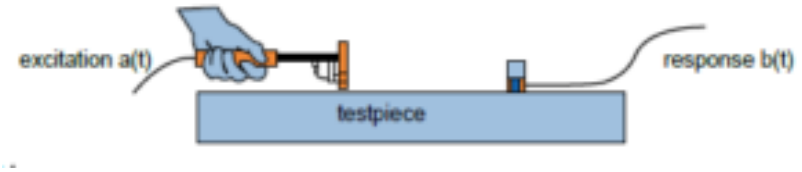
Test & Analisi Modali

Che cosa è il Test Modale e Analisi Modale? Quale è l'obiettivo?



I test modali sono alla base dell'esecuzione delle analisi modali e per trarre conclusioni sulla dinamica strutturale degli oggetti di prova.
Il Test Modale può essere eseguito con fonti artificiali di eccitazione per far vibrare l'oggetto in prova o eseguire l'oggetto in prova in condizioni operative.

I test modali e le analisi modali sono utilizzati per calcolare e comprendere il comportamento dinamico e le proprietà strutturali come le frequenze di risonanza, i rapporti di smorzamento e le forme di modalità. In modo che, le strutture possono essere testate, ottimizzate e convalidate.

Durante l'esecuzione del Test Modale, la struttura può essere eccitata in due modi applicando la forza (N):

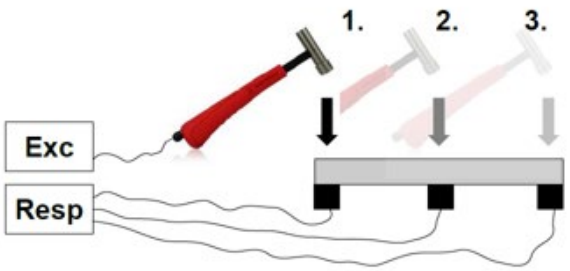
1) Martello di impatto
2) shaker elettrodinamico

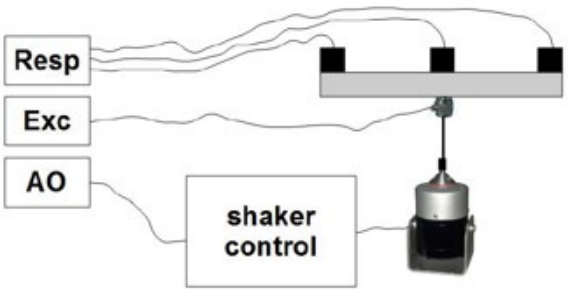
È necessario un sensore per vedere la risposta della forza applicata alla struttura.
Di solito gli accelerometri (g) sono usati per vedere la relazione e reazione.

Il test modale e l'analisi modale includono generalmente:

- Lo shaker modale o il martello da impatto
- Convertitori di potenza che ricevono i segnali di eccitazione
- Accelerometri che ricevono segnali di uscita
- Il dispositivo DAQ
- Un computer con l'applicazione software Modal Test and Analysis

Come eccitare la struttura?





L'analisi modale può essere eseguita in condizioni di lavoro come Analisi (OMA) o può essere effettuata applicando fonti di eccitazione artificiali come Analisi sperimentale nella modalità (EMA).

Nell'Analisi Modal Analysis Sperimental, le strutture sono eccitate dai martelli modali o dagli shaker di vibrazione. Lo shaker scelto o il martello modale dovrebbe essere nella gamma di frequenza che può eccitare l'intera struttura.

OMA (Analysis Modal Operazional)

OMA valuta un modello modale come le frequenze naturali, l'umidità e le forme di modalità con segnali in uscita (risposta). Non è necessario un segnale di forza in ingresso.

In alcuni casi, non è possibile o molto difficile far vibrare le strutture con martelli da impatto o shaker. In questi casi, le strutture vengono caricate con carichi naturali (come strutture offshore, ponti, edifici ecc.).
Le strutture non sono facilmente controllate o misurate in questo tipo di prova.

EMA (Analysis Modal Sperimental)

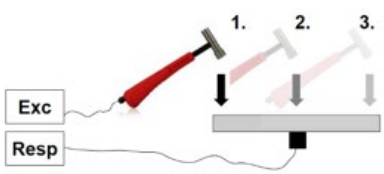
EMA fornisce un modello modale come frequenze di risonanza, rapporti di smorzamento e forme modali di strutture semplici e complesse.

Nelle strutture EMA sono eccitate dalle forze artificiali e, a differenza di OMA, entrambi i segnali di ingresso (eccitazione) e di uscita (risposta) vengono misurati per ottenere la risposta in frequenza. Le strutture possono essere eccitate con martelli o agitatori.

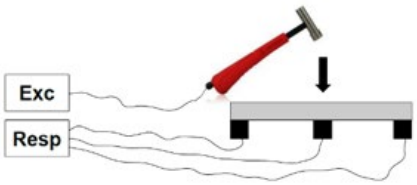
I test EMA possono essere eseguiti in ambienti di laboratorio e in campo.
Pertanto, l'EMA è preferita rispetto all'OMA a causa dell'ambiente controllato. In questo modo si possono gestire le eccitazioni strutturali.

L'EMA può essere classificata in base al numero di ingressi e uscite:

- SISO (Single Input Single Output)
- SIMO (Single Input Multiple Output)
- MIMO (Multiple Input Multiple Output)



SISO



SIMO

MIMO

Con il metodo MIMO, ogni parte della struttura può facilmente eccitarsi.

Pertanto, una risposta più accurata può essere ottenuta da tutte le parti della struttura.

ODS (Forma di Flessione Operativa)

Le forme di deflessione (ODS) sono un'analisi dinamica per vedere come una struttura si muove all'interno delle sue condizioni operative misurando solo i segnali di vibrazione in uscita (risposta).

ODS è utilizzato per le animazioni di forme di deflessione strutturale, ma non fornisce un modello modale come OMA ed EMA.

I risultati ODS consistono in forme di deflessione geometria e determinate informazioni di ampiezza e risposta di fase.

Preparazione del test modale

1. Scegliere il supporto di una struttura
L'oggetto di prova dovrebbe essere in grado di vibrare liberamente in modi che meglio rivelano le dinamiche strutturali dell'oggetto.

2. Tipo di eccitazione forzata
Per l'analisi sperimentale (EMA) è possibile selezionare diversi tipi di eccitazione (input). (Shaker o martello a impulso).
I martelli a impulso hanno alcuni vantaggi come il tempo di immissione rapida e l'essere economici. Non c'è bisogno di fissaggi.

• Gli shaker modali sono la soluzione migliore per strutture complesse più grandi dove è richiesta un'analisi più approfondita. Grazie alle esatte posizioni dell'angolo modale e posizioni delle eccitazioni. Le non linearità possono essere rilevate. L'eccitazione di qualsiasi banda di frequenza è buona.

3. Luoghi di eccitazione
Per i test EMA, è importante eccitare l'oggetto in posizioni che lo influenzeranno in un modo che riveli la maggior parte delle sue caratteristiche di vibrazione.

4. Hardware e sensori utilizzati per misurare forze e risposte
Per i test EMA, le eccitazioni di input sono solitamente misurate con trasduttori di forza o teste di impedenza.
Una testa d'impedenza contiene sia un sensore di forza che un accelerometro. In alternativa alla testa di impedenza, un accelerometro può essere posizionato vicino al sensore di forza.
Le risposte dei segnali sono per lo più misurati con accelerometri.

Che cosa è la funzione risposta in frequenza (FRF) e la funzione di trasferimento?

Per definirlo semplicemente, viene applicato un segnale di ingresso al sistema, viene misurato il segnale di uscita e il rapporto di risposta all'eccitazione dà la funzione di trasferimento. FRF è calcolato misurando l'ingresso e l'uscita del sistema.

Si presume che il sistema sia lineare e senza variazione temporale.

La funzione di trasferimento è ottenuta per vedere i valori di risonanza rischiosi nelle strutture meccaniche. È necessario evitare intervalli di frequenza in cui il valore di sforzo del materiale è molto alto, cioè la frequenza di risonanza.

Diciamo che ci sono due segnali x(t) e y(t) che sono segnali di ingresso e rispettivamente di uscita. X(f) e Y(f) sono gli spettri complessi provenienti da x(t) e y(t).

La risposta (output) all'eccitazione (input) nel dominio della frequenza dà fondamentalmente la funzione di trasferimento:

H(f) Y(f) (segnale di uscita) / X(f) (segnale di ingresso)

Nelle strutture meccaniche:

FRF è ottenuto sollecitando la struttura con un martello modale o uno shaker (misurando la forza), e misurando la risposta della struttura con accelerometri (misurando l'accelerazione).

Nei circuiti elettrici:
FRF è ottenuto applicando la tensione al circuito sull'ingresso e misurando la tensione sull'uscita.

Che cos'è la coerenza?

I dati di coerenza forniscono informazioni importanti per la convalida del test modale.
Mostra come i valori di input e output sono correlati tra loro per identificare i punti di risonanza e anti-risonanza.

Il valore di coerenza è compreso tra 0 e 1.
Il valore di coerenza di 1 indica che la risposta misurata è causata totalmente dall'input misurato.
Se è inferiore a 1, indica che la risposta misurata non è causata solo dall'ingresso misurato.

Il valore di coerenza deve essere basato su misurazioni medie.

Quando il FRF è molto alto, per esempio nel punto di risonanza, il valore di coerenza è di circa 1. Tuttavia, se il valore di coerenza si avvicina a zero in un punto in cui il FRF è elevato, potrebbe non essere una risonanza reale.

Tipi di Shaker per il Test Modale

Diversi tipi di agitatori di vibrazione possono essere utilizzati come agitatori modali:

- Shaker a magneti permanenti
- Shaker modale
- Shaker inerziale

Ogni tipo di shaker presenta diversi vantaggi.

La selezione degli agitatori dipende dallo scenario del test eseguito.
Il livello massimo della forza di eccitazione, gamma di frequenze e soprattutto, il modo in cui il dispositivo in prova viene posizionato sono alcuni dei parametri importanti per selezionare uno shaker.

Che cosa è uno Shaker a Magnete Permanente? (Standard Shaker)

Gli agitatori a magneti permanenti utilizzati principalmente per il test ambientale e la calibrazione dei sensori.

Il DUT è posizionato sulla parte superiore dell'armatura dello shaker.
L'area di superficie vibrante può essere espansa utilizzando una testa espansore in base alle dimensioni del campione.

Aree di utilizzo:
Test di vibrazione delle micro parti e prove modali di assemblaggi ed elettronica

- Prova di shock
- Calibrazione del sensore
- Test di risonanza
- Ricerche educative e diverse

Che cosa è uno Shaker Modale?

Gli agitatori a vibrazione modale sono utilizzati per eccitare strutture grandi e complesse e per ottenere dati modali di alta qualità.
Rispetto ai martelli modali, gli scuotitori modali hanno la capacità di eccitare la struttura su una gamma di frequenze più ampia e con vari tipi di segnale.
Gli agitatori modali sono ideali per ottenere risultati ottimali e accurati.
Per le strutture complesse, l'utilizzo di più shaker forniscono eccitazioni di forza più realistiche e una migliore ispezione delle forme modali.

Gli scuotitori modali sono montati alla struttura con un puntale e la forza viene trasferita dallo shaker alla struttura attraverso questo contatto.
La struttura in prova e/o lo shaker modale può essere appeso con una corda elastica o una molla durante il test per simulare condizioni libere di contorno.

Gli Shakers Modali sono progettati con un'armatura a foro aperto per il puntale, in modo tale che può essere regolato alla lunghezza richiesta per il DUT senza spostare lo shaker, il che semplifica l'installazione.

Aree di utilizzo:

- Schede elettroniche e sotto componenti
- Aerospaziale
- Automobilismo
- Macchine, veicoli, aerei e costruzioni

Che cosa è uno Shaker Inerziale?

Gli agitatori inerziali sono utilizzati per le strutture che richiedono l'eccitazione in bande di frequenza basse. Sono compatti, leggeri e usati manualmente.

Gli agitatori inerziali e i modali sono simili nell'area di utilizzo.
Sono utilizzati anche nei test per l'esame del comportamento vibrazionale di strutture.

Tuttavia, rispetto agli agitatori modali, i modi di connessione sono diversi.
Il corpo dello shaker inerziale vibra.
Per questo motivo, gli agitatori inerziali vengono fissati direttamente alla struttura.

Aree di utilizzo:

- Ingegneria civile
- Automobilismo
- Aerospaziale
- Costruzione navale
- Ricerca

Che cosa è un Martello Impattore?

Il Martello Impattatore è usato per i test di impatto. E'generalmente preferito per testare una struttura semplice o utilizzato come anteprima in modo rapido di un test con agitazione modale più complesso.
Il martello da impatto viene utilizzato per eccitare la struttura con un breve impulso, pertanto dando un'ampia frequenza di eccitazione.
Con uno o più sensori di accelerazione viene misurata la risposta.

Il martello ha un sensore di forza integrato e un puntale intercambiabile per rigidità diverse.
Per quanto riguarda l'intervallo di frequenza da includere nel test modale, è importante scegliere la punta del martello corretta.
I martelli a percussione sono disponibili in diverse dimensioni e caratteristiche a seconda del tipo di struttura.

I martelli d'impatto hanno alcuni vantaggi come il tempo di eccitazione ed essere economici. Non c'è bisogno di fissaggio.

Come scegliere il Martello Modale?

In primo luogo, è necessario selezionare in modo appropriato il martello modale. Altre caratteristiche da considerare sono:

- Per quanto riguarda la risposta in frequenza e la gamma di frequenza, scegliendo la punta di impulso più adatta
- Dimensioni e peso del martello
- Campo di misura – livello sufficiente di forza d'impatto
- Sensibilità – fornire un equilibrio tra livelli molto deboli e sovraccarichi

Tipi di segnali per eccitare uno Shaker

- Test Random
- Burst Random
- Pseudo Random
- Random periodico
- Chirp Sinusoidal
- Sine Scan e Sine Graded Sine

Selezione del controllerore e del sensore

I sensori devono essere selezionati in base ai campi di accelerazione, all'intervallo di temperatura, alla gamma di frequenze ecc. Anche il numero di sensori deve essere deciso.

La selezione del controller deve essere determinata dalle condizioni di prova.

I tipi di prova di vibrazione sono:

- Test Sine
- Test Random
- Test Shock
- RSTD (Risonanza e tracciamento Dwell)
- Sine in caso di sinibra
- Sine on Sine
- Casual Random
- Sine e Random in caso di sinibra
- Spettro alla risposta agli urti
- Test di fatica