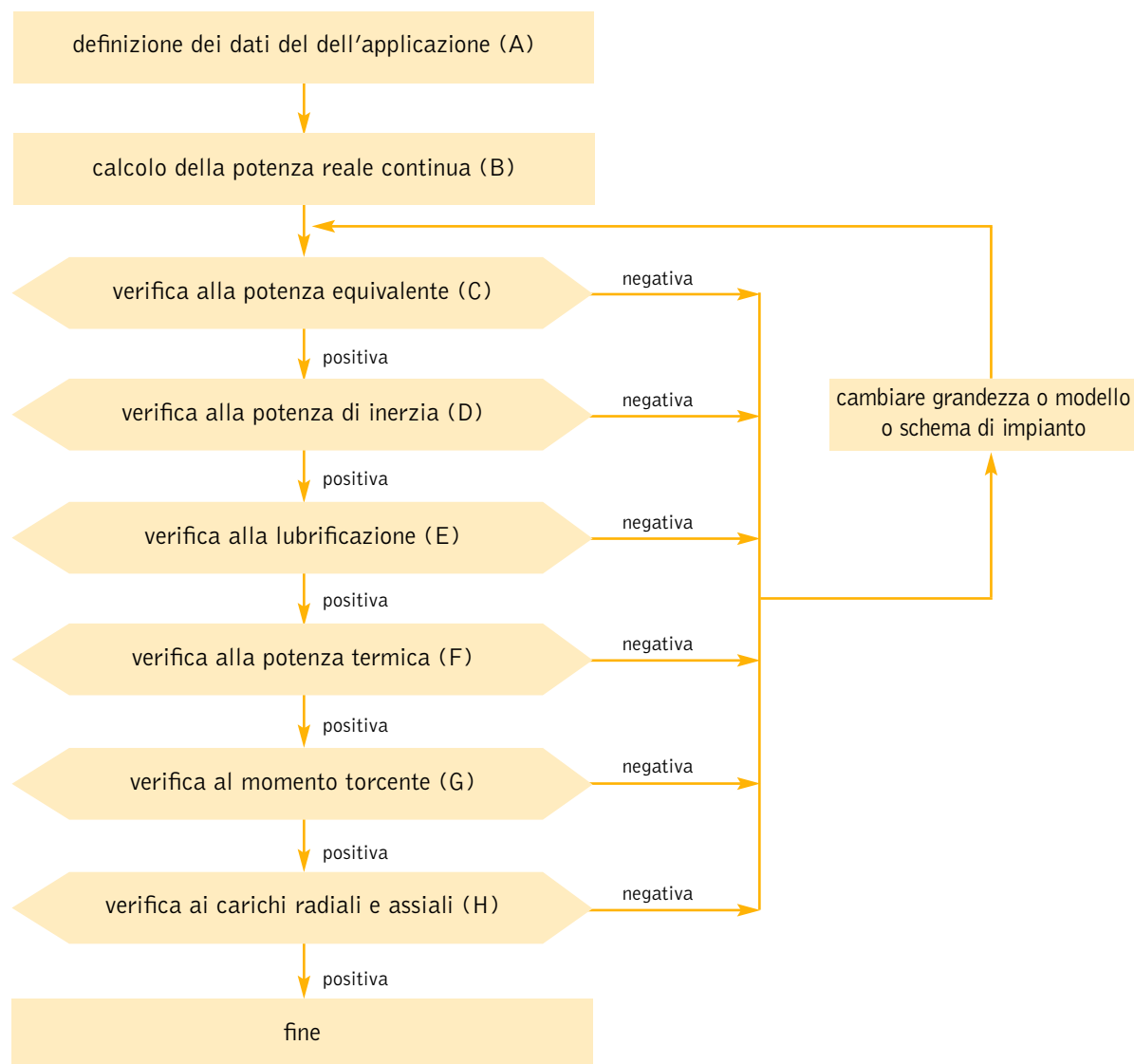


DIMENSIONAMENTO DEL RINVIO ANGOLARE

Per un corretto dimensionamento del rinvio angolare è necessario operare come segue:



A – I DATI DELL'APPLICAZIONE

Per un corretto dimensionamento dei rinvii angolari è necessario individuare i dati del problema:

POTENZA, MOMENTO TORCENTE E VELOCITÀ DI ROTAZIONE = Una potenza P [kW] è definita come il prodotto tra momento torcente M_t [daNm] e la velocità di rotazione ω [rpm]. La potenza in ingresso (P_i) è pari alla somma tra la potenza in uscita (P_u) e la potenza dissipata in calore (P_d). Il rapporto tra potenza in uscita e potenza in ingresso è definito rendimento η della trasmissione.

La velocità di rotazione dell'albero lento ω_L è pari alla velocità di rotazione dell'albero veloce ω_v moltiplicata per il rapporto di riduzione i (inteso come frazione). Di seguito sono riportate alcune formule utili che collegano le variabili di cui sopra.

$$P_v = \frac{M_{tv} \cdot \omega_v}{955} \quad P_L = \frac{M_{tL} \cdot \omega_L}{955} \quad \omega_L = \omega_v \cdot i \quad P_i = P_u + P_d = \frac{P_u}{\eta}$$

VARIABILI DI AMBIENTE = Sono valori che identificano l'ambiente e le condizioni in cui opera il rinvio. Le principali sono: temperatura, fattori ossidanti o corrosivi, tempi di lavoro e di fermo, cicli di lavoro, vibrazioni, manutenzione e pulizia, frequenza di inserzioni, vita utile prevista, etc.

STRUTTURA DELL'IMPIANTO = Esistono infiniti modi di trasferire il moto tramite rinvii angolari. Avere un'idea chiara sullo schema di impianto consente di identificare correttamente i flussi di potenza dello stesso.

B – LA POTENZA REALE CONTINUA

Il primo passaggio per il dimensionamento di un rinvio è il calcolo della potenza reale continua. L'utilizzatore, per mezzo delle formule riportate al punto A, deve calcolare la potenza in ingresso P_i in funzione dei parametri di progetto. È possibile adottare due criteri di calcolo: utilizzando i parametri medi calcolati su un periodo significativo o adottando i parametri massimi. È chiaro che il secondo metodo (detto del caso pessimo) è più cautelativo rispetto a quello del caso medio ed è consigliabile quando si necessita di affidabilità e sicurezza.

C – LE TABELLE DI POTENZA E LA POTENZA EQUIVALENTE

Tutti i valori riportati dal catalogo sono riferiti ad un utilizzo in condizioni standard, cioè con temperatura pari a 20 °C e funzionamento regolare e senza urti per 8 ore di funzionamento al giorno. L'utilizzo in queste condizioni prevede una durata di 10'000 ore. Per condizioni applicative differenti è necessario calcolare la potenza equivalente P_e : essa è la potenza che bisognerebbe applicare in condizioni standard per avere gli stessi effetti di scambio termico e usura che il carico reale sortisce nelle reali condizioni di utilizzo.

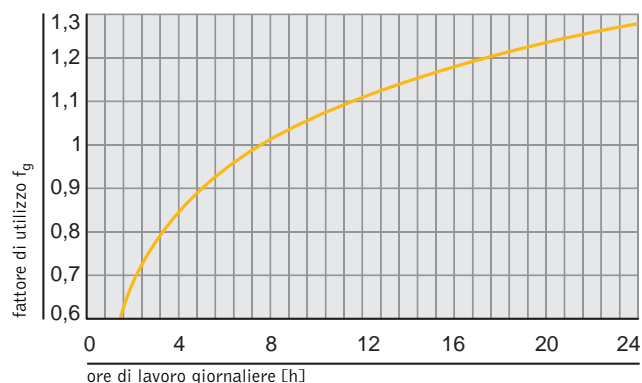
Pertanto è opportuno calcolare la potenza equivalente come da formula seguente:

$$P_e = P_i \cdot f_g \cdot f_a \cdot f_d$$

È da sottolineare che **la potenza equivalente non è la potenza richiesta dal rinvio**: è un indicatore che aiuta a scegliere la taglia più idonea per avere buoni requisiti di affidabilità. La potenza richiesta dall'applicazione è la potenza in ingresso P_i .

Il fattore di utilizzo f_g

Tramite l'utilizzo del grafico sottostante si può calcolare il fattore di utilizzo f_g in funzione delle ore lavorative su base giornaliera.



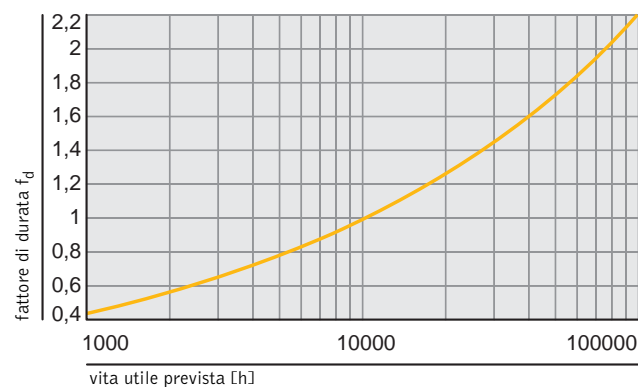
Il fattore di ambiente f_a

Tramite l'utilizzo della tabella sottostante si può calcolare il fattore f_a in funzione delle condizioni di esercizio.

Tipo di carico	Ore di lavoro giornaliere [h]:	3	8	24
Urti leggeri, poche inserzioni, movimenti regolari		0,8	1,0	1,2
Urti medi, frequenti inserzioni, movimenti regolari		1,0	1,2	1,5
Urti forti, alte inserzioni, movimenti irregolari		1,2	1,8	2,4

Il fattore di durata f_d

Il fattore di durata f_d si calcola in funzione della vita utile teorica prevista (espressa in ore).



Con il valore di potenza equivalente P_e e in funzione delle velocità angolari e del rapporto di riduzione, si può scegliere, sulle tabelle descrittive, la grandezza che presenta una potenza in ingresso maggiore di quella calcolata.

D – LA POTENZA DI INERZIA

In caso di presenza di accelerazioni e decelerazioni importanti è necessario procedere al calcolo della potenza di inerzia P_J . Essa è la potenza necessaria a vincere le forze e coppie di inerzia che il sistema oppone se sottoposto a cambi di velocità. Per prima cosa è necessario che il progettista calcoli le inerzie del sistema a valle del rinvio J_v riducendole prima all'albero lento poi all'albero veloce. Dopodiché è necessario aggiungere l'inerzia del rinvio J_r , ricavabile dalle tabelle sottostanti valide per rinvii a due ingranaggi conici e ottenere l'inerzia totale J . Ricordiamo che l'unità di misura in cui si esprimono i momenti di inerzia è il $[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$.

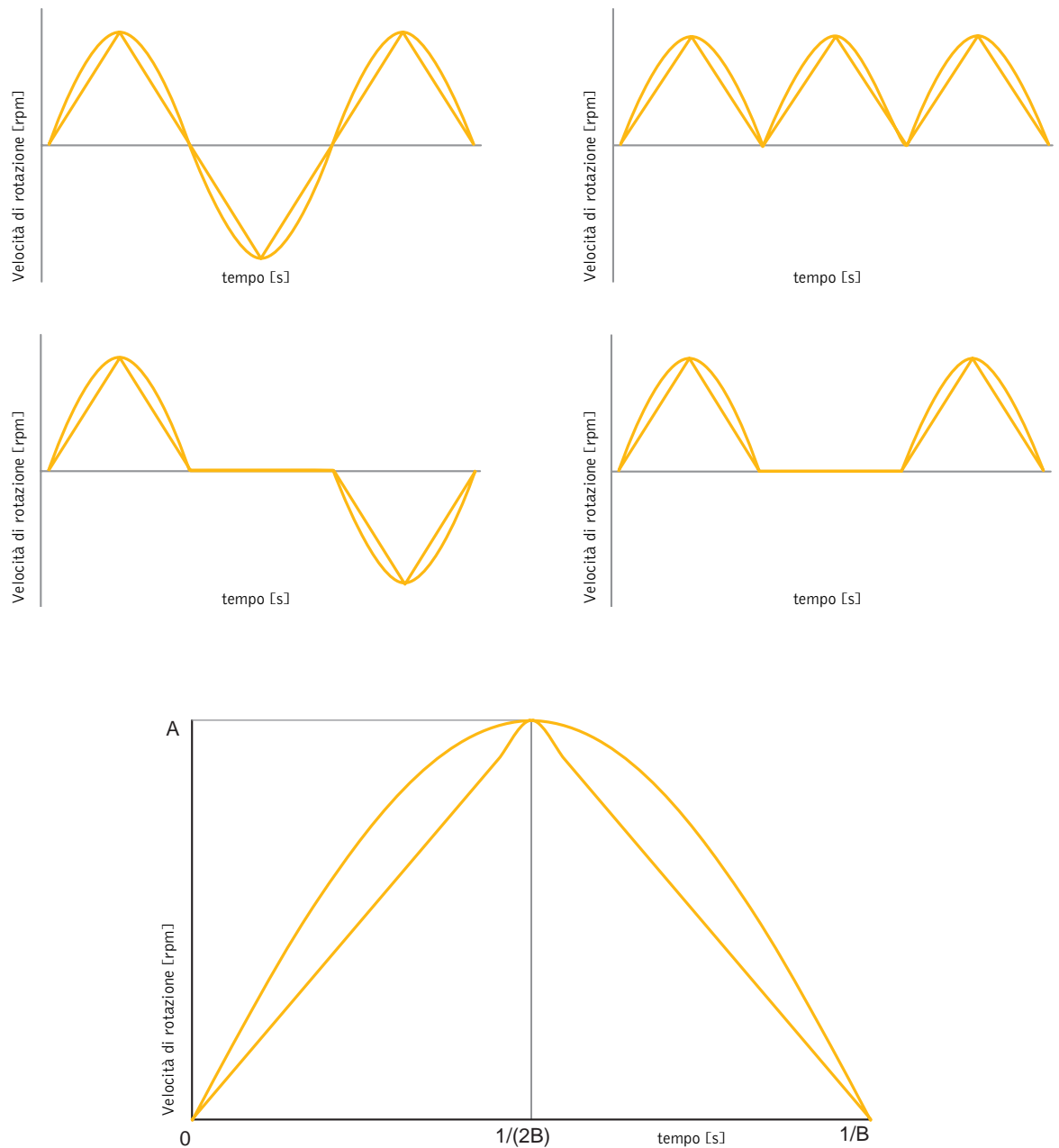
Grandezza	Modello		Rapporto di riduzione				
			1/1	1/1,5	1/2	1/3	1/4
54	RC RB RA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,000133	0,000049	0,000026	0,000014	0,000010
	RS RX	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,000134	0,000050	0,000027	0,000016	0,000011
86	RC RR RB RA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,000334	0,000122	0,000066	0,000034	0,000024
	RS RP RX RZ RM	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,000366	0,000136	0,000074	0,000037	0,000026
110	RC RR RB RA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,000733	0,000270	0,000151	0,000081	0,000059
	RS RP RX RZ RM	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,000798	0,000299	0,000168	0,000089	0,000063
134	RC RR RB RA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,002440	0,000887	0,000497	0,000267	0,000197
	RS RP RX RZ RM	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,002593	0,000955	0,000535	0,000284	0,000207
166	RC RR RB RA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,010363	0,003609	0,001928	0,000924	0,000618
	RS RP RX RZ RM	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,011171	0,003968	0,002130	0,001013	0,000669
200	RC RR RB RA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,024061	0,009037	0,004728	0,002325	0,001576
	RS RP RX RZ RM	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,026254	0,010012	0,005276	0,002669	0,001713
250	RC RR RB RA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,083743	0,029423	0,015813	0,007811	0,005348
	RS RP RX RZ RM	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,091467	0,032856	0,017744	0,008669	0,005831
350	RC RR RB RA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,740939	0,255341	0,135607	0,060030	0,034340
	RS RP RX RZ RM	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,755302	0,261725	0,139198	0,061626	0,035238
500	RC RR RB RA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	1,704159	0,587284	0,311896	0,138069	0,078982
	RS RP RX RZ RM	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	1,737194	0,601967	0,320155	0,141739	0,081047

Grandezza	Modello		Rapporto di riduzione					
			1/2	1/3	1/4,5	1/6	1/9	1/12
32	REC REB	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	-	-	0,003457	0,003067	0,002837	0,002767
	REA RES	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	-	-	0,003525	0,003105	0,002854	0,002777
	RHC RHB RHA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,006230	0,005010	-	-	-	-
	RHS	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,006459	0,005163	0,003525	-	-	-
42	REC REB	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	-	-	0,014292	0,012611	0,011607	0,011301
	REA RES	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	-	-	0,014651	0,012813	0,011696	0,011352
	RHC RHB RHA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,26227	0,021046	-	-	-	-
	RHS	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,027439	0,021854	0,014651	-	-	-
55	REC REB	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	-	-	0,029678	0,025369	0,022966	0,022217
	REA RES	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	-	-	0,030653	0,025917	0,023310	0,022354
	RHC RHB RHA	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,056732	0,044702	-	-	-	-
	RHS	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$	0,060022	0,046895	0,030653	-	-	-

Dette ω_v la velocità di rotazione dell'albero veloce e α_v l'accelerazione angolare dell'albero veloce, la coppia di inerzia che è necessario vincere è pari a $J \cdot \alpha_v$ e la rispettiva potenza d'inerzia P_J è uguale a $J \cdot \omega_v \cdot \alpha_v$. Nel caso in cui l'andamento temporale della velocità dell'albero veloce ω_v sia riconducibile a uno dei quattro schemi di cui sotto, lineari o sinusoidali, dove A è la velocità massima in [rpm] e B è la frequenza del ciclo in [Hz], si può semplificare il calcolo della potenza d'inerzia in [kW] individuando i parametri A e B e calcolando:

$$P_J = \frac{2 \cdot J \cdot A^2 \cdot B}{91188}$$

La potenza P_J deve essere sommata alla potenza equivalente P_e e deve essere condotta una verifica sulla correttezza della taglia scelta sulle tabelle descrittive. In caso contrario è bene cambiare grandezza e ricondurre le verifiche.



E – LA LUBRIFICAZIONE

Dopo un primo dimensionamento a potenza è bene verificare se sia sufficiente la sola lubrificazione a sbattimento o se sia necessario un sistema di lubrificazione forzata. È quindi opportuno valutare, mediante il grafico riportato nel paragrafo "lubrificazione", se la velocità angolare media dell'albero veloce sia sotto o sopra il valore limite. In caso di velocità prossime al valore di confine è necessario contattare l'Ufficio Tecnico. In caso ci si trovi in lubrificazione forzata e si possa realizzare l'impianto, è opportuno calcolare la portata di lubrificante richiesta Q [l/min], noti la potenza in ingresso P_i [kW], il rendimento η , il calore specifico del lubrificante c_p [J/(kg·°C)], la temperatura ambiente t_a e la temperatura massima raggiungibile dal rinvio t_r [°C].

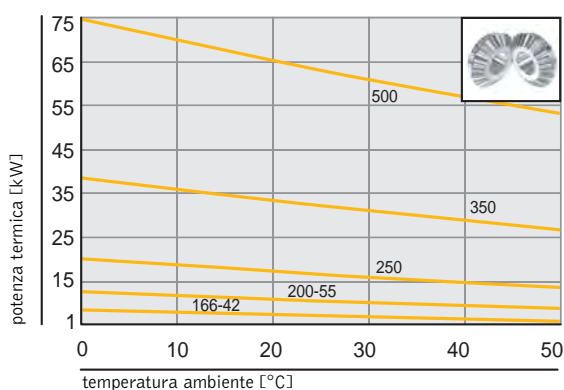
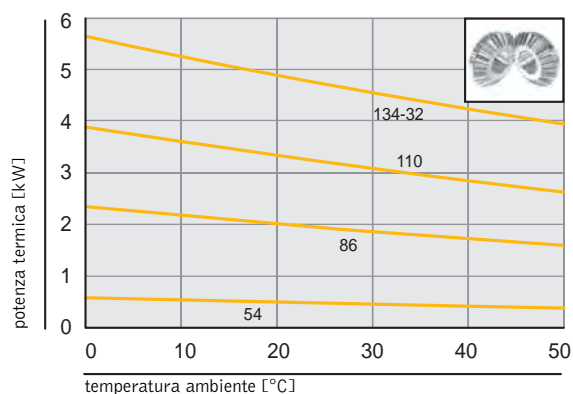
$$Q = \frac{67000 \cdot (1 - \eta) \cdot P_i}{c_p \cdot (t_r - t_a)}$$

In caso non si possa realizzare l'impianto di lubrificazione forzata è necessario cambiare grandezza.

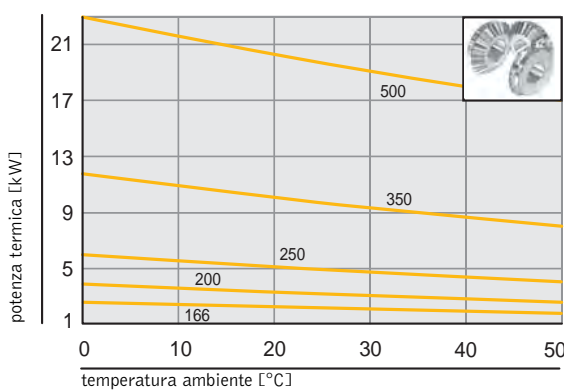
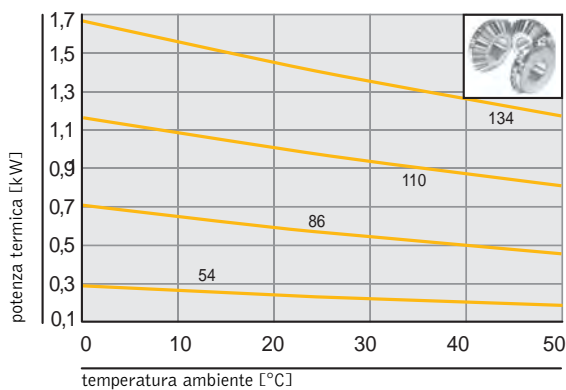
F – LA POTENZA TERMICA

Quando sulle tabelle descrittive i valori della potenza in ingresso si trovano nella zona colorata, significa che è necessario verificare la potenza termica. Questa grandezza, funzione della taglia del rinvio e della temperatura ambiente, indica la potenza in ingresso che stabilisce un equilibrio termico con l'ambiente alla temperatura superficiale del rinvio di 90° C. I grafici sottostanti riportano gli andamenti della potenza termica in caso di trasmissione a due o tre ingranaggi.

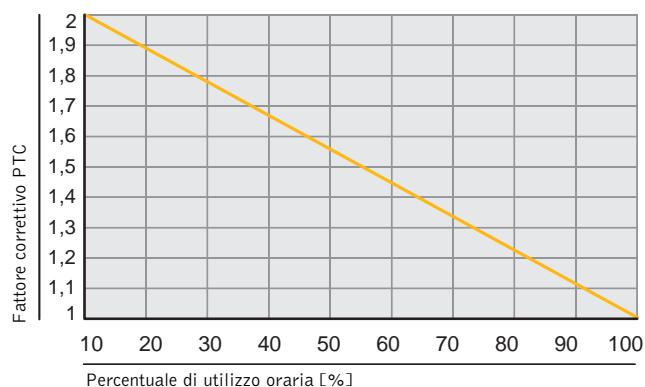
TRASMISSIONE A DUE INGRANAGGI



TRASMISSIONE A TRE INGRANAGGI



Nel caso in cui ci siano dei tempi di fermo nel funzionamento del rinvio, la potenza termica può essere aumentata di un fattore PTC ricavabile dal grafico sottostante, la cui ascissa è la percentuale di utilizzo riferita all'ora.



Nel caso in cui la potenza termica sia inferiore alla potenza richiesta P_i , è necessario cambiare la grandezza del rinvio o passare alla lubrificazione forzata. Per il calcolo della portata si veda il paragrafo E.

G – IL MOMENTO TORCENTE

Quando più rinvii sono montati in serie, come mostrato nei disegni sottostanti, è necessario verificare che il momento torcente riferito all'asse in comune non superi il valore riportato nella seguente tabella.

Modello	Grandezza	54	86	110	134	166	200	250	350	500	32	42	55
RC RA RB	[daNm]	4	9	18	32	77	174	391	1205	5392	-	-	-
RR RM RIS													
RS RP	[daNm]	13	32	41	77	214	391	807	1446	5387	-	-	-
RHA RHB RHC	[daNm]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	77	174
RHS (1/2 1/3)	[daNm]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77	214	391
RHS (1/4,5)	[daNm]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	77	174



H - I CARICHI RADIALI E ASSIALI

Come ultima operazione è bene verificare la resistenza del rinvio a fronte dei carichi assiali e radiali. I valori limite di tali carichi sono riportati nelle pagine 172-175. Se tale verifica non dovesse essere positiva è opportuno cambiare grandezza.