



Facoltà di Ingegneria
Dipartimento di Meccanica e tecnologie industriali



UNIVERSITA' DI
FIRENZE

Laurea Specialistica in Ingegneria Energetica
Corso di Progettazione Assistita al Calcolatore I-2
Prof. Marco Pierini
Studente Raffaello Curtatone
Anno accademico 2003/04

Firenze, 31 Gennaio 2004; 17 Luglio 2004

0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	1 15



INDICE

1	Albero riduttore.....	3
1.1.	Specifiche tecniche	3
1.2.	Analisi della trasmissione	4
1.2.1.	Modello albero cavo.....	5
2	Analisi Statica	6
2.1.	Modello per l'analisi statica.....	7
2.1.1.	Descrizione dei parametri	7
2.1.2.	Risultati analisi statica	8
3	Analisi Dinamica.....	9
3.1.	Albero svincolato	9
3.2.	Albero vincolato.....	11
3.2.1.	Parametri modello dinamico	12
3.2.2.	Risultati analisi dinamica.....	13

0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	2 15



1 Albero riduttore

Il componente di cui è stato eseguito l'analisi statica e dinamica, è l'albero di uscita di un riduttore. Il componente fa parte di un progetto assegnato ad uno studente in precedenza, dal Prof. Nerli, riguardante lo studio di un riduttore pendolare. Lo studente che studiò il riduttore, prese i riferimenti dal catalogo Tsubaki.

1.1. Specifiche tecniche

Potenza uscita del riduttore: 9 kW

n. giri in uscita: 50 RPM

Rapporto di trasmissione del riduttore: 1/25

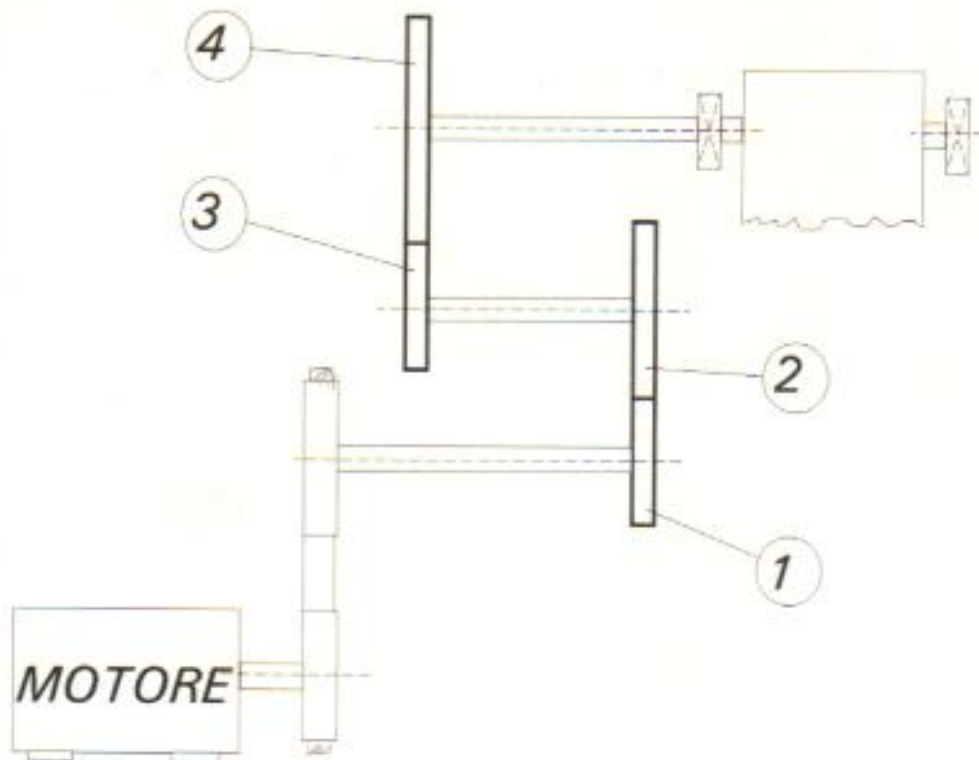
Motore collegato: sincro con 2 coppie polari, frequenza alimentazione 50 Hz

Dispositivo collegato: Trasportatore a nastro

Giunto motore-riduttore: cinghie trapezoidali

0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	3 15

1.2. Analisi della trasmissione

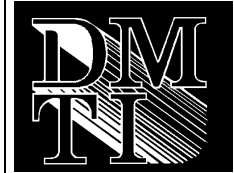


Per il motore sincrono: $n_m = \frac{60 \cdot f}{n_{cp}} = 1500 \text{ RPM}$. La coppia torcente esercitata sull'albero è

data da: $C = \frac{P}{n}$, con P = potenza del motore elettrico (che prenderemo pari a 12 kW, considerando un coefficiente di sicurezza del 50% di potenza in più, rispetto al valore nominale), ed n = numero di giri; corrispondente a un valore di 76.12 N*m.

L'albero cavo di uscita del riduttore, che è quello che interessa la nostra analisi, come da specifica ruota a 50 RPM (0,83 Hz). Il riduttore è costituito da 3 alberi. Il primo ruota alla velocità del motore elettrico e porta, calettata, una ruota dentata, con la quale è collegato all'albero intermedio. Il rapporto di trasmissione intermedio $\tau_1 = 6$, pertanto l'albero intermedio ruota a 250 RPM.

0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	4 15



1.2.1. Modello albero cavo

Per disegnare il modello è stato utilizzato il software “Solid Works”, questo non perché con Femap, non fosse stato possibile disegnare l'albero, ma per semplicità di utilizzo di Solid Works, per il disegno del modello. E' stata poi importata in Femap la geometria precedentemente salvata in formato x_t.



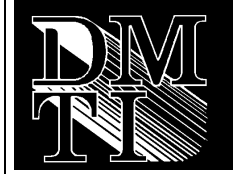
0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	5 15



2 **Analisi Statica**

La coppia sull'albero intermedio è pari a 461 N*m. La trasmissione avviene tramite quattro ruote dentate elicoidali. In corrispondenza delle prime due, che trasmettono il moto tra l'albero motore e quello intermedio, si ha un interasse di 0.07 m (distanza del centro della superficie laterale della scanalatura dall'asse), si hanno 6582 N di forza, in direzione tangenziale. Si generano dunque due forze: una in direzione assiale pari a 2468 N; ed una in direzione radiale di 1658 N. In corrispondenza delle ruote che trasmettono il moto tra l'albero intermedio e quello a cui è collegato il trasportatore, si ha un interasse di 0.11 m (distanza del centro della superficie laterale della sede della linguetta dall'asse), si hanno 4189 N di forza, in direzione tangenziale. Si generano dunque due forze: una in direzione assiale pari a 1572 N; ed una in direzione radiale di 1056 N.

0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	6 15



2.1. Modello per l'analisi statica

Il modello, disegnato in solid works, è stato successivamente salvato in formato x_t ed è stato importato in Femap.

2.1.1. Descrizione dei parametri

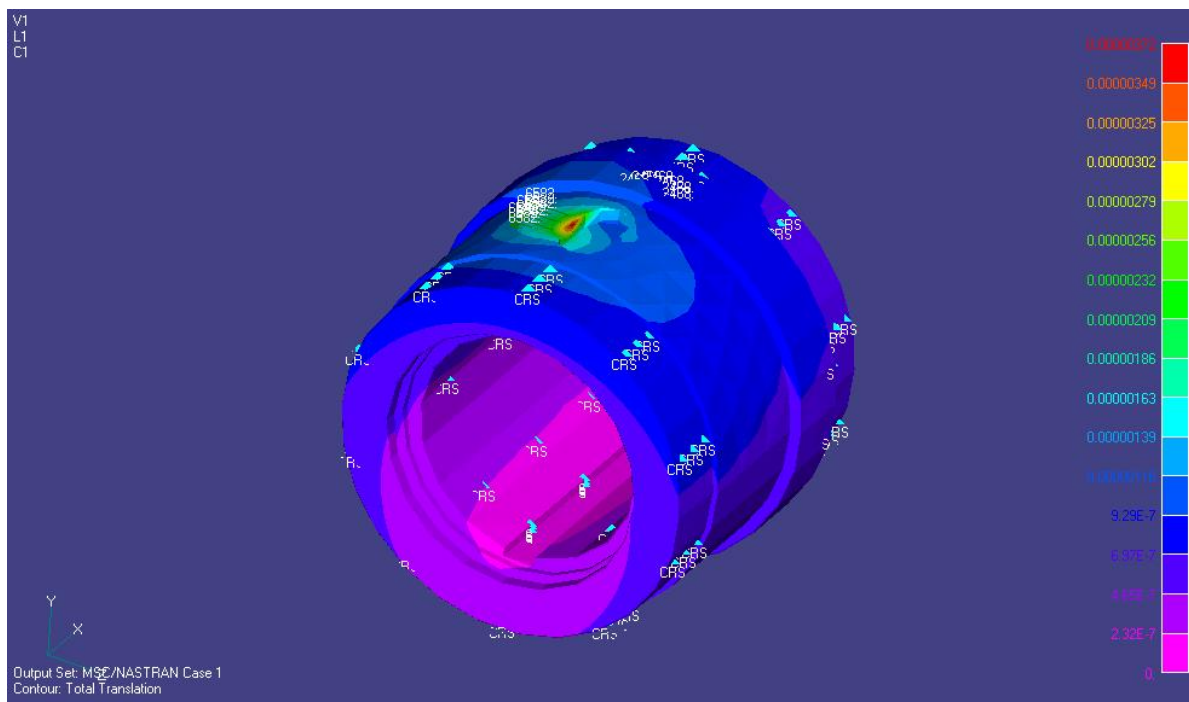
E' stato definito i seguenti parametri:

materiale: acciaio standard al carbonio: densità 7860 Kg/m³; modulo Young 2,1 e + 11 Pa

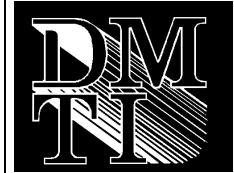
Mesh: tetragonale con massima dimensione dell'elemento pari a 20, su tutto il volume

Forze: sono state considerate solo quelle sulla linguetta

Vincoli: lo spallamento che contrasta la spinta assiale e la rotazione dell'albero, impedita avendo supposto l'albero maschio bloccato, sono stati definiti secondo il sistema di coordinate cartesiane; i cuscini e la parte interna dell'albero dove in condizioni di esercizio alloggia il maschio, come impedimento alla traslazione radiale, secondo un sistema di coordinate cilindriche.

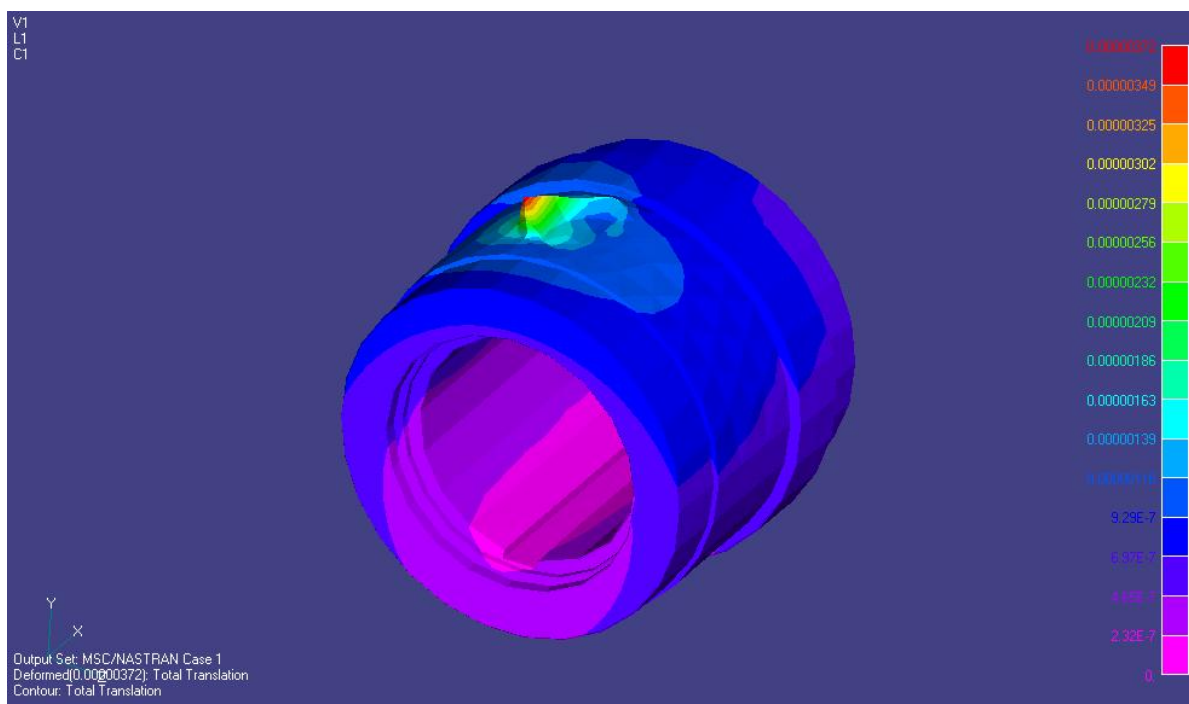


0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	7 15

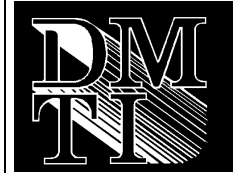


2.1.2. Risultati analisi statica

I risultati ottenuti, mostrano chiaramente ciò che era atteso. Infatti il punto più critico di questo tipo di trasmissione è la sede della linguetta. In fase progettuale la linguetta è di materiale più debole della sua sede, proprio per determinare un danno minore; anche se la sede subisce sempre qualche conseguenza.



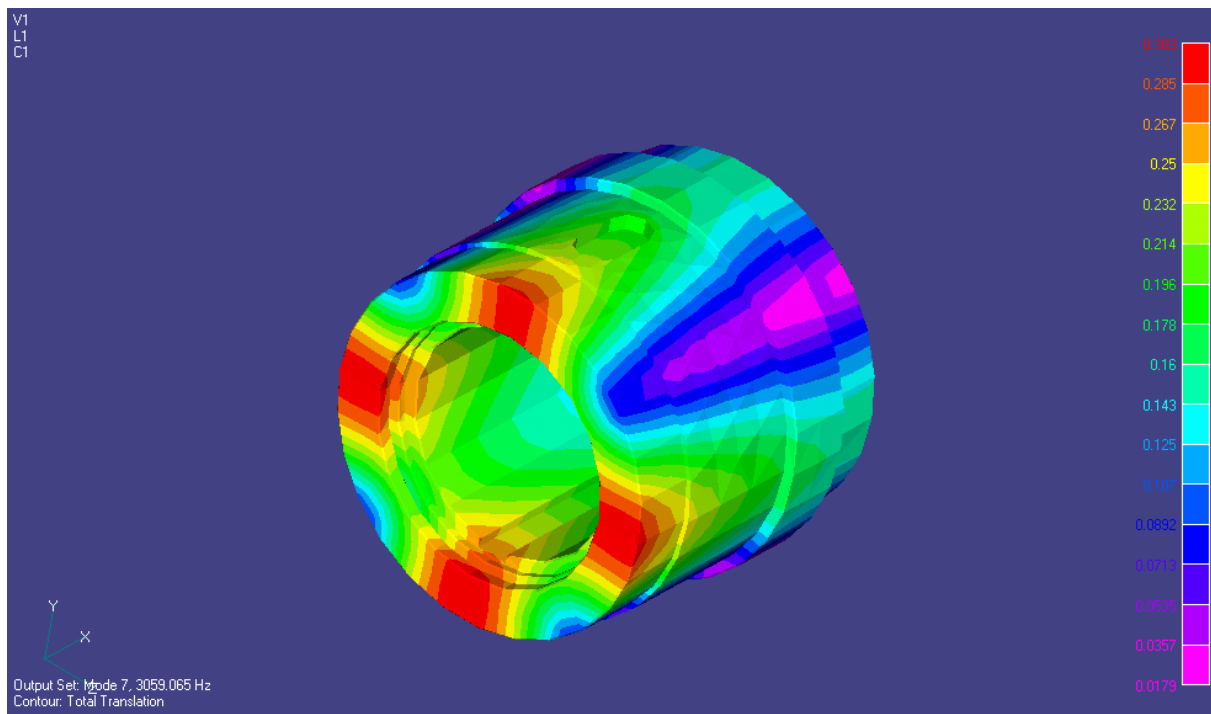
0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	8 15



3 Analisi Dinamica

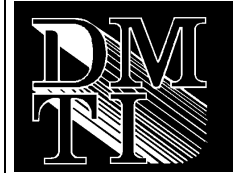
Per l'analisi dinamica è stato prima eseguito un'analisi modale dell'albero libero che ha dato i seguenti risultati:

3.1. Albero svincolato

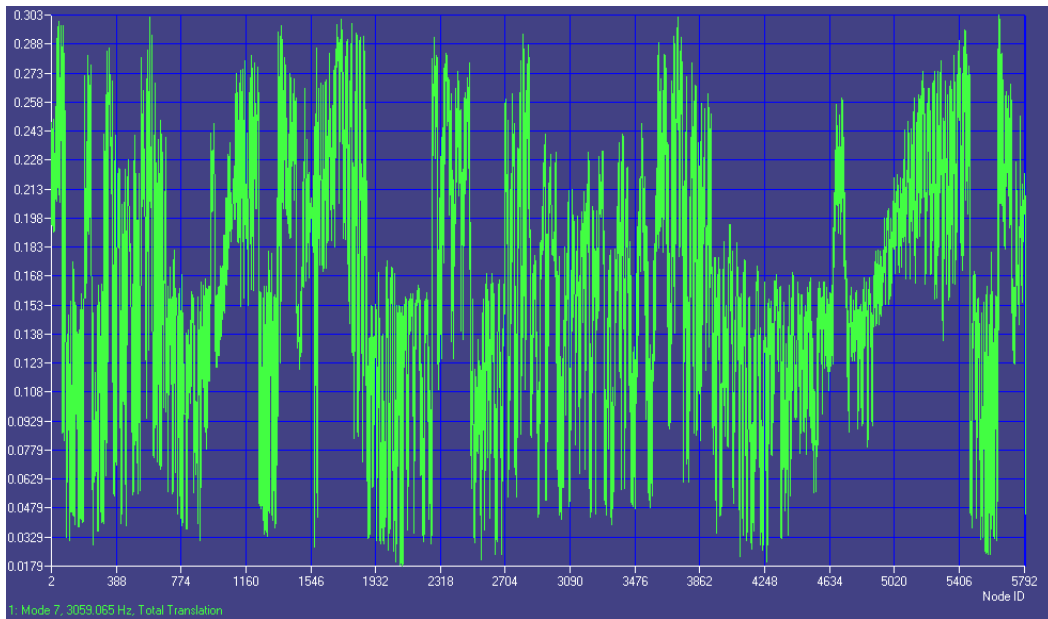


Settimo modo di vibrare (primo dal momento che i primi 6 sono traslazioni nello spazio) a 3 KHz.

0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	9 15



Risposta di tutti i nodi per la prima frequenza critica (3 khz).



Nodo 5639, tutte le frequenze

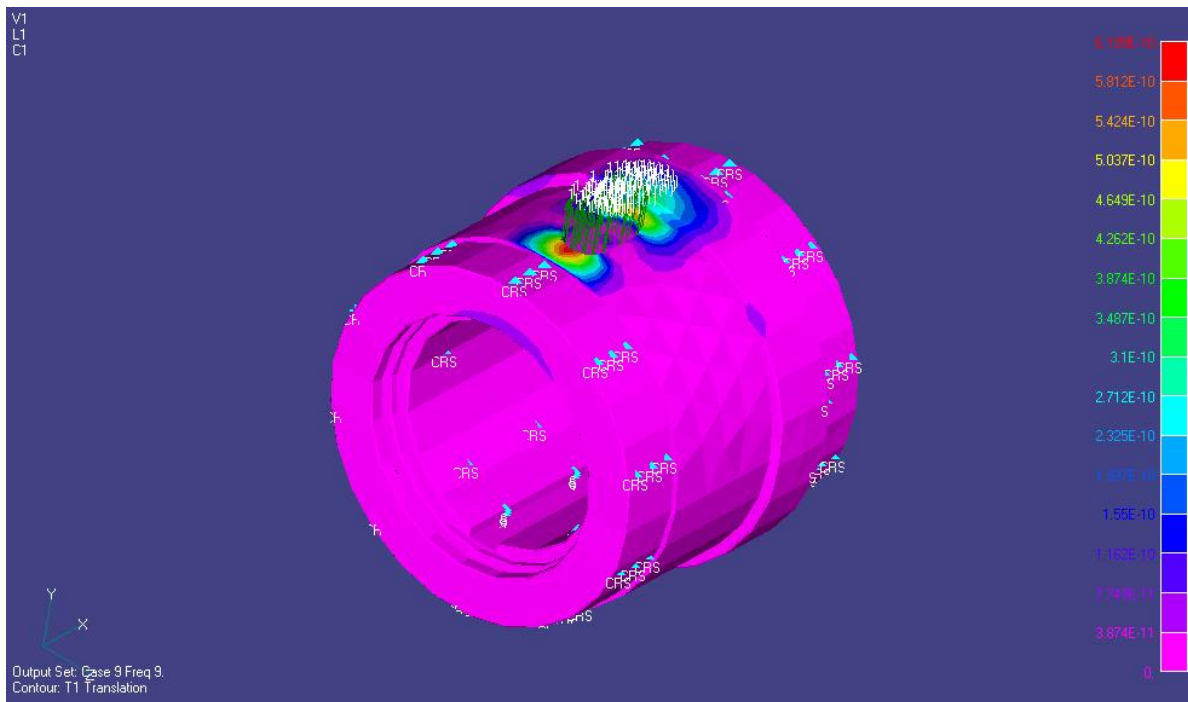


0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	10 15



3.2. Albero vincolato

Consideriamo adesso il modello vincolato. Sono dunque rimasti tutti i vincoli del caso statico, sullo stesso tipo di mesh. L'albero cavo di uscita del riduttore, come detto in precedenza, da specifica ruota a 50 RPM (0,83 Hz). Pertanto ciò che interessa è il comportamento dell'albero alle basse frequenze. Per quanto riguarda la forzante per fare la FRF diretta e modale, si applicherà in direzione radiale, verso l'interno dell'albero, nella sede della linguetta (punto più sollecitato).



0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	11 15



3.2.1. Parametri modello dinamico

E' stato ripreso dunque lo stesso modello, salvato in formato x_t, importato in Femap, ridefinendo gli stessi mesh, vincoli e materiali del caso statico. E' stata definita una funzione tipo 3 in frequenza, immettendo i dati sotto forma di equazione con $x = 1..10$ ed y unitaria.

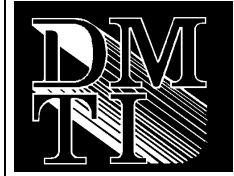
A questo punto è stato possibile definire il carico, sempre di tipo nodale, applicato alla superficie, come forza unitaria, nella direzione desiderata, secondo la legge definita in precedenza.

Il file di esportazione per l'analisi con Nastran, è definito attraverso i parametri settati nelle finestre che si aprono in successione:

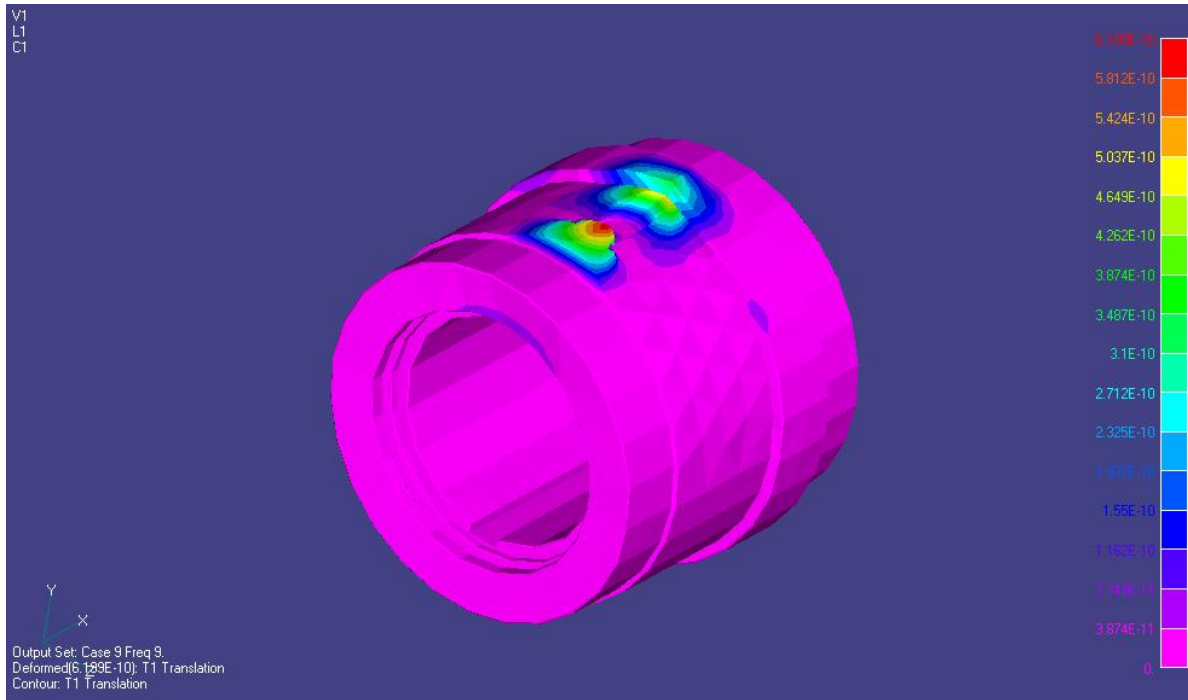
- Titolo, programma (Nastran 2004), tipo di analisi (in frequenza)
- Tipo di trave (albero)
- Per il metodo modale è stata impostato un range di frequenza 0..50 Hz
- Condizioni al contorno (vincoli e forze)
- Destinazione risultati (analisi post processo)

Le altre finestre riferite a controlli o accessori vari, sono state lasciate coi valori di default. Prima di esportare il file, occorre infine definire le opzioni riguardanti la forzante per l'analisi dinamica. E' stato impostato il range di frequenza desiderate e il tipo di analisi (diretta o modale). Per l'analisi modale occorre anche specificare le frequenze entro cui fare l'analisi.

0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	12 15

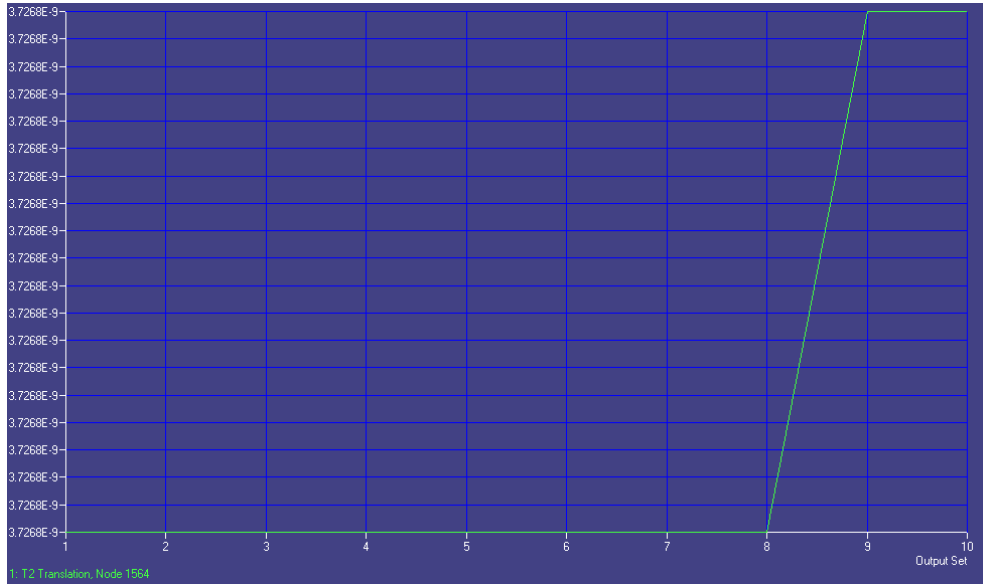
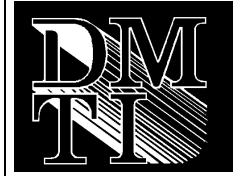


3.2.2. Risultati analisi dinamica

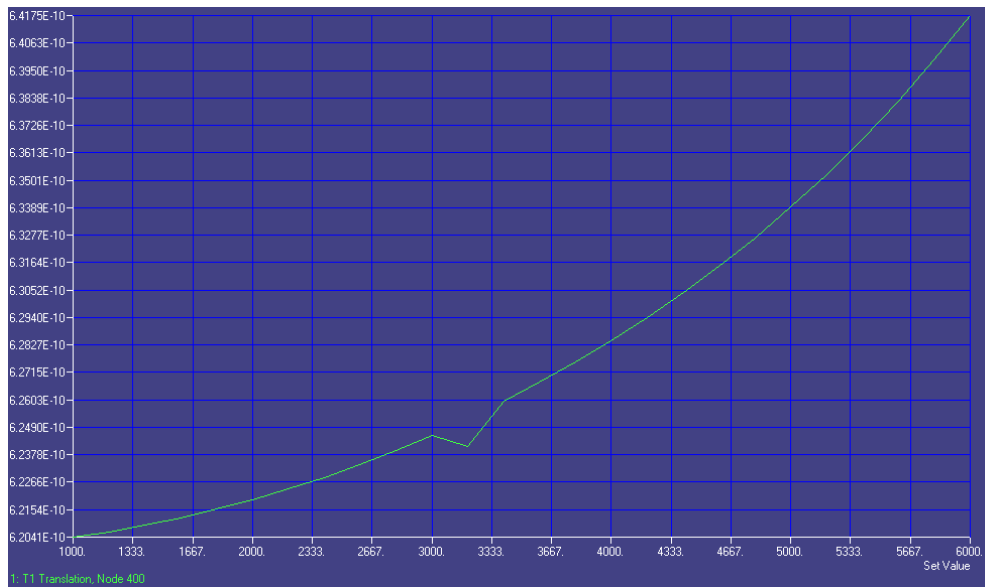


L'analisi dinamica del modello vincolato, mostra come gli spostamenti dell'albero siano impediti pressoché dappertutto. Gli spostamenti maggiori si hanno sulla sede della linguetta, punto in cui è applicata la forza.

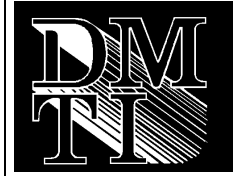
0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	13 15



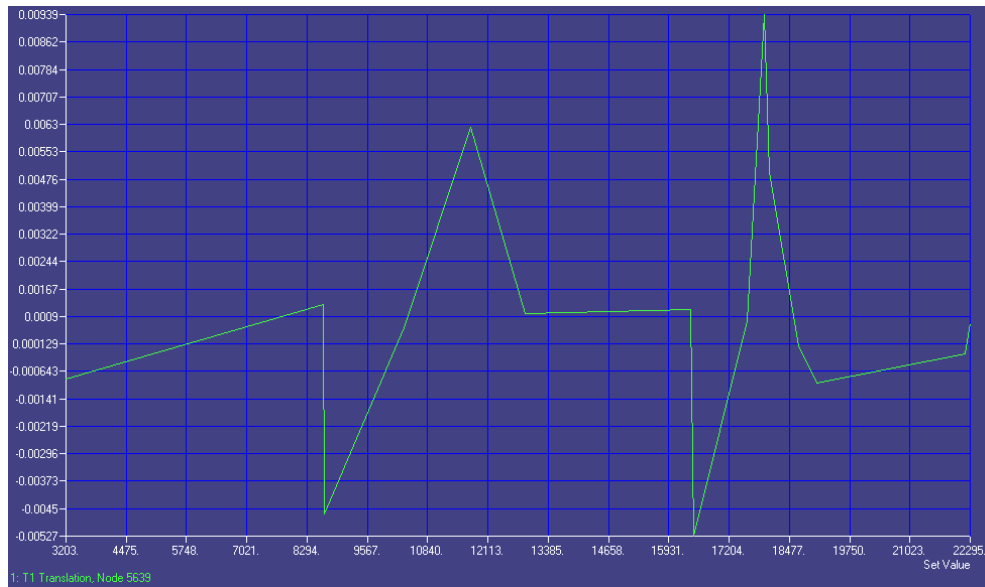
Ampiezza in funzione della frequenza (modi) per il nodo più sollecitato per la traslazione totale.



0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	14 15



Nodo 5639, tutte le frequenze



0	Emesso	R.Curtatone		Lingua	Pagina
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	I	15 15