

# Sistema automatizzato di calcolo e dimensionamento di una trasmissione a cinghie trapezoidali

Marco Giacomello

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Il programma</b>	<b>2</b>
2.1	La normativa . . . . .	2
2.2	L'idea . . . . .	2
2.3	Le tabelle, i grafici e gli algoritmi . . . . .	3
2.3.1	Le tabelle . . . . .	4
2.3.2	I grafici . . . . .	4
2.3.3	Gli algoritmi . . . . .	5
<b>3</b>	<b>L'interfaccia grafica</b>	<b>6</b>
3.1	La finestra principale . . . . .	6
3.2	Il fattore di servizio . . . . .	8
3.3	i diametri primitivi . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Installazione e utilizzo del programma</b>	<b>9</b>
4.1	Installazione . . . . .	9
4.2	Utilizzo . . . . .	10
4.3	Avvertenze . . . . .	10

## 1 Introduzione

La progettazione di una trasmissione a cinghie, così come il dimensionamento di un albero e altri calcoli di meccanica applicata alle macchine, è una operazione lunga e complessa, che necessita di una particolare attenzione sia per la scelta di tutti i parametri necessari sia per il calcolo delle operazioni

matematiche anch'esse necessarie.

Non sempre nell'ufficio tecnico aziendale c'è il tempo necessario a calcolare e a progettare un suddetto sistema, con la possibilità di:

1. fare errori di calcolo;
2. operare scelte non ottimali a causa della fretta, dell'uso di manuali magari obsoleti, rovinati o quant'altro.

L'automazione d'ufficio, già presente ormai nell'amministrazione delle aziende, può venire in aiuto nella soluzione di questi problemi, con grandi vantaggi per le aziende stesse. Essa, nel momento in cui si sostituisce a schemi ripetitivi, può essere di aiuto a colui che, preparato e competente, deve efficacemente risolvere problemi di questo tipo senza perdere tempo in onerosi calcoli.

Allo stesso modo l'automazione è utile a chi, possedendo una minima base di conoscenze informatiche (ormai necessarie nel mondo della tecnologia) decide di realizzare da sé gli strumenti necessari al proprio lavoro, in modo efficiente e senza il dovere di acquistare programmi costosi e assetati di risorse (RAM, schede grafiche, memorie di massa e quant'altro).

## **2 Il programma**

### **2.1 La normativa**

La normativa definisce come *trapezoidale* (UNI 5264-85) ogni cinghia la cui sezione trasversale ha la forma di un trapezio isoscele, e la base minore della suddetta sezione è in contatto con le pulegge. E' il tipo di cinghia che a parità di condizioni garantisce la migliore aderenza alle pulegge.

Tutte i procedimenti e le formule per il calcolo di ogni cinghia di tipo trapezoidale sono riportati nella normativa UNI 8980-87. Tale normativa però utilizza coefficienti che per ogni specifico tipo di cinghia devono essere indicati dai fabbricanti.

Per rendere più agevole il procedimento di calcolo per il dimensionamento della trasmissione si fa allora riferimento alle normative UNI 8980 e UNI 5789-79 che non utilizzano i suddetti coefficienti.

### **2.2 L'idea**

L'idea del programma nasce osservando la ripetitività degli schemi che costituiscono il calcolo e il dimensionamento di una trasmissione a cinghie, ma

l'idea si può applicare a qualsiasi altra procedura di calcolo (alberi, ruote dentate etc. . .).

In questi schemi il perito o lo studente che utilizzando i manuali deve arrivare al risultato è obbligato a tenere a mente dati e vincoli iniziali, risultati di calcoli intermedi, con il rischio che nella fretta di arrivare al risultato commetta qualche errore.

L'idea è allora di creare un programma di calcolo che chieda all'utente gli inputs e i vincoli solo quando necessari, tenga sempre in memoria i risultati parziali o intermedi e svolga da solo la mole di calcolo con funzioni predefinite che l'utente non è obbligato a riscrivere.

L'apporto che con questo lavoro si vuole dare al procedimento è quindi quella di ridurre il più possibile l'intervento dell'operatore nel procedimento, in base all'assunto che ogni operazione umana comporta una probabilità di errore.

Tale programma segue fedelmente il procedimento di calcolo descritto nel *Manuale Cremonese di Meccanica Parte Specialistica - Vol IV*, pag 18-40 e segg. cercando di automatizzare tramite formule matematiche e algoritmi di calcolo tutto quello che non riguarda i dati di ingresso, ma che deve essere calcolato matematicamente o graficamente dall'utente.

## 2.3 Le tabelle, i grafici e gli algoritmi

L'analisi del dimensionamento di una trasmissione a cinghie ci permette di definire un procedimento di calcolo sequenziale che porta, dalle variabili in ingresso e tramite una serie di risultati intermedi, al risultato finale, la scelta univoca di un tipo di cinghia.

L'automazione di questo procedimento presenta grossi vantaggi, tra cui:

1. La possibilità di inserire a programma le tabelle, presenti nel *manuale*, che definiscono numericamente le relazioni tra due o più variabili;
2. La possibilità di trovare relazioni funzionali esplicite della forma

$$y = f(x, w, z), \quad \forall x \in A, \forall w \in B, \forall z \in C$$

(dove  $A$ ,  $B$  e  $C$  sono sottoinsiemi di  $R$ ) che possano sostituire con precisione i grafici del *manuale*.

3. Il vantaggio di tutti gli insiemi di opzioni a propri sottoinsiemi escludendo tutte le opzioni non verosimili o non accettabili su base logica. Tale base costituisce la logica dell'algoritmo di ottimizzazione.

### 2.3.1 Le tabelle

Le tabelle del *Manuale* (8.IV - Lunghezza cinghia  $L_P$ , 8.V - Fattore di servizio  $K_s$  (UNI 5790-66), 8.VI - Diametri primitivi (UNI 5266-89), 8.VII - Fattore di correzione  $K_b$  e 8.VIII - Fattore  $K_\theta$ ) sono state inserite nel programma come relazioni del tipo  $y = f(x)$ .

Un esempio è la scelta del fattore di correzione  $K_b$  in funzione del rapporto di trasmissione  $\tau$ , la tabella corrisponde a una funzione del tipo:

$$K_b(\tau) = \begin{cases} 1.00 & \text{se } 1.000 < \tau \leq 1.019 \\ 1.01 & \text{se } 1.020 < \tau \leq 1.032 \\ 1.02 & \text{se } 1.033 < \tau \leq 1.055 \\ 1.03 & \text{se } 1.056 < \tau \leq 1.081 \\ 1.04 & \text{se } 1.082 < \tau \leq 1.109 \\ 1.05 & \text{se } 1.110 < \tau \leq 1.142 \\ 1.06 & \text{se } 1.143 < \tau \leq 1.178 \\ 1.07 & \text{se } 1.179 < \tau \leq 1.222 \\ 1.08 & \text{se } 1.223 < \tau \leq 1.274 \\ 1.09 & \text{se } 1.275 < \tau \leq 1.340 \\ 1.10 & \text{se } 1.341 < \tau \leq 1.429 \\ 1.11 & \text{se } 1.430 < \tau \leq 1.562 \\ 1.12 & \text{se } 1.563 < \tau \leq 1.814 \\ 1.13 & \text{se } 1.815 < \tau \leq 2.948 \\ 1.14 & \text{se } 2.949 < \tau \end{cases}$$

### 2.3.2 I grafici

I due diagrammi del procedimento, rappresentati nelle Fig. 8.7 e Fig. 8.8 possono essere rappresentati tramite opportune trasformazioni degli assi, da funzioni matematiche.

Nei due grafici del caso in esame, adottando una opportuna trasformazione logaritmica delle due variabili del tipo

$$Y = \log(y),$$

si ottiene una linearizzazione della relazione tra le stesse.

Ad esempio il grafico di figura 8.8 che esprime la scelta del fattore di contatto  $K_L$  in funzione della lunghezza primitiva  $L_P$  e del tipo di cinghia

(Z, A, B, C, D, E) può essere espresso tramite la funzione:

$$K_L(L_P) = \begin{cases} 0.144 \frac{\log\left(\frac{L_P}{500}\right)}{\log(2)} + 0.8 & \text{se Tipo di cinghia} = Z \\ 0.145 \frac{\log\left(\frac{L_P}{500}\right)}{\log(2)} + 0.76186 & \text{se Tipo di cinghia} = A \\ 0.148 \frac{\log\left(\frac{L_P}{500}\right)}{\log(2)} + 0.586572 & \text{se Tipo di cinghia} = B \\ 0.153 \frac{\log\left(\frac{L_P}{500}\right)}{\log(2)} + 0.574325 & \text{se Tipo di cinghia} = C \\ 0.142 \frac{\log\left(\frac{L_P}{500}\right)}{\log(2)} + 0.49115 & \text{se Tipo di cinghia} = D \\ 0.152 \frac{\log\left(\frac{L_P}{500}\right)}{\log(2)} + 0.401 & \text{se Tipo di cinghia} = E \end{cases}$$

I coefficienti sono stati trovati in maniera empirica usando un righello preciso al  $\frac{1}{2}$  mm e misurando le intersezioni dei diagrammi con gli assi del grafico.

### 2.3.3 Gli algoritmi

La scelta della coppia di diametri primitivi per motrice e condotta viene razionalizzata.

Nel procedimento del *Manuale* l'utente deve scegliere il diametro primitivo della motrice più adatto tra i raccomandati, controllare che esista un diametro primitivo per la condotta tale da realizzare un rapporto di trasmissione soddisfacente per il tipo di cinghia, ed eventualmente ripetere questo iter fino a trovare la coppia di diametri che meglio soddisfa le condizioni di partenza, cioè che più si avvicina al rapporto di trasmissione teorico

$$\tau = \frac{\text{numero giri motrice}}{\text{numero giri condotta}}.$$

L'algoritmo del programma esegue invece i seguenti passi, facendo riferimento alla tabella 8.VI – *Diametri primitivi*:

1. esegue un ciclo di scansione di tutti i diametri disponibili della motrice per il dato tipo di cinghia;
2. per ogni diametro disponibile controlla se esiste un diametro della condotta tale che

$$\left( \frac{\text{diametro condotta}}{\text{diametro motrice}} - \frac{\text{n.ro giri motrice}}{\text{n.ro giri condotta}} \right) \leq \epsilon$$

dove  $\epsilon$  è un indice inversamente proporzionale alla precisione voluta;

3. se il diametro per la condotta esiste aggiunge la coppia (*diametro motrice, diametro condotta*) alla lista visualizzata dalla Figura 3, lista su cui viene effettuata la scelta.

L'algoritmo può essere ulteriormente evoluto con l'opzione di scelta della coppia migliore tramite un criterio di minimo, per esempio scegliendo la coppia (*diametro motrice, diametro condotta*) che minimizza la quantità

$$\left( \frac{\text{diametro condotta}}{\text{diametro motrice}} - \frac{\text{n.ro giri motrice}}{\text{n.ro giri condotta}} \right)$$

L'autore non ha inserito questo ulteriore passo per permettere all'utente la possibilità di scegliere tra le varie coppie quella che ritiene ottimale.

### 3 L'interfaccia grafica

Tutto questo viene reso disponibile all'utente con una interfaccia grafica molto facile da usare (figura 1), o come si dice in inglese, *user-friendly*, di tipo a finestre o *windows* e il più possibile facile da portare su computer diversi da quello in cui il programma è stato realizzato.

Il programma deve essere semplice da usare, intuitivo in modo da richiedere il meno possibile la stesura di manuali.

#### 3.1 La finestra principale

Una unica schermata contiene i campi di testo editabili, i risultati parziali, il risultato finale, il pulsante *Esci* per uscire dal programma e il pulsante *Ok* per elaborare le variabili di ingresso.

I campi di *input* obbligatori sono:

- la potenza;
- il numero di giri della motrice;
- il numero di giri della condotta.

Il campi facoltativi (o *vincoli*) sono:

- l'interasse massimo.

Tale finestra contiene nella parte superiore un menù a tendina che permette di scegliere (alla voce *Tabelle*), il fattore di servizio e le coppie di diametri disponibili.

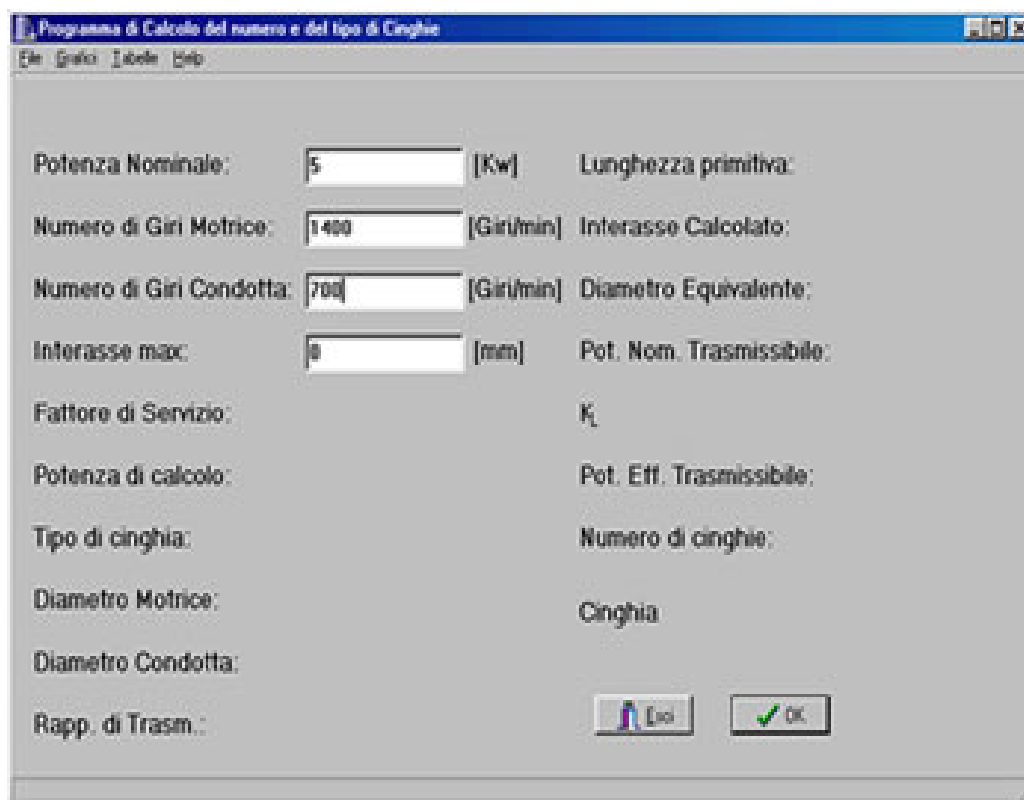


Figura 1: Finestra Principale

Tipo di macchina operatrice	Fattore di Servizio					
	Motori elettrici a corrente alternata a coppia di spunto normale, Motori elettrici a corrente continua ad eccitazione in derivazione, Motori termici			Motori elettrici a corrente alternata a coppia di spunto elevata, Motori elettrici a corrente continua ad eccitazione in compound		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Agitatori per liquidi, Aspiratori, Compressori centrifughi, Piccoli ventilatori, Pompe, Trasportatori a nastro	1.0 <input type="radio"/>	1.1 <input type="radio"/>	1.2 <input type="radio"/>	1.1 <input type="radio"/>	1.2 <input type="radio"/>	1.3 <input type="radio"/>
Gruppi generatori, Linee d'abete, Macchinario per lavandera, Macchinario per stampa, Macchine utensil, Presse, Taglierine, Trasportatori a nastro	1.1 <input type="radio"/>	1.2 <input type="radio"/>	1.3 <input checked="" type="radio"/>	1.2 <input type="radio"/>	1.3 <input type="radio"/>	1.4 <input type="radio"/>
Compressori a pistoni, Elevatori, Frantoi, Macchinario per cantiere, Macchinario per industria ceramica e dei laterizi, Macchinario per industria tessile, Pompe a pistone, Pompe per dragaggio, Trasportatori	1.2 <input type="radio"/>	1.3 <input type="radio"/>	1.4 <input type="radio"/>	1.4 <input type="radio"/>	1.5 <input type="radio"/>	1.6 <input type="radio"/>
Macchinario per industria della gomma, Molini a pale e a cilindri, Molazze	1.3 <input type="radio"/>	1.4 <input type="radio"/>	1.5 <input type="radio"/>	1.5 <input type="radio"/>	1.6 <input type="radio"/>	1.8 <input type="radio"/>

(1) Servizio intermittenente da 3 a 5 ore giornaliero o servizio stagionale  
(2) Servizio normale da 8 a 10 ore giornaliero  
(3) Servizio continuo da 16 a 24 ore giornaliero

OK

Figura 2: Fattore di servizio

### 3.2 Il fattore di servizio

Per scegliere il fattore di servizio dal precedente menù bisogna evidenziare la voce *Tabella/Tabella 8.V Fattore di servizio*.

In questo caso si apre una finestra molto simile alla tabella del *Manuale* (figura 2), in cui una serie di opzioni mutualmente escludentisi (*radiobutton*) permette facilmente di impostare il valore desiderato.

### 3.3 i diametri primitivi

La terza finestra (figura 3) si apre evidenziando la voce *Tabella/Tabella 8.VI Diametri primitivi*. In questa schermata vengono visualizzati tramite un apposito algoritmo solo le coppie (*diametro motrice – diametro condotta*) di diametri primitivi che soddisfano al rapporto di trasmissione impostato in ingresso. Le coppie sono scelte tra quelle raccomandate dal *Manuale* nella

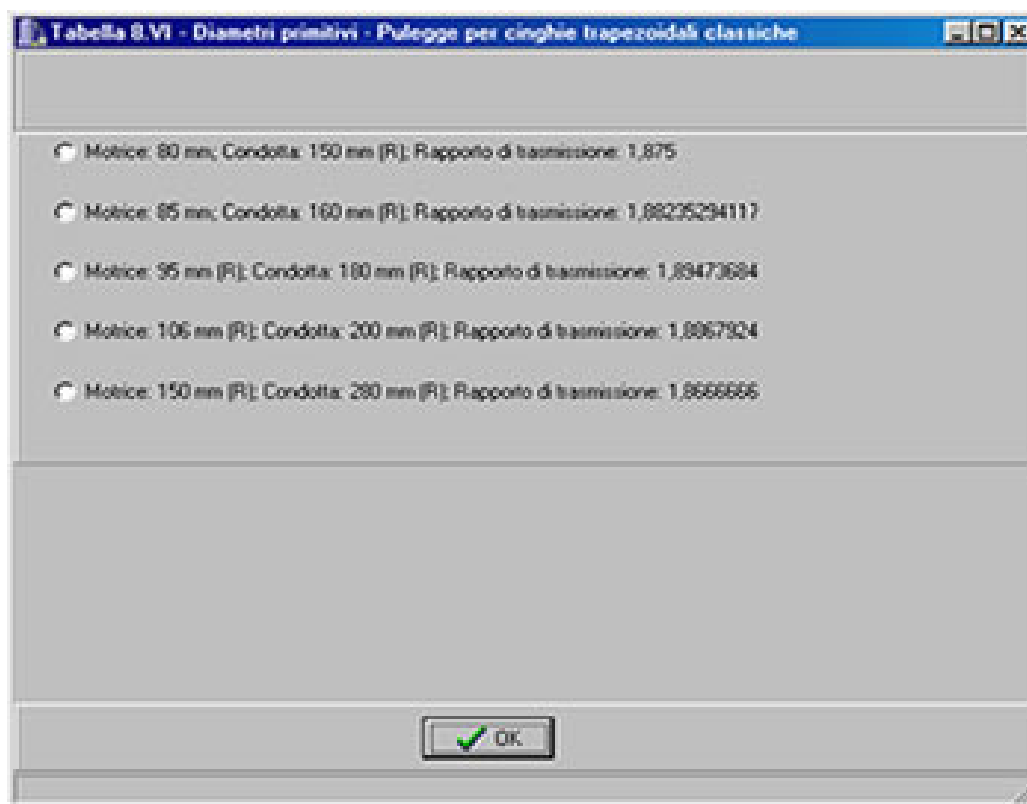


Figura 3: Diametri primitivi

Tabella 8.VI a pag.18-46.

E' da notare che il vettore di coppie di diametri mostrato sullo schermo viene costruito dinamicamente in base ai dati inseriti dall'utente. Se questi dati non sono verosimili o nessuna coppia soddisfa il vincolo sul rapporto di trasmissione  $\tau$  il programma non visualizza alcuna coppia.

Il vincolo sull'interasse inserito nella finestra principale permette di eliminare eventualmente alcune coppie.

## 4 Installazione e utilizzo del programma

### 4.1 Installazione

Per installare il programma occorre copiare il file *CalcoloCinghie.exe* dal dischetto alla propria cartella.

## 4.2 Utilizzo

Il programma è molto semplice da usare:

- Il programma si avvia eseguendo un doppio click con il mouse sull'icona del file;
- Una volta visibile la finestra di figura 1 bisogna digitare i valori di:
  - potenza;
  - numero di giri della ruota motrice;
  - numero di giri della ruota condotta.

Il valore dell'interasse massimo è opzionale, nel caso fosse digitato il programma esclude poi tutte quelle coppie di diametri che non stanno nell'interasse;

- Si visualizza il fattore di servizio alla voce del menù *Tabelle/Tabella 8.V Fattore di servizio*. Si imposta il valore desiderato con un click del mouse sul cerchietto bianco corrispondente e si ritorna alla finestra principale cliccando con il mouse sul pulsante *Ok*.
- Si clicca sul pulsante *Ok* della finestra principale affinché il programma calcoli il tipo di cinghia (Z, A, B, C, D, E) adatto ai valori di ingresso e la potenza di calcolo corretta  $P_c$ .
- Si visualizzano le coppie di diametri disponibili alla voce del menu *Tabelle/Tabella 8.VI Diametri primitivi*. Allo stesso modo del punto precedente si sceglie la coppia ritenuta migliore cliccando sul cerchietto bianco corrispondente e poi chiudendo la finestra (Se il pulsante *Ok* non appare si può agire sul pulsante di chiusura presente in alto a destra) e si torna alla finestra principale.
- Si esce dal programma cliccando il pulsante *Esci* della finestra principale o andando alla voce *File/Exit* del menù principale.

## 4.3 Avvertenze

La presente versione del programma è puramente dimostrativa e garantisce unicamente la correttezza del procedimento di calcolo e dimensionamento della trasmissione a cinghie.

Volutamente l'autore non ha implementato la gestione delle eccezioni sui

dati, la stampa e il salvataggio dei risultati, la guida in linea e le altre opzioni riservandosi di implementarle nel momento in cui il programma avrà destinazioni diverse dalla pura dimostrazione.

## Riferimenti bibliografici

- [1] AA.VV *Manuale Cremonese di meccanica - Parte Specialistica - Vol IV*, seconda edizione. Edizioni Cremonese 1999 **Cap.18 Pagg. 40-47**