

ISTRUZIONI D'IMPIEGO
del programma C R V = CUSCINETTI CARICHI VARIABILI

Indice:

- Finalità
- Simboli (Symbols)
- Quote
- Angoli
- Carichi
- Esempio

Il nome del programma richiama l'implementazione del precedente programma Cmf (Caso 1 seguente) alla possibilità di tabulare e diagrammare i carichi radiali variabili con l'angolo di applicazione, ammissibili per stabilita durata minima dei cuscinetti (Caso 2).

Come sempre, l'agilità del programma e la sicurezza dei risultati sono agevolate dalle convenzioni sul segno di diverse variabili, quali definite qui in dettaglio nei capitoli dei simboli, delle quote, degli angoli e dei carichi.

Ciò non pone alcun problema mnemonico: all'atto dell'input di ogni variabile algebrica, il programma offre un promemoria sintetico della convenzione.

Il programma è destinato a utenti di lingua italiana, ma le indicazioni essenziali e le definizioni dei simboli sono redatte anche in inglese.

FINALITA'
FINALITA' E CARATTERISTICHE

Caso 1) Tutti i carichi sono assegnati. Obiettivo: durata dei cuscinetti e calcolo dei momenti flettenti in sezioni prescelte

Oggetto fondamentale la durata dei cuscinetti portanti di rotolamento. Tuttavia si possono considerare anche i cuscinetti di strisciamento, per i quali vengono calcolati i carichi agenti.

Inoltre si possono determinare i momenti flettenti in sezioni scelte dal progettista.

Il calcolo considera carichi concentrati in mezzzeria delle rispettive zone: ciò è razionale, dato l'oggetto, e rende gli input e le modifiche molto più agili, rispetto ai programmi che determinano anche le deformazioni elastiche. Il momento flettente, se richiesto in un punto di carico, si ottiene a sinistra e a destra della sezione. Sarà cura dell'utente richiederlo anche, o invece, a monte e a valle del corpo caricato.

Il calcolo della durata dei cuscinetti segue le usuali indicazioni di catalogo.

Tuttavia, per quelli che sono soggetti anche a carico assiale, il programma esegue, in parallelo, la determinazione automatica dei centri di spinta secondo G. Castellani, Cuscinetti volventi per riduttori, Organi di trasmissione, Milano, n. 1/1979.

L'utilità di tale riscontro è che a volte porta a valutazioni più prudenti specie per campate strette, secondo il senso dei carichi e la disposizione dei cuscinetti. In ogni caso l'uscita, fianco a fianco, dei dati secondo i due criteri identifica la versione più prudente.

Eventuali fattori correttivi potranno ritoccare la durata, a valle del calcolo, secondo il criterio ISO o le indicazioni dei cataloghi.

Il programma non calcola la resistenza statica (il coefficiente di carico statico C_0 viene richiesto, nell'input, per i cuscinetti radiali rigidi a sfere, soltanto per la determinazione di Y_2). Ciò sia per motivi di agilità d'impiego, risparmiandosi gli input dei coefficienti X e Y statici, sia per motivi sostanziali, in quanto la natura diversa delle verifiche richiede anche di considerare carichi diversi.

Non sarebbe infatti sempre sufficiente introdurre nel calcolo coefficienti per i sovraccarichi occasionali, dato che a volte nelle condizioni di massimo carico muta anche il rapporto fra i carichi applicati all'albero.

Il programma offre peraltro gli elementi per il calcolo del carico statico equivalente, ossia i carichi F_r e F_a agenti sul cuscinetto. Secondo i casi, potrà bastare moltiplicare tali carichi per un coefficiente di sovraccarico, oppure, se cambia il rapporto tra i carichi applicati all'albero, si eseguirà nuovamente il programma introducendo i carichi massimi. (In tal caso non si darà peso alle indicazioni di durata, fittizie.) Infine si dedurrà il carico statico equivalente secondo le indicazioni di catalogo e lo si confronterà con il coefficiente di carico statico C_0 .

Caso 2) E' quello che dà il nome al programma. E' assegnata la durata. Su una o due posizioni, ad esempio a mezzo del tratto utile di una sporgenza d'albero, il programma calcola il carico ammissibile a seconda dell'angolo di applicazione.

Il programma CRV offre tutte le verifiche del su definito Caso (1) che equivale al precedente programma CMF ma, in più, permette nel Caso (2) di diagrammare o tabulare i carichi radiali ammissibili sulle sporgenze d'albero per una durata richiesta, variabili in funzione degli angoli di applicazione. A complemento della condizione di carico sono ovviamente considerati i carichi fissi esistenti.

Se si è esercitata l'opzione per "Carichi fissi e variabili" si ottengono i diagrammi dei carichi radiali ammissibili, per la durata prescritta in funzione dell'angolo di applicazione, in video o in stampa. Inoltre in stampa se ne ha automaticamente la tabulazione. Se in una o più posizioni angolari è impossibile ottenere la durata voluta, la tabella indica carico zero, mentre i diagrammi sono disabilitati.

In ambedue i casi lo schema grafico dell'albero viene premesso in video, e incorporato in stampa, nell'output dei dati.

SIMBOLI (SYMBOLS)
SIMBOLI, TERMINOLOGIA E CONVENZIONI
(Symbols, Terminology and Conventions)

I cuscinetti sono denominati: S a sinistra, T a destra -
Bearings are named: S at the left, T at the right.

L'asse dell'albero è z , positivo nel senso da S a T. Gli angoli dei carichi sono quelli della loro componente radiale. V. convenzioni ed esempio grafico. -
Shaft axis is z , positive in the direction from S towards T. Load angles refer to their radial component. See conventions and graphic example.

Nell'elenco seguente, i dati algebrici sono preceduti da " \pm " -
The indication " \pm " comes before algebraic data in following list.

I simboli seguenti sono dati nell'ordine di input o di output.
Following symbols are given in input or output order.

l : in ogni caso, Campata tra le **mezzerie dei cuscinetti** -
in any case, Span between **bearing middles**.

n : Giri/min - Revolutions per minute (r.p.m.).

$\pm Kz\text{-est}$: Carico coassiale esterno - External coaxial load.

$\pm k$: Distanza di un punto carico dalla mezzeria di S -
Distance of a loaded point from the middle of bearing S.

α_k [alfa_k]: Angolo della linea d'azione del carico radiale (senso: v. «Angoli») -
Angle of the action line of the radial load (direction: s. «Angoli»).

$\pm Mt$: Momento torcente - Torque.

dm' : Diametro primitivo di funzionamento di ruote dentate (medio se coniche) -
Operating pitch diameter of gears (mean diameter for bevel gears).

d' : Diametro primitivo di vite perpetua o di ruota a vite -
Pitch diameter of worm or worm gear.

α'_t [alfa_t']: Angolo di pressione trasversale di funzionamento di ruote dentate -
Transverse operating pressure angle of gears.

α_n [alfa_n]: Angolo di pressione normale di vite perpetua o ruota a vite -
Normal pressure angle of worm or worm gear.

$\pm \beta_m'$ [beta_m']: Angolo d'elica di funzionamento di ruote dentate (medio se coniche) -
Operating helix angle of gears (mean spiral angle for bevel gears).

$\pm \beta_m$ [beta_m]: Angolo d'elica medio di vite perpetua o ruota a vite -
Mean helix angle of worm or worm gear.

γ_m [gamma_m]: inclinazione d'elica media di vite perpetua - Mean lead angle of worm.

$\pm \delta$ [delta]: Angolo di semiconicità di ruote dentate coniche -
Pitch angle of bevel gears.

ETA : Rendimento d'ingranaggio a vite - Efficiency of worm gear pair.

$\pm K_r$, $\pm K_t$, $\pm K_a$: Componenti del carico (radiale, tangenziale, assiale) -
Load components (radial, tangential, axial).

dKa : Diametro di applicazione del carico assiale in caso d'input diretto -
Application diameter for axial load in case of direct input.

X1 , Y1 , X2 , Y2 : Coefficienti per il carico equivalente sui cuscinetti -
Coefficients for the equivalent load on bearings.

C : Coefficiente di carico dinamico - Dynamic load coefficient.

d : Diametro interno del cuscinetto - Internal bearing diameter.

Z : Coefficiente della mutua azione assiale tra cuscinetti obliqui -
Coefficient of mutual axial action of skew bearings.

cS , cT : Spostamento del centro di spinta dalla mezzeria del cuscinetto -
Shifting of the reaction centre of a bearing from its middle.

Fr : Carico radiale agente sul cuscinetto - Radial load on bearing.

$\pm \alpha_S$, α_T [alfa_S, alfa_T]: Angolo del carico radiale sul cuscinetto = angolo di contatto -
Angle of the radial load on bearing = contact angle.

$\pm K_z$: Carico assiale sul cuscinetto dovuto ai carichi applicati all'albero -
Axial load on bearing due to shaft loads.

Fa : Carico assiale totale sul cuscinetto (incluse azioni di cuscinetti obliqui)
 - Total axial load on bearing (including actions of skew bearings).

cS , cT : v. sopra - s. above.

$\pm \Delta l_S, \Delta l_T$ [Delta_l_S, Delta_l_T]:

Variatione di campata causata da cS o cT (+ : aumento di l) -
 Span variation due to cS or cT (+ : increase of l).

C0 : Coefficiente di carico statico - Static load coefficient.

Fq : Carico radiale equivalente - Equivalent radial load.

Lh : Durata in ore - Life in hours.

z : Ascissa assiale del punto ove si calcola il momento flettente -
 Axial abscissa of the point for bending moment rating.

$\pm M_{fxz}, \pm M_{fyz}$: Componenti del momento flettente nei piani xz , yz -
 Bending moment components in planes xz , yz .

Mf : Momento flettente - Bending moment.

QUOTE

CONVENZIONI SULLE QUOTE DEI PUNTI DI APPLICAZIONE DEI CARICHI

E' indifferente schematizzare l'albero così come è rappresentato nel disegno costruttivo o in senso opposto, ma la scelta, una volta fatta, è irrevocabile.

Chiamiamo S il cuscinetto a sinistra nello schema (v. «Esempio»),

T il cuscinetto a destra.

L'asse dell'albero è detto asse z , orientato da S verso T .

L'origine dell'asse z è la mezzeria del cuscinetto S, anche se non coincide con il centro di spinta. Ad esempio, per cuscinetti a rulli conici l'origine si trova a metà della larghezza totale d'ingombro. La posizione del centro di spinta viene identificata per mezzo della sua quota, cS o cT, v. «Simboli».

Ogni carico, usualmente ripartito su un certo tratto, agli effetti del calcolo per i cuscinetti viene considerato concentrato in mezzeria del rispettivo tratto (il che equivale a considerarlo uniformemente ripartito), e il punto di applicazione così stabilito viene individuato per mezzo della distanza k dalla mezzeria del cuscinetto S.

Pertanto è:

$k < 0$ se il carico è di sbalzo alla sinistra di S

$0 < k < 1$ se è tra i cuscinetti (l = campata, v. «Simboli»)

$k > 1$ se è di sbalzo alla destra di T .

Si introducono le quote k ordinatamente da sinistra a destra in senso z .

ANGOLI

CONVENZIONI SULLE POSIZIONI ANGOLARI DEI CARICHI

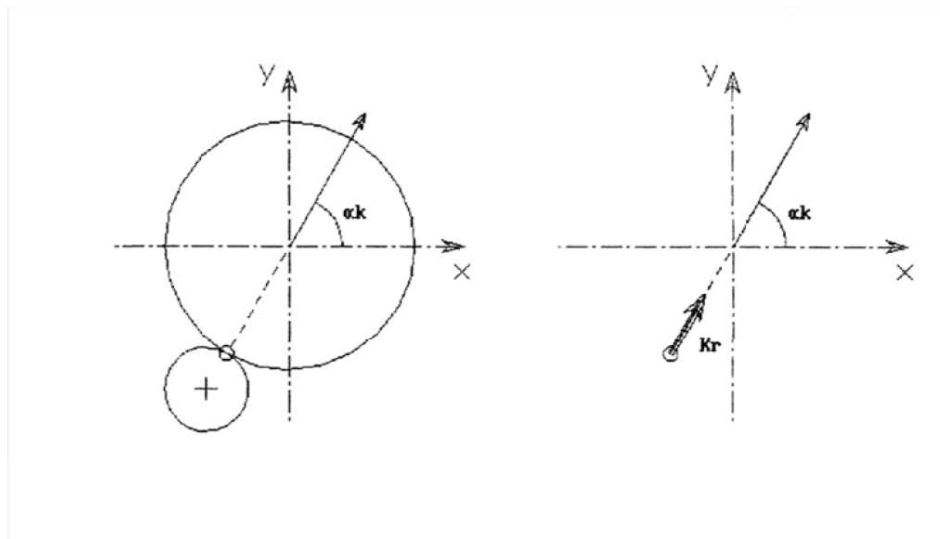
La posizione angolare di un carico viene definita in un sistema di assi x , y relativi alla sezione trasversale dell'albero (v. al titolo «Esempio», schema grafico).

L'asse che definisce l'angolo α_k del carico è orientato dall'effettivo punto di applicazione del carico, esterno all'albero, verso il centro del sistema.

Pertanto (v. anche «Carichi»): per ruote dentate e viti perpetue, tale asse coincide in direzione e verso con la componente radiale K_r , che risulta > 0 , mentre per ruote coniche spirali K_r può essere > 0 o < 0 .

Per carichi dovuti ad altre cause, nel caso frequente di semplici carichi radiali conviene individuare α_k per mezzo di un asse coincidente con K_r , che sarà assunta positiva.

Il grafico che segue esemplifica i due casi accennati. Si vedano tuttavia le convenzioni al titolo «Carichi», specie per i carichi generici con altre componenti che quella radiale.



CARICHI CONVENZIONI SUL SEGNO DELLE COMPONENTI

Ogni carico è identificato, nello spazio, dalla quota k (v. «Quote»), dall'angolo α_k (v. «Angoli») e dalle proprie componenti, radiale, tangenziale e assiale (K_r , K_t , K_a), in valore e segno. Si introducano quote e carichi nel loro ordine in senso z (v. «Esempio»).

Nel caso degli ingranaggi, il segno delle componenti viene ottenuto automaticamente per mezzo del segno degli stessi parametri che permettono di calcolarne l'intensità. Le convenzioni definite nelle presenti istruzioni sono riepilogate sinteticamente a programma alla domanda d'input. Tuttavia è utile leggere i chiarimenti qui di seguito.

I chiarimenti divengono indispensabili per carichi dovuti ad altre cause. Tuttavia, nel caso più frequente di semplici carichi radiali, può bastare quanto detto alla voce «Angoli» a proposito dell'angolo α_k .

Caso delle ruote dentate e convenzioni sul segno dei carichi

L'input dei carichi è completamente automatizzato per le ruote dentate cilindriche o coniche, per le viti perpetue e per le ruote a vite. (Il calcolo è lievemente approssimato per gli ingranaggi a vite - come del resto lo sarebbe il calcolo manuale - quando la ruota a vite è affetta da "spostamento di dentatura".)

Il calcolo dei carichi è basato sull' **input algebrico del momento torcente** agente sulla rispettiva ruota o vite. Definiti i cuscinetti "S" e "T", il segno dipende dalla combinazione del senso di rotazione (guardando nel senso dell'asse z dell'albero, da S verso T) e del carattere della ruota o della vite (motrice o condotta):

rotazione sinistra (+)	x	ruota motrice (+)	:	segno +
"	"	x	"	condotta (-) : segno -
rotazione destra (-)	x	ruota motrice (+)	:	segno -
"	"	x	"	condotta (-) : segno +

Consegue che la somma algebrica dei momenti torcenti deve essere zero, salvo nel caso di momenti di altra origine (ad esempio da o per un giunto). La convenzione è richiamata sinteticamente alla domanda d'input.

L'eventuale **angolo d'elica**, e l'**angolo primitivo delle ruote coniche**, sono pure algebrici e le convenzioni sono completamente precisate in occasione delle domande d'input. Concorrono a definire le tre componenti del carico in valore e segno.

Nel loro complesso, le convenzioni dette, oltre a risparmiare i calcoli preliminari e lo studio del senso delle componenti, permettono l'indagine sugli effetti del cambiamento del senso di rotazione e di quello dell'elica, mediante modifiche automatiche istantanee.

Caso dell'input diretto dei carichi

Per le ruote dentate si otterrebbero uguali risultati introducendo direttamente le componenti K_r , K_t , K_a , con le seguenti convenzioni:

- K_r è positiva se va dal punto di contatto primitivo verso il centro, quindi:
+ per ruote cilindriche o coniche a denti diritti, \pm per ruote coniche elicoidali
- K_t segue la stessa convenzione del momento torcente
- K_a è positiva se ha senso concorde con l'asse z , da S verso T.

Tuttavia l'input diretto dei carichi serve in pratica per casi diversi dalle ruote dentate. Le convenzioni sul segno sono legate al criterio che individua la posizione angolare del carico, α_k (v. «Angoli»):

- l'asse che individua l'angolo α_k è orientato dal punto di applicazione del carico verso il centro della sezione, come per le ruote dentate.

Se si hanno diversi punti di applicazione di forze in una stessa sezione, si introduce la stessa quota k con numero d'ordine crescente e diverso α_k .

Consegue:

- $K_r > 0$ se orientata verso il centro come l'asse che individua α_k .
- K_t segue la stessa convenzione del momento torcente delle ruote dentate. Notare che il tamburo di un freno interviene quale fittizio elemento "motore" in quanto riceve una forza K_t in senso contrario al moto.
- $K_a > 0$ se concorde con l'asse z (senso da S verso T). Nota: s'introduce una K_a se ha un braccio rispetto all'asse dell'albero; viene infatti richiesto il "diametro di applicazione" d_{Ka} . Una forza esterna coassiale all'albero viene invece introdotta preliminarmente quale " K_z -est", con la stessa convenzione sul segno.

E' frequente il caso delle trasmissioni a cinghie o a catena, per le quali si usa considerare "radiale" il carico complessivo, dato che del momento torcente si tien conto a parte. In tal caso si assume $K_r > 0$, ed è K_r che determina l'angolo α_k (v. «Angoli»), mentre $K_t = 0$, $K_a = 0$.

Non si considerano momenti flettenti esterni direttamente applicati all'albero, in quanto si tratta di una schematizzazione: in pratica simili momenti sono dovuti a forze, che si introdurranno nei debiti modi. Tuttavia, se si volesse, si potrebbe simulare un momento applicato in un punto introducendo due volte la stessa quota k , con angoli α_k diversi tra loro di 180° e forze assiali K_a uguali e contrarie, applicate con braccio d_{Ka} tale da generare il momento dato.

ESEMPIO GRAFICO PER QUOTE E ANGOLI

Supponiamo di avere un albero con lunghezza di campata l , quote k e angoli α_k dei carichi come segue:

$$l = 380$$

Punto carico n. 1: $k = -70$, $\alpha_k = -60^\circ$
 “ “ n. 2: $k = 140$, $\alpha_k = 120^\circ$
 “ “ n. 3: $k = 445$, $\alpha_k = 250^\circ$

Lo schema grafico risulta come segue:

