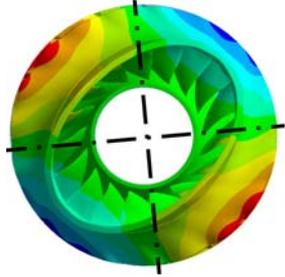


Introduzione



Ruote palettate → Carico ciclico → Risonanze

Experimental Modal Analysis (EMA)

Problematiche:

- Vicinanza delle frequenze proprie
- Componente rotante in condizioni di esercizio (sicurezza)
- Geometria complessa, necessità di misurare molti punti (costi, tempi)
- Influenza del sistema di misura sulla risposta dinamica (massa aggiuntiva)

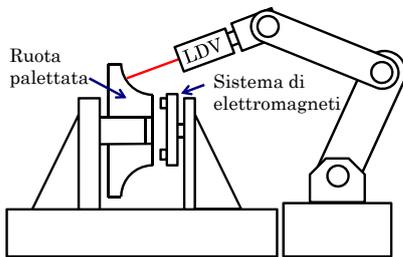
Scopo del lavoro:

Realizzazione di un sistema hardware/software per l'automazione della prova.

- Fatica
- Fretting
- Efficienza
- Rumore

Progetto della prova

Per limitare i problemi di sicurezza e la complessità del layout, si è deciso di operare con la girante fissa imponendo un carico rotante. In questo modo si eliminano anche i contributi vibratorii dei supporti.

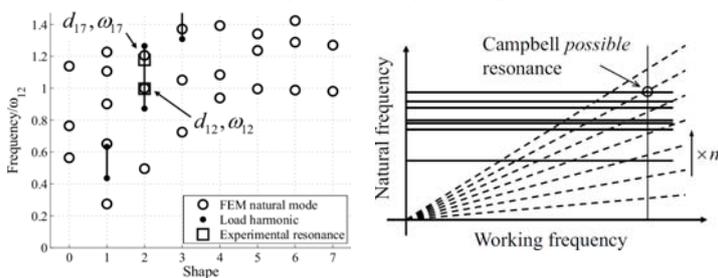


Strumento di misura: Laser Doppler Vibrometer (LDV). Sistema di eccitazione: set di elettromagneti, l'andamento temporale e spaziale della forza è controllabile elettronicamente.

Il corretto svolgimento della prova richiede di conoscere una stima della risposta del componente in funzione dell'eccitazione fornita.

Stima della risposta

SAFE diagram vs Campbell diagram



Il diagramma di Campbell risulta eccessivamente cautelativo, mentre il diagramma 'Singh's Advanced Frequency Evaluation' (SAFE) fornisce stime più realistiche delle possibili risonanze ponendo due condizioni:

$$d_m(n) = |nN_V - N_B| / (nN_V + [N_B/2]) / N_B$$

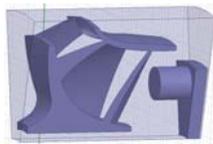
m : indice del modo, n : indice di armonica, ω : frequenza propria, Ω : frequenza forzante, d_m : numero di diametri nodali, N_V : numero di vani dello statore, N_B : numero di vani del rotore.

Stima dell'eccitante

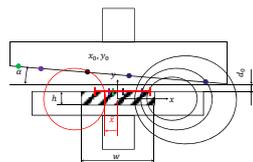
È stato preliminarmente studiato il caso di magneti permanenti, come preparazione allo studio di elettromagneti.



Prova sperimentale

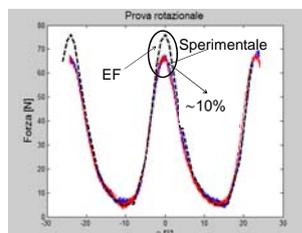


Modello EF



Modello semi-analitico

Ottime corrispondenze tra i risultati dei modelli e le prove sperimentali (5 ÷ 10%). Campi magnetici di 1.3 T sono risultati sufficienti per determinare la forza voluta di circa 10 N sulla singola paletta.



Esecuzione della prova

Vari attori concorrono allo svolgimento della prova:

- Software per analisi modale sperimentale (LMS TestLab)
- Sistema di misura laser (LDV Polytec)
- Sistema di movimentazione robotico (ABB)
- Sistema di eccitazione (shaker/altro)

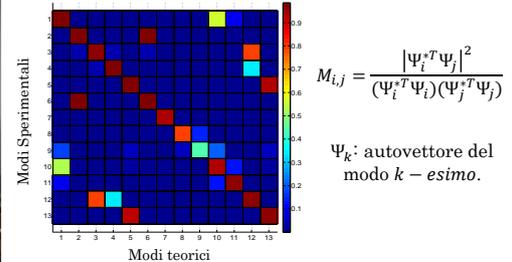
Programma in VisualBasic per l'automazione della prova.



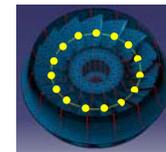
Risultati preliminari



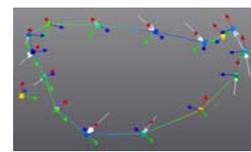
Modal Assurance Criterion (MAC)



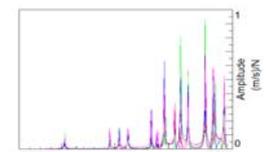
Prova preliminare completamente automatizzata sul rotore di un compressore centrifugo, misurando un punto su ogni paletta (15 punti misurati in circa 15 minuti). La scelta di un solo punto per paletta causa un'ambiguità nel riconoscimento delle forme modali a pari numero di diametri nodali.



Punti di misura



Forma modale a 2 diametri nodali



Frequency Response Functions (FRF)

Sviluppi futuri

- Studio di un sistema di eccitanti basato su elettromagneti
- Studio di un algoritmo di scelta automatica dei punti di misura
- Impiego del banco per l'ottimizzazione di componenti

Publicazioni

Articoli a congresso:

- Explanation and application of the SAFE diagram (RASD 2013, Pisa)
- Studio della forza di interazione tra campo magnetico e bersaglio ferromagnetico mediante prove sperimentali e modelli analitici e numerici (AIAS 2013, Salerno)

Articoli su rivista

- Analytical expression of the SAFE diagram for bladed wheels, numerical and experimental validation, Journal of Sound and Vibration (submitted)