

Dinamica dei sistemi meccanici

Laurea magistrale in Ingegneria Meccanica per la progettazione e produzione
prof. Sergio della Valle

Programma a.a. 2010/2011

- 1. Generalità sui sistemi vibranti** - Sistemi continui e sistemi discreti conservativi e non conservativi. Dissipazioni di energia nei sistemi meccanici. Modello fisico e matematico di un sistema reale. Rappresentazione vettoriale e complessa di grandezze armoniche. Moto libero e forzato di sistemi conservativi e smorzati a un g.d.l.. Azioni forzanti armoniche, periodiche, non periodiche. Sviluppo in serie di Fourier di funzioni periodiche (*). Cenni sulla FFT. Stabilità dell'equilibrio: il pendolo capovolto vincolato elasticamente. Esempi di applicazione.
- 2. Apparecchi per la misura delle vibrazioni** - Frequenzimetri. Vibrometri a tasto sonda meccanici ed elettromagnetici, vibrometri sismici, accelerometri sismici, accelerometri piezoelettrici, sensori capacitivi. Estensimetri e loro applicazioni; tecniche estensimetriche. Cenni sui rilievi stroboscopici. Cenni sul rilievo e l'analisi digitale dei segnali (*).
- 3. Sistemi a due gradi di libertà** - Cenni sul moto libero e forzato (*). Equazioni matriciali del moto, coefficienti di inerzia e di rigidità, matrici $[m]$ e $[K]$. Smorzatori dinamici. Azioni forzanti Random e risposta del sistema (*): smorzatore Stockbridge, smorzatore automobilistico.
- 4. Sistemi conservativi a n g.d.l.** - Equazioni del moto. Equazioni matriciali del moto. Sistemi ad accoppiamento elastico adiacente. Matrici $[m]$ e $[K]$. Problema degli autovalori e degli autovettori; cenni sul calcolo numerico di autovalori ed autovettori (*). Ortogonalità dei vettori colonna; teorema di espansione. Metodo dell'analisi modale: moto libero e forzato, azioni forzanti armoniche, periodiche, casuali. Esempi di applicazione: sistema a 3 masse concentrate, autovalori, autovettori, moto libero e forzato (*); sistema a quattro g.d.l. con pulsazioni doppie. Sistemi semidefiniti, componente rigida libera e forzata del moto.
- 5. Velocità critiche flessionali** - Introduzione storica allo studio delle velocità critiche flessionali e rilevanza tecnica del problema. Il modello di Jeffcott: dinamica del sistema fermo e del sistema in rotazione (*); diagrammi di Campbell. Il sistema a tre piani di simmetria; whirling e wobbling (*) diretto e inverso. Il sistema assialsimmetrico; l'effetto disco. Effetto disco per sistemi a più masse. Sistemi a masse concentrate: matrice $[\alpha]$ per sistemi isostatici a vincoli fissi ed elastici; masse dei tronchi; matrice $[\alpha]$ per sistemi iperstatici. Il sistema a n dischi: equazioni del moto; matrici $[m]$ e $[K]$; autovalori, autovettori, velocità critiche; matrice $[\alpha]$ per sistema isostatico ed iperstatico. Il metodo di Myklestad-Thomson: la matrice di trasferimento (*); sistema a masse concentrate; sistema a dischi; compatibilità con i vincoli; matrice punto e matrice campo.
- 6. Dinamica di un corpo rigido elasticamente sospeso** - Rilevanza tecnica del problema. Sistema di riferimento. Equazioni del moto. Matrici $[m]$ e $[K]$. Simmetria della sospensione e disaccoppiamento dei modi naturali. Cause forzanti. Esempio di applicazione (*). Il moto forzato. Il moto forzato per azioni forzanti armoniche e sincrone. Cenni sulla determinazione della matrice $[m]$ (*). Determinazione della matrice $[K]$ per elementi di sospensione discreti. Sistemi di sospensione continui. Determinazione della matrice $[K]$ per sospensione continua: basamento industriale. Esempio di applicazione: matrice $[K]$ per la massa sospesa di un autoveicolo.
- 7. Dinamica della massa sospesa degli autoveicoli** - Generalità sui criteri di proporzionamento delle sospensioni in funzione del confort e della tenuta di strada. Sistema dinamico generale. Sistema dinamico ridotto. Equazioni del moto (*), modi naturali. Disaccoppiamento dei moti di rimbalzo e beccheggio e sua influenza sul confort. Condizione del monopериodo. Applicabilità delle condizioni di disaccoppiamento e monopериodo. Sospensioni pneumatiche e loro utilità. Molla pneumatica semplice. Sospensioni compensate: sistemi a volume d'aria ovvero a massa d'aria costante. Cenni sulle sospensioni miste.
- 8. Oscillazioni torsionali** - Introduzione storica allo studio delle oscillazioni torsionali e rilevanza tecnica del problema. Oscillazioni torsionali forzate. Il sistema equivalente: riduzione delle masse e delle lunghezze. Riduzione delle masse di un manovellismo: smorzamento apparente. Sistema equivalente di impianti con riduttore. Esempi di applicazione: impianto di propulsione navale (*); impianto di propulsione terrestre, risonanze torsionali negli impianti di trazione per autoveicoli (*). Sistemi a 2, 3 (*), n masse: modi naturali di vibrare, deformate, diagrammi dei momenti, sollecitazioni torsionali nei modi naturali di vibrare. Oscillazioni torsionali dovute all'elica negli impianti di propulsione navale. Cenni sulle cause forzanti torsionali "interne" (*). Armoniche del momento motore: determinazione delle armoniche del momento motore, velocità critiche torsionali. Diagrammi di fase delle armoniche M_n , armoniche principali e secondarie. Diagrammi vettoriali. Ampiezza di equilibrio. Il moto torsionale forzato: calcolo della componente rigida del moto forzato, sollecitazioni torsionali forzate, determinazione della sollecitazione torsionale nella sezione più sollecitata. Metodi per ridurre la sollecitazione torsionale massima: variazione delle caratteristiche elastiche, giunti elastici, ordini di accensione.
- 9. Modi di vibrare e stabilità dei motocicli (*)** - Modi di vibrare di un motociclo; modelli a un grado di libertà e loro soluzione con MATLAB (**); modello a tre gradi di libertà e sua soluzione con MATLAB (**); modi di vibrare nel piano del motociclo; modello a quattro gradi di libertà; modi di vibrare fuori dal piano (**).
- 10. Fondamenti dei sistemi non lineari** - Generalità sui sistemi meccanici non lineari e principali cause di non-linearità. Comportamento dinamico del pendolo nel dominio del tempo, nello spazio delle fasi, nel dominio della frequenza, in assenza e presenza di smorzamento. Comportamento dinamico del pendolo forzato nello spazio delle fasi. Sezioni di Poincaré (*). Cenni sui comportamenti caotici (*). Fenomeni di non-linearità nei rotori: rigidità non lineari e comportamento del "Rotore a filo", non-linearità nei cuscinetti lubrificati e comportamento dinamico del rotore rigido su supporti lubrificati (*).

(*) Le dimostrazioni analitiche e/o numeriche relative a questo argomento non fanno parte del programma di esame; di esso è quindi sufficiente lo studio dell'eventuale modello fisico e matematico, nonché dei risultati ai quali si perviene.

(**) Le applicazioni MATLAB possono essere scaricate agli indirizzi:

http://wpage.unina.it/dellaval/MOTO_2010/in_plane_Dyn2010.rar

http://wpage.unina.it/dellaval/MOTO_2010/out_of_plane_Dyn2011.rar

BIBLIOGRAFIA

- **Capitoli dall'1 al 3:** *disponibili presso il centro copie della Facoltà.*
- **Capitoli dal 4 all'8:**
 - * **A.R. GUIDO, S. DELLA VALLE** - *Vibrazioni meccaniche nelle macchine* - Liguori, Napoli, 2004
 - * **A.R. GUIDO, S. DELLA VALLE** - *Meccanica delle vibrazioni (volume II)* - CUEN, Napoli, 1988, disponibile presso il centro copie della Facoltà.
- **Capitolo 9:**
 - * *Appunti dalle lezioni, scaricabili all'indirizzo:* http://wpage.unina.it/dellaval/Appunti_Din_Mot.pdf
 - * **V. COSSALTER** - *Motocycle Dynamics* - Lulu.com, 2006 (ISBN 978-1-4303-0861-4)
- **Capitolo 10:**
 - * **A.R. GUIDO, S. DELLA VALLE** - *Vibrazioni meccaniche nelle macchine* - Liguori, Napoli, 2004.