

## Analisi armonica FFT

Lo sviluppo in serie di Fourier applicato alla prova di rotolamento o ingranamento bifianco (Fourier Function Trasformation)

### Introduzione

L'analisi armonica FFT deriva dalla decomposizione di una funzione periodica  $f(x)$  in una somma infinita di funzioni  $\sin(kx)$ , e  $\cos(kx)$ . I singoli contributi vengono scomposti e ne viene analizzata l'influenza sulla funzione  $f(x)$ .

$k$  è l'indice della componente  $k$ -esima ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ).

Nel caso di ingranamento a due fianchi la funzione  $f(x)$  è l'interasse tra la ruota controllata e la ruota master.

A causa della natura fisica di questo controllo per ingranamento a due fianchi, possiamo supporre che gli scarti massimi (ampiezze) di alcune  $k$ -esime componenti armoniche saranno più marcati rispetto a quelli di altre ampiezze.

Questo tipo di analisi fornisce alcune indicazioni sulle possibili tipologie di non conformità e sulle loro cause. Tali indicazioni non sono normalmente rilevabili con una tipica prova di rotolamento, ma con strumenti per il controllo di ingranaggi di impegno, anche economico, molto più significativo.

FFT può quindi essere utilizzata da chi deve effettuare solamente una prova funzionale dell'ingranaggio (OEM), ma desidera anche fornire al proprio fornitore informazioni sulle possibili origini delle non conformità riscontrate.

Qui di seguito vengono analizzate le possibili configurazioni di una ruota con  $z=20$ .

**Grafico 1:** Rappresentazione della prima componente armonica significativa (dovuta principalmente al disassamento della ruota sulla ruota controllata).

**Grafico 2:** Presenza di più componenti armoniche nell'intervallo da 2 a 19, nel nostro caso 11. Ciò può essere dovuto ad un difetto locale del dente o alla presenza di impurità, oppure da errori locali di passo o dell'evolvente.

**Grafico 3:** Componenti armoniche significative sulla frequenza 20, 40 e 60, presenza di errori sistematici dei profili.

**Grafico 4:** Caso con componente armonica significativa superiore a 20 (nel nostro caso 67). Questa componente armonica indica la presenza di slittamento, vibrazione dell'utensile o errato allineamento della macchina utensile.

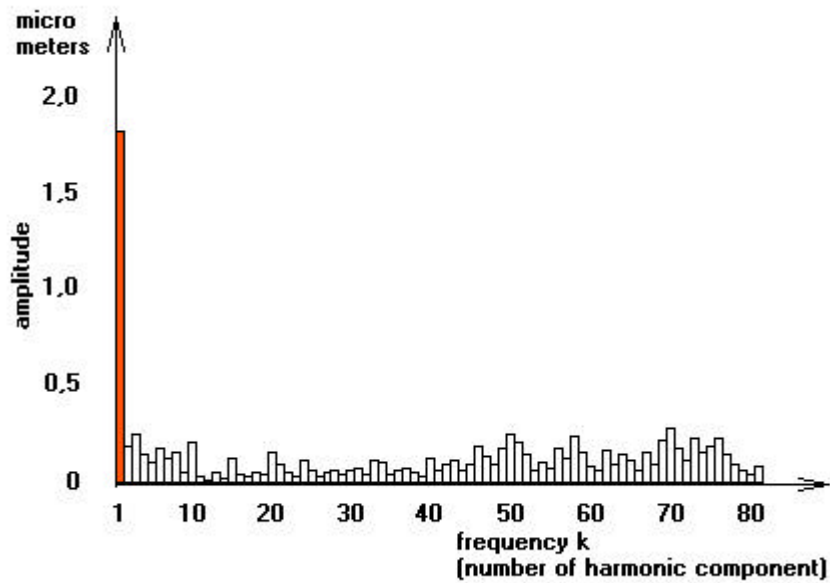


Grafico 1. Prima componente armonica significativa

- ☞ Questa situazione è dovuta ad un disassamento della ruota, che genera eccentricità.
- ☞ Altre possibili cause: errato montaggio del pezzo sulla macchina utensile o della ruota sull'ingranometro.

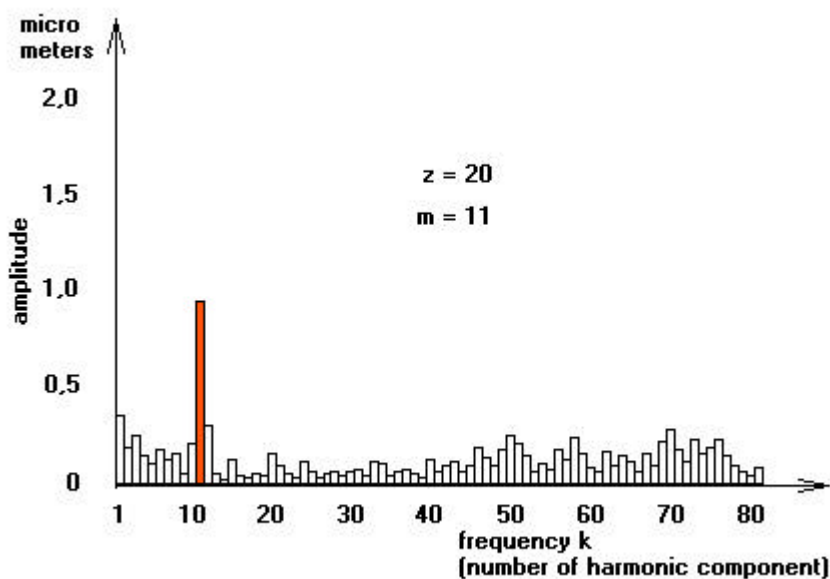


Grafico 2. La componente armonica 11 è significativa

Il grafico indica la presenza di una m-esima componente armonica significativa ( $1 < m < z$ )

- ☞ 1) nella maggior parte dei casi indica un danno locale dei denti o la presenza di impurità sul fondo dei denti;
- ☞ 2) in altri casi può indicare degli errori locali di passo e di profilo, causati da:
  - un errore di salto della dentatura o un errore di divisione sulla macchina;

Queste componenti armoniche contribuiscono all'eccentricità della ruota, occorre controllare i passi ed i profili su tutta la circonferenza della ruota dentata, utilizzando un evolventimetro.

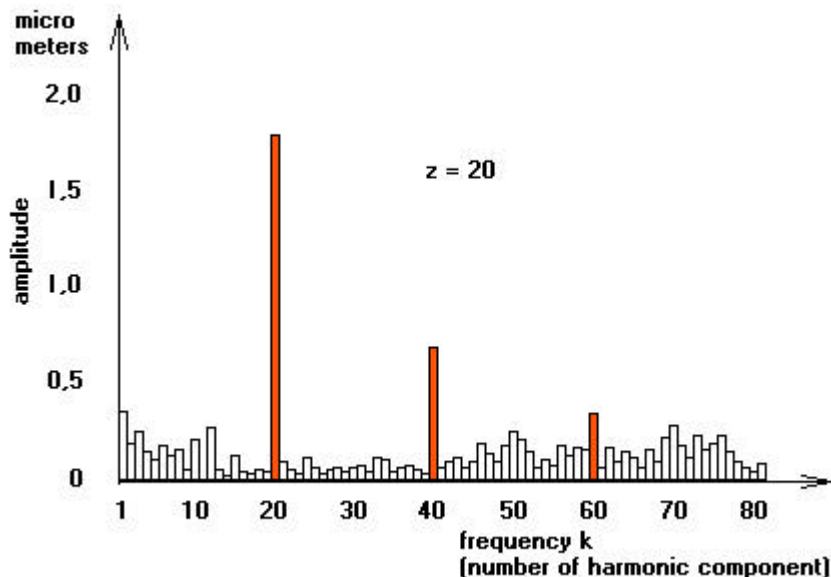


Grafico 3. z-esima componente armonica (z è il numero di denti):

Una componente armonica significativa sulla frequenza pari al numero di denti dell'ingranaggio indica, nella maggior parte dei casi, imprecisioni sui profili di dentatura - soprattutto errori sistematici degli angoli del profilo dei fianchi diritti o sinistri (eventualmente di entrambi i fianchi).

E' probabile, come indicato nel grafico, che l'incremento dell'ampiezza della componente z-esima generi un incremento (via via meno significativo) dell'ampiezza anche sulle armoniche  $2z$ ,  $3z$ ,  $4z$ ...

☞ indica un errore sul passo effettivo dei denti; possibile causa: errore dovuto all'utensile, mola non correttamente posizionata;

☞ può indicare anche una durata insufficiente dell'azione tra la ruota misurata e la ruota master ed una collisione di testa e fondo (interferenza) della ruota misurata e della ruota master; possibile causa: ruota master non adatta al controllo della ruota selezionata;

☞ è necessario verificare i profili dei fianchi destri e sinistri dei denti, che generano errori del passo effettivo.

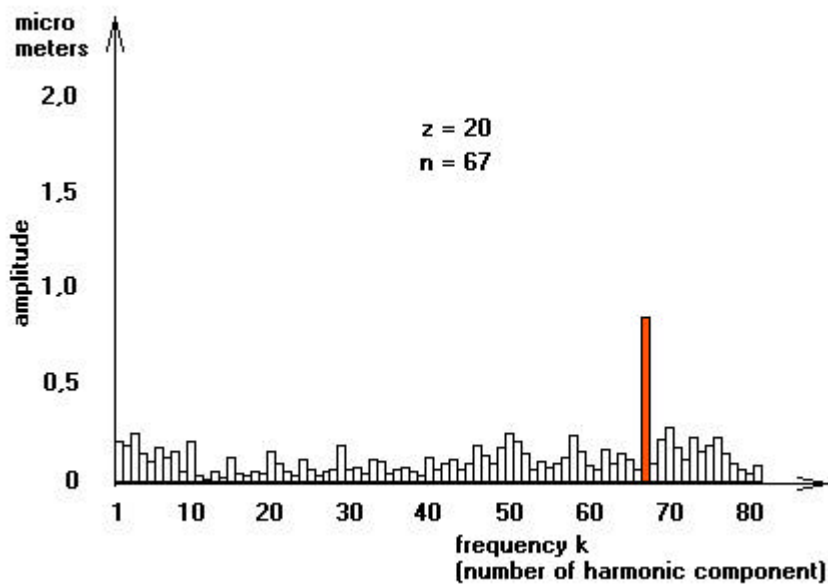


Grafico 4. Componente significativa  $n$ -esima, con  $n=67$  molto superiore a  $z$

Questa situazione appare, es. durante la lavorazione quando sui profili sono presenti ondulazioni indesiderate, che originano una componente  $n$ -esima, con  $n > z$ ,

☞ Cause possibili:

1. in fresatura: dovuto ad probabile errore nei cinematismi della macchina
2. in rettifica: mola non correttamente equilibrata, vibrazione dell'utensile di rettifica, dovuta a non corretto posizionamento
3. nel caso di macchine a controllo numerico, non corretto allineamento degli assi

#### Conclusione

I grafici FFT possono segnalare ampiezze significative originate da una delle componenti della catena cinematica utilizzata per la produzione della ruota dentata. Quando ciò si verifica, occorre analizzare l'intera catena cinematica (assi macchina, utensile, tavola portapezzo, parametri di taglio).