

Firma vibrazione disertato denti degli ingranaggi utilizzando l'analisi spettrale

Zhuang Li & Suri Ganeriwala

Spectra Quest, Inc.

8227 Hermitage Road, Richmond, VA 23228 USA

Telefono: (804)261-3300 Fax: (804)261-3303

Agosto, 2007

Astratto

La firma vibrazione di marcia dente guasto testa di serie è stata studiata in questa nota tecnica. Gli esperimenti sono stati effettuati su Cambio Dinamiche Simulatore di Spectra Quest (GDS). Il dispositivo di prova simula una trasmissione ad ingranaggi a due stadi in parallelo. L'ingranaggio di ingresso nel cambio è stato intenzionalmente violata con crescente livello di gravità. Per ogni configurazione marcia, i test sono stati condotti con e senza caricare applicato da un freno magnetico. I risultati sperimentali mostrano che a causa dell'impatto causato dal dente guasto, forti bande laterali sorgono intorno alla frequenza di ingranamento negli spettri. A livello elevato di gravità, le ampiezze delle bande laterali possono essere addirittura superiore a quella della ingranamento componenti di frequenza.

1. INTRODUZIONE

I riduttori sono molto usati nell'industria come nei veicoli. Durante la loro vita di servizio estesi, denti degli ingranaggi saranno inevitabilmente usurate, scheggiato, o addirittura mancanti sotto carico elevato. Metodi diagnostici quindi efficace sono necessari al fine di migliorare l'affidabilità di tutta la macchina prima di qualsiasi catastrofiche conseguenze inaspettate verificarsi. Le tecniche di vibrazione-based sono i più utilizzati in quanto è facile ottenere l'accelerazione segnali mediante accelerometri. I parametri di attrezzi diagnostici comprendono il valore RMS, fattore di cresta, kurtosis, rapporto energia e altri parametri [1]. Sono tutti metodi statistici. Tecniche avanzate, come ad esempio l'analisi congiunta tempo-frequenza, wavelet, e le reti neurali, sono stati applicati con successo alla diagnostica colpa del cambio. Una nota precedente tech sul rilevamento guasto del cambio, pubblicato da Spectra Quest, è stata eseguita sulla MFS [2]. Tale nota tech studiato le firme vibrazione della trasmissione ad ingranaggi ad uno stadio con dente guasto, e il rapporto tra la gravità dei guasti e dei segnali di vibrazione sia nel dominio del tempo e della frequenza. Si è osservato che quando un dente guasto ingranaggi conici entra meshing, produce un segnale di impulso-come nel dominio del tempo e l'ampiezza dell'aumento impulso con il danno. Nel dominio della frequenza le ampiezze delle bande laterali pignone anche aumentare con il livello di gravità.

Rispetto alle note tecniche precedenti, gli esperimenti di questo articolo sono stati condotti su Riduttore Dinamiche Simulatore di Spectra Quest (GDS), come mostrato in fig. 1. Invece di una trasmissione di una fase, è stata studiata una trasmissione a due stadi con ingranaggi a denti diritti. L'obiettivo di questi esperimenti è di mettere in relazione allo sviluppo della componente frequenza cambia al livello di gravità.

Il GDS è una piattaforma appositamente progettata per studiare le firme di errori comuni ingranaggi. Spur o ingranaggi elicoidali possono essere montati in un disegno albero parallelo a due stadi. Il riduttore è azionato da un motore 3 HP con una gamma di velocità di 0-3600 rpm. L'inverter può essere programmato per velocità più elevate, ma la cura deve essere esercitata per garantire una corretta lubrificazione e controllo della temperatura. Carico può essere applicato utilizzando il freno magnetico, che è anche mostrato in fig. 1. La forza di carico è controllato da un generatore di corrente. Il design modulare del cambio permette di introdurre i vari difetti, come scheggiati, rotti e screpolata denti, ingranaggi eccentricità, e gli attrezzi usurati, individualmente o congiuntamente, in un ambiente totalmente controllato. Le marce possono essere impostate in punti diversi lungo l'albero al fine di alterare la rigidezza del sistema e fare spazio per altri dispositivi. Il GDS è anche un banco di prova per l'analisi del rumore in marcia, effetti di carico, e le tecniche di diagnosi dei guasti.

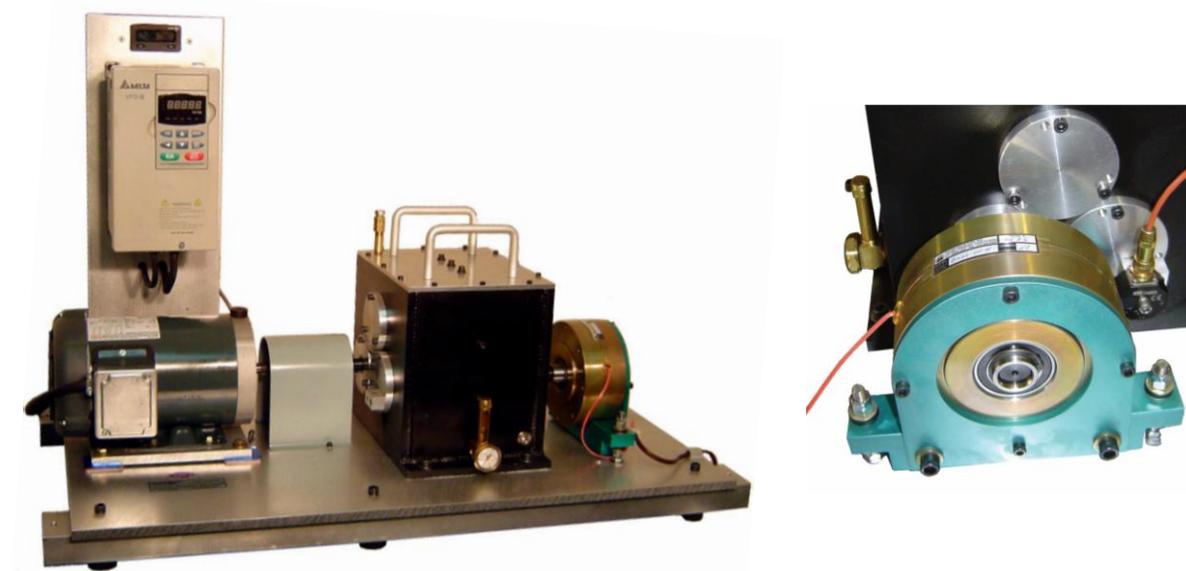


Figura 1. Cambio dinamica simulatore e il freno magnetico.

2. Apparato sperimentale

La figura 2 illustra un quadro per prendere l'interno della scatola del cambio e uno schema del layout cambio in due fasi parallele. I numeri in figura sono il numero dei denti degli ingranaggi. Poiché si tratta di una trasmissione a due stadi, ci sono due frequenze meshing, di nome f_{m1} e f_{m2} :

$$f_{m1} = 24 \times f_i, \quad (1a)$$

$$f_{m2} = f_i \times \frac{24}{60} \times 36, \quad (1b)$$

dove f_i è la velocità di entrata.

Quattro gli ingranaggi sono stati testati in questo studio: (1) un cambio di salute, (2) un piccolo ingranaggio-chip (3), un ingranaggio di grande scheggiato, e (4) un ingranaggio mancante-dente. Tutti gli ingranaggi sono disertato la marcia di ingresso (il 24-dente uno). La Figura 3 mostra i tre

ingranaggi difettosi. Per ciascuna configurazione, due condizioni di carico, con e senza carico, sono stati testati. Il carico di fornire entro il freno era controllato da un generatore di corrente. Per ogni caso caricato, la corrente è stata istituita a 0,16 A.

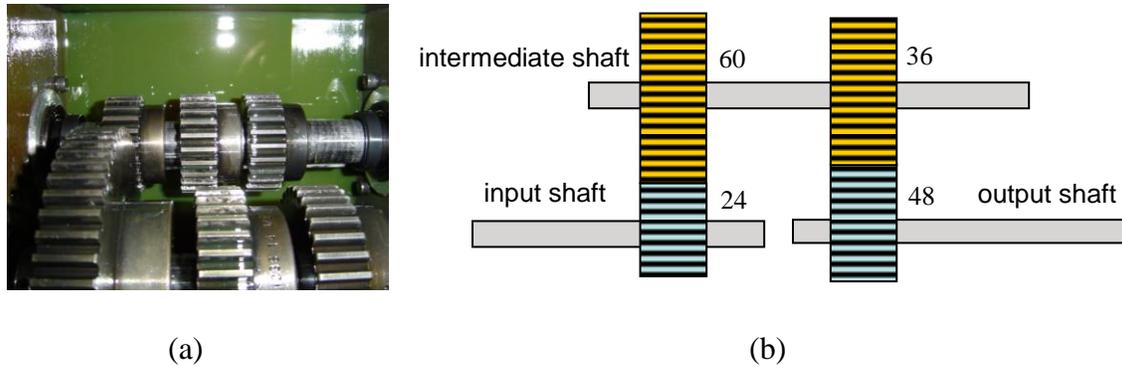


Figura 2. In due fasi ingranaggio trasmissione parallela.

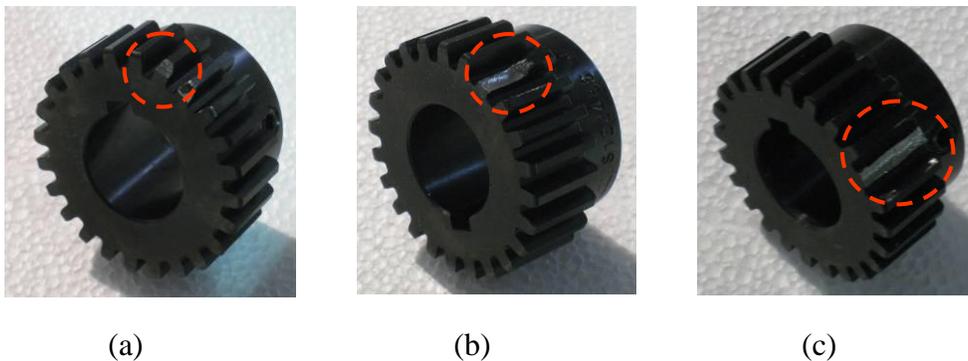


Figura 3. Guasto ingranaggi. (a) Piccolo dente scheggiato, (b) grande dente scheggiato, (c) del dente mancante.

La velocità di rotazione impostata sul convertitore di velocità è stata mantenuta invariata (3600 giri / min, o 60 Hz). La velocità effettiva, tuttavia, è sempre più piccola della velocità inverter a causa del principio di funzionamento di un motore a induzione. La velocità di rotazione è anche in funzione del carico. Alto carico riduce la velocità. Quindi le velocità reali sono meno di 3600 giri / min con tollerabile piccole variazioni durante il funzionamento.

Per ogni prova, cinque trasduttori sono stati montati sul simulatore: un tachimetro ottico per misurare la velocità di rotazione del pozzo principale, un accelerometro su ogni cuscinetto, un accelerometro in cima al cambio, e un accelerometro sul motore.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata utilizzando il front-end SpectraQuest,



Figura 4. SpectraPad acquisizione dati front-end.

SpectraPad mostrato in fig. 4, collegato ad un computer portatile tramite una porta PCMCIA. La frequenza di campionamento di tutti i test sono stati 51,2 kSamples / secondo, o la larghezza di banda è di 20 kHz. Il numero di righe spettrali è stato 6400. E 64 blocchi di dati sono stati raccolti per ogni test.

3. RISULTATI SPERIMENTALI

3.1 Baseline

Come discusso in precedenza, la trasmissione ad ingranaggi a due stadi possiede due frequenze di ingranamento. Quando la velocità albero di entrata è un po' meno di 60 Hz, f_{m1} e f_{m2} sono circa 1.425 Hz e 854 Hz rispettivamente. La Figura 5 mostra gli spettri del segnale di accelerazione ottenuti dal cambio delle due condizioni di funzionamento. Ogni trama descrive le due frequenze di ingranamento con ampiezze elevate. Le armoniche seconda e la terza dei due frequenze di ingranamento può anche essere visto anche se sono relativamente modesti.

La Figura 5 mostra anche il complesso livelli di vibrazione RMS. Si può ovviamente essere visto che il livello di vibrazione in fig. 5 (b) è superiore a quello in fig. 5 (a) per effetto del carico. Oltre che l'aumento generale livello di vibrazioni, in quanto il carico è stato applicato sul lato di uscita, l'aumento di ampiezza di f_{m2} è più pronunciato di quello della f_{m1} .

Entrambi i grafici mostrano anche un altro contenuto ad alta frequenza di ampiezza a 2.278 Hz. Tuttavia, questo non è un multiplo di qualsiasi frequenza di ingranamento. Ulteriori esperimenti in esecuzione a diverse velocità deve essere effettuata al fine di individuare un contenuto di frequenza di rotazione connesse o strutturali connesse.

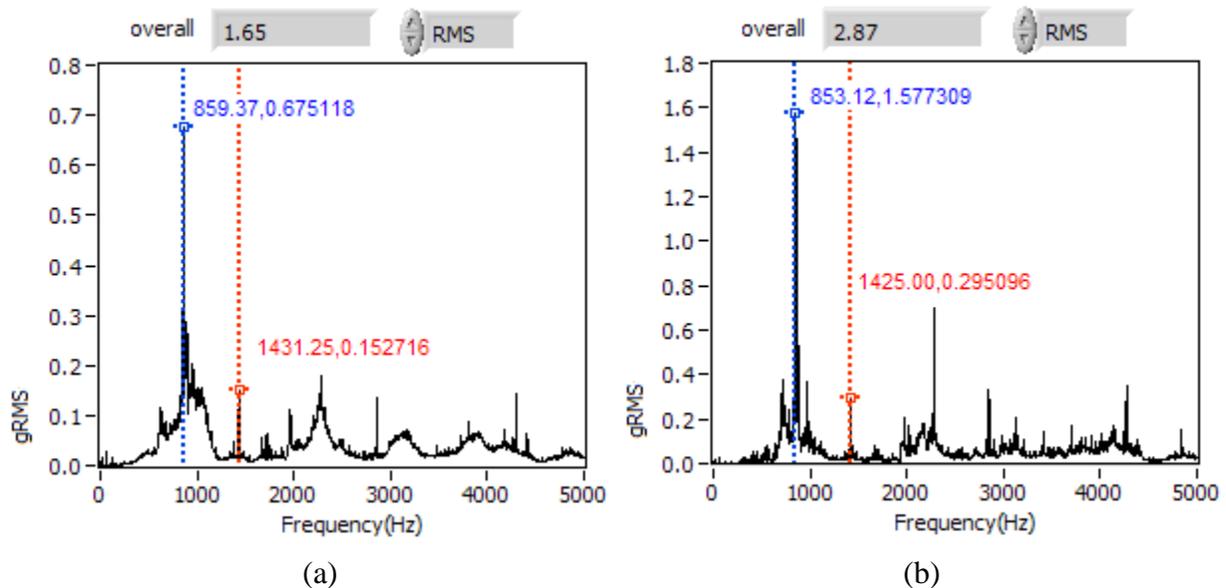


Figura 5. Cambio spettri di accelerazione dei dati di base. (a) senza carico, (b) con il carico.

3.2 Prove con piccoli denti scheggiati

Un ingranaggio a 24 denti, con un piccolo chip è stata utilizzata in questo test. La figura 6 mostra gli spettri di accelerazione dati il cambio delle due prove con e senza carico. Rispetto agli spettri di fig. 5, si può notare che in entrambe le fig. 6 (a) e (b), solo la componente f_{m2} è dominante. Il f_{m1} è appena visto. Tuttavia, le armoniche seconda delle due frequenze di meshing sono individuati negli spettri. 1725,62 Hz è la seconda armonica di f_{m2} e 2846,87 Hz è la seconda armonica della f_{m1} .

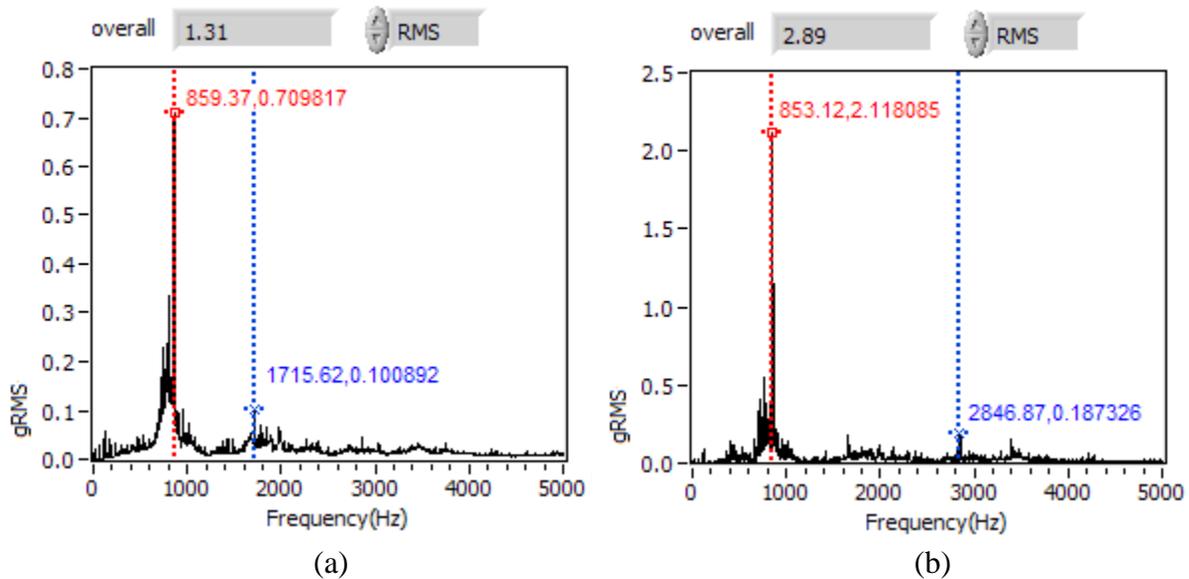


Figura 6. Cambio spettri di accelerazione di Test 6. (a) senza carico, (b) con il carico.

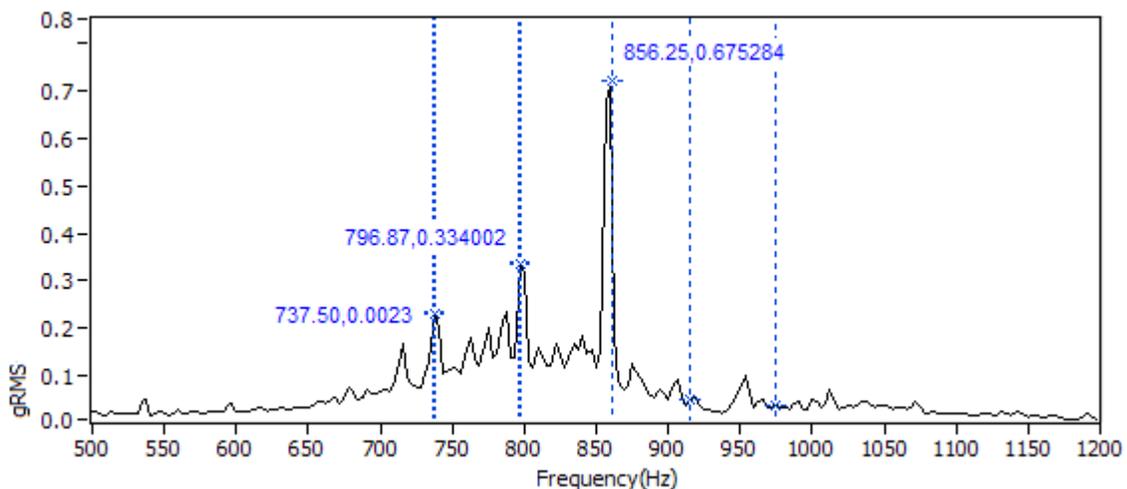


Figura 7. Banda laterale presentato circa la seconda frequenza di ingranamento.

La marcia in errore produce un impatto ogni rivoluzione che provoca modulazione d'ampiezza sui contenuti in altre frequenze i segnali del tempo. La modulazione di ampiezza porta a bande laterali

nello spettro [3]. Con lo zoom nella regione frequenza di ingranamento, le bande laterali può essere visto chiaramente. Figura 7 mostra la zoomata FFT spettro di fig. 6 (a) da 500 Hz a 1200 Hz. Due bande laterali forti sono presentati a 737,50 Hz e 796,87 Hz. L'intervallo di frequenza è 59,37 Hz, esattamente come la velocità di rotazione dell'albero di entrata. Questo perché il cambio è difettoso sull'albero di ingresso. Pertanto la frequenza della modulazione di ampiezza è la stessa della velocità di rotazione dell'albero di ingresso. Se noi zoom nella regione stessa frequenza di fig. 6 (b), le bande laterali stesso può essere visto, anche se la frequenza di ingranamento è più pronunciato a causa del carico.

3.3 Prove con grandi denti scheggiati

Un ingranaggio a 24 denti con un chip grande è stata utilizzata in questo test. Figura 8 mostra gli spettri di accelerazione dati il cambio delle due prove con e senza carico. Si può notare che la componente f_{m2} e la sua seconda armonica sono dominanti nello spettro. Bande laterali forti sono presentati circa entrambi i componenti. Ancora una volta, il livello di vibrazione complessiva del caso caricato è più alto.

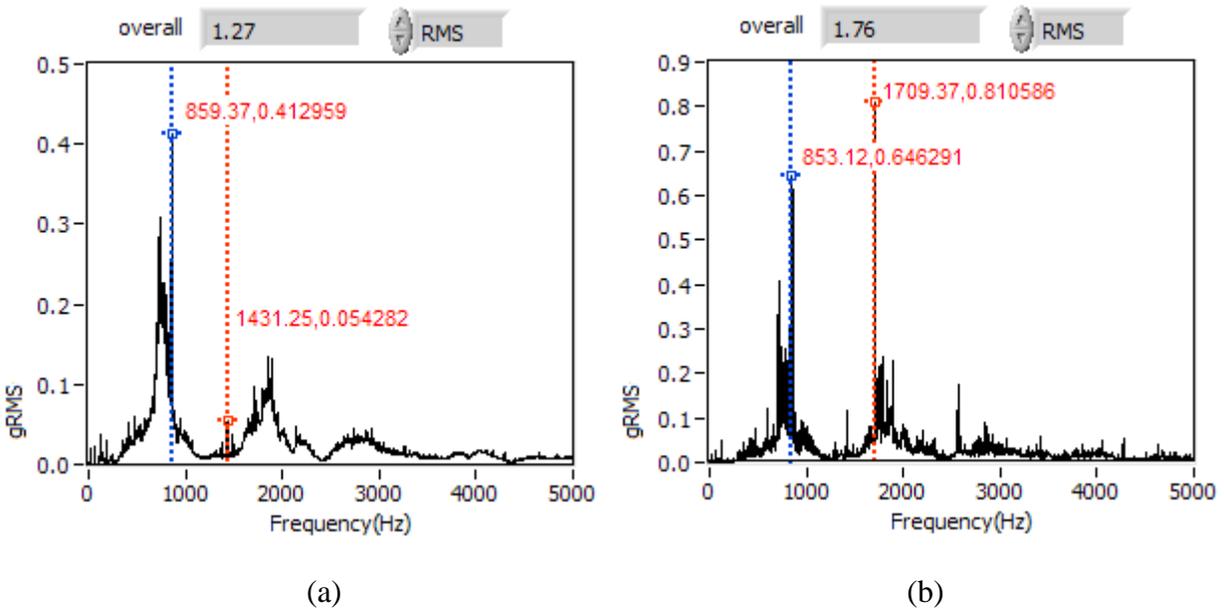


Figura 8. Cambio spettri di accelerazione del Test 7. (a) senza carico, (b) con il carico.

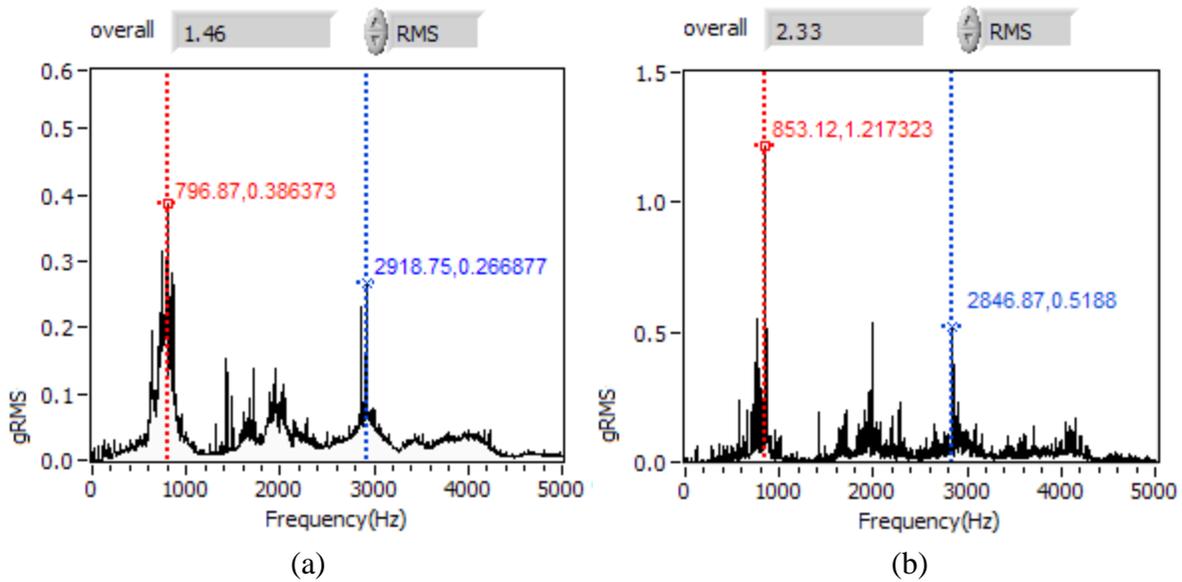


Figura 9. Cambio spettri di accelerazione del Test 5. (a) senza carico, (b) con il carico.

3.4 Prove con dente mancante

Questa è la colpa più grave di tutte le prove. La marcia di ingresso ha un dente mancante. Nella fig. 9 (a) si può notare che l'ampiezza di bande laterali a 796,87 Hz e 737,5 Hz sono addirittura superiore a quello della frequenza di ingranamento che possiede un'ampiezza superiore a tutti i casi precedenti. Anche in condizioni di carico, le bande laterali di cui sopra hanno una maggiore ampiezza di tutte le altre componenti di rotazione ad eccezione di quella stessa f_{m2} componente. Figure 10 e 11 illustrano la zoomata FFT-spettri del caso di scarico in giro per f_{m2} e $2f_{m1}$. Figura 11 mostra anche che l'ampiezza della banda laterale (2.918,75 Hz) è superiore ampiezza rispetto alla componente $2f_{m1}$ (2.859,37 Hz).

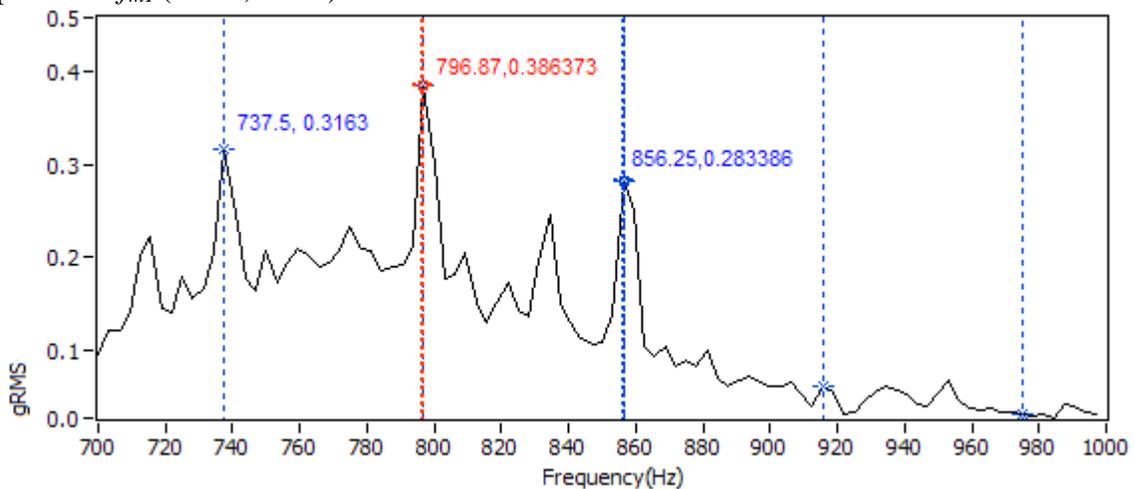


Figura 10. Bande laterali su f_{m2} .

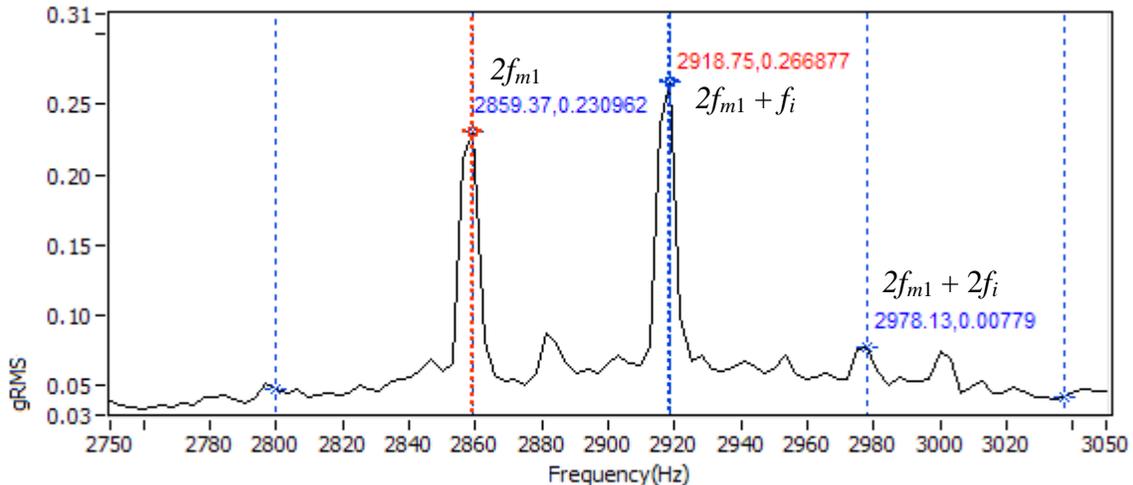


Figura 11. Bande laterali sulle $2f_{m1}$.

CONCLUSIONI

Gli esperimenti sono stati condotti su Simulatore di Dinamica del Cambio per indagare la marcia tecnica di diagnosi dei guasti. Da entrambi le previsioni teoriche e risultati sperimentali, le seguenti conclusioni si possono trarre. (1) Caricare incide sul livello complessivo di vibrazione e le ampiezze di frequenza di ingranamento in modo significativo. (2) dente scheggiato e dente mancante generano un impatto in ogni rivoluzione. Pertanto, bande laterali in giro per le frequenze di ingranamento apparire. L'intervallo di frequenza è la velocità di entrata. (3) Il livello di gravità del chip colpisce le ampiezze di banda laterale. In alcuni casi, l'ampiezza delle bande laterali sono addirittura superiore a quella della componente di frequenza di ingranamento, che è molto diverso il comportamento di un ingranaggio di salute.

Riferimento

- [1] http://mfpt.org/Archive%20Old%20Pages/mfpt_geardiagnosticparam.html
- [2] "Analyzing Gearbox Degradation Using Time-Frequency Signature Analysis", Spectra Quest Tech Note, March 2006.
- [3] "Vibration Signal Analysis of Fan Rotors", Spectra Quest Tech Note, March 2007.

Tutte le note tecniche sono disponibili a www.spectraquest.com/tech/index.html.

Traduzione fornita da Google Translate