

INDICE

Parte I

ELEMENTI DI TEORIA DELLE VIBRAZIONI

Capitolo I

VIBRAZIONI DI SISTEMI CON 1 GRADO DI LIBERTA'

I.1	Vibrazioni proprie	Pag.	3
I.1.1	Equazione del moto	"	3
I.1.2	Caratteristiche del moto	"	5
I.1.3	Determinazione delle costanti	"	7
I.1.4	Applicazioni: Vibrazioni flessionali e vibrazioni torsionali	"	8
I.1.5	Altra deduzione dell'equazione del moto	"	10
I.2	Vibrazioni libere smorzate	"	11
I.2.1	Equazione del moto con smorzamento viscoso	"	11
I.2.2	Moto smorzato aperiodico	"	12
I.2.3	Moto periodico smorzato	"	13
I.2.4	Decremento logaritmico	"	16
I.2.5	Smorzamento coulombiano	"	17
I.3	Vibrazioni forzate e smorzate	"	20
I.3.1	Equazione del moto	"	20
I.3.2	Procedimento vettoriale	"	23
I.3.3	Coefficiente di amplificazione dinamica	"	24
I.3.4	Vibrazioni forzate senza smorzamento	"	25
I.3.5	Curve di γ e di ψ	"	27
I.3.6	Influenza del rapporto n	"	29
I.3.7	Potenza dissipata	"	30

Capitolo II

VIBRAZIONI DI SISTEMI CON PIU' GRADI DI LIBERTA'

II.1	Vibrazioni proprie di sistemi con 2 gradi di libert�	"	35
II.1.1	Equazione del moto	"	35
II.1.2	Risoluzione delle equazioni del moto	"	37
II.2	Vibrazioni forzate di sistemi a 2 gradi di libert�	"	39
II.2.1	Equazione del moto	"	39
II.2.2	Curve del coefficiente di amplificazione dinamica	"	42
II.3	Sistemi con n gradi di libert�	"	
II.3.1	Equazione delle frequenze	"	43

II.4	Vibrazioni di sistemi continui (ad infiniti gradi di libertà)	Pag.	46
II.4.1	Equazione del moto	"	46
II.4.2	Integrali particolari	"	48
II.4.3	Applicazione all'asta vibrante con estremi liberi	"	49

Capitolo III

APPLICAZIONI

III.1	Isolamento delle vibrazioni - Coefficiente di trasmissibilità	"	53
III.1.1	Coefficiente di trasmissibilità	"	53
III.1.2	Curve del coefficiente C_{tr}	"	54
III.2	Strumenti misuratori di vibrazioni: vibrometri e accelerometri	"	56
III.2.1	Schema generale dello strumento	"	56
III.2.2	Curve del rapporto $\frac{Z}{X}$. Vibrometri	"	57
III.2.3	Accelerometri	"	59
III.3	Vibrazioni dei veicoli	"	60
III.3.1	Equazioni del moto	"	60
III.3.2	Vibrazioni principali	"	61
III.3.3	Soluzione generale	"	64

Parte II

VELOCITA' CRITICHE FLESSIONALI

Capitolo I

ALBERO SU DUE APPOGGI

I.1	Albero con una massa concentrata	"	71
I.1.1	Trattazione elementare	"	71
I.1.2	Conseguenze e discussione sull'equilibrio	"	72
I.2	Albero con n masse concentrate	"	76
I.2.1	Equazione delle frequenze	"	76
I.2.2	Coefficienti di influenza per albero appoggiato agli estremi	"	78
I.3	Procedimenti approssimati: Metodo della linea elastica	"	79
I.3.1	Giustificazione del metodo	"	79
I.3.2	Costruzione della linea elastica. Scale e rapporto di affinità	"	81
I.4	Metodo della linea elastica con procedimento analitico. Approssimazioni successive	"	84
I.4.1	Deduzione analitica delle frecce y_i'	"	84
I.4.2	Velocità critica in 2 ^a approssimazione	"	85
I.5	Formula di Dunkerley	"	87
I.6	Albero con massa uniformemente distribuita	"	89

I.7	Albero a sezione variabile	Pag.	91
-----	----------------------------	------	----

Capitolo II

ALBERI SU PIU' APPOGGI - VELOCITA' CRITICHE SUPERIORI

II.1	Alberi su più appoggi	Pag.	93
II.1.1	Scelta della linea elastica approssimata	"	93
II.1.2	Costruzione della linea elastica	"	94
II.2	Generalità sulla determinazione delle velocità critiche superiori	"	96
II.2.1	Scelta della linea elastica approssimata	"	96
II.2.2	Condizioni d'ortogonalità - Convergenza del procedimento	"	97
II.2.3	Epurazione delle linee elastiche	"	99
II.3	Determinazione della 2 ^a velocità critica in 1 ^a e 2 ^a approssimazione	"	100
II.3.1	Seconda velocità critica in 1 ^a approssimazione	"	100
II.3.2	Determinazione della 2 ^a velocità critica in 2 ^a approssimazione	"	102
II.4	Determinazione della 3 ^a velocità critica e delle successive	"	104
II.4.1	Determinazione della 3 ^a velocità critica	"	104
II.4.2	Velocità critiche superiori	"	105
II.5	Determinazione analitica delle velocità critiche superiori, per successive approssimazioni	"	106
II.5.1	2 ^a velocità critica in 1 ^a approssimazione	"	106
II.5.2	2 ^a velocità critica in 2 ^a approssimazione	"	107
II.5.3	3 ^a velocità critica in 1 ^a approssimazione	"	107

Capitolo III

ESEMPI ED APPLICAZIONI

III.1	Esempi: velocità critiche di alberi su due appoggi	"	109
III.1.1	Albero con 1 massa concentrata: esempio	"	109
III.1.2	Albero con 2 masse concentrate: esempio	"	110
III.1.3	Applicazioni della formula di Dunkerley	"	111
III.1.4	Metodo della linea elastica: esempio	"	112
III.1.5	Metodo della linea elastica con procedimento analitico: esempio	"	113
III.2	Velocità critiche di albero con 3 carichi concentrati (con e senza massa propria): esempio	"	115
III.2.1	Con la formula del Dunkerley	"	115
III.2.2	Col metodo della linea elastica (procedimento analitico)	"	116
III.2.3	Col metodo della linea elastica (procedimento grafico)	"	119
III.2.4	Risoluzione esatta	"	120
III.2.5	Tenendo conto della massa dell'albero	"	120
III.3	Velocità critiche di alberi a sezione variabile: esempio	"	121
III.3.1	Velocità critica di un albero di turbina: 1 ^a approssimazione	"	121
III.3.1	Velocità critica in 2 ^a approssimazione	"	124

III.4	Velocità critica in 1 ^a e 2 ^a approssimazione per un albero su quattro appoggi	Pag.	127
III.4.1	Velocità critica in 1 ^a approssimazione	"	127
III.4.2	Velocità critica in 2 ^a approssimazione	"	131
III.5	Esempio di determinazione della 2 ^a velocità critica	"	133
III.5.1	Seconda velocità in 1 ^a approssimazione	"	133
III.5.2	Seconda velocità in 2 ^a approssimazione	"	135
III.6	Esempio di determinazione grafica della 2 ^a velocità critica in 1 ^a e 2 ^a approssimazione per albero di turbina	"	137
III.7	Esempio di determinazione analitica per successive approssimazioni della 2 ^a e 3 ^a velocità critica	"	141
III.7.1	2 ^a velocità critica in 1 ^a approssimazione	"	141
III.5.2	2 ^a velocità critica in 2 ^a approssimazione	"	142
III.5.3	3 ^a velocità critica in 1 ^a approssimazione	"	143

Parte III

LE VIBRAZIONI TORSIONALI

Capitolo I

IL CALCOLO DELLE PULSAZIONI TORSIONALI PRINCIPALI

I.1	Generalità	"	147
I.2	Sistemi con 1 grado di deformabilità	"	148
I.2.1	Albero con 1 volano	"	148
I.2.2	Albero con 2 volani	"	150
I.3	Sistemi con 2 gradi di deformabilità	"	153
I.3.1	Albero con 2 volani ed un estremo fisso	"	153
I.3.2	Albero con 3 volani ed estremi liberi	"	154
I.4	Sistemi con n-1 gradi di deformabilità	"	156
I.4.1	Albero con n volani ed estremi liberi	"	156
I.4.2	Formula di ricorrenza	"	158
I.5	Volani uguali su tronchi di uguali costanti elastiche	"	159
I.6	Vibrazioni torsionali di alberi con uniforme distribuzione di massa	"	161
I.6.1	Equazione generale	"	161
I.6.2	Albero con estremo fisso	"	162
I.6.3	Albero con estremi fissi	"	162

Capitolo II

DETERMINAZIONE DEL SISTEMA RIDOTTO. PROCEDIMENTO DI HOLZER

II.1	Generalità	165
------	------------	-----

II.2	Riduzione delle lunghezze	Pag.	166
II.2.1	Determinazione della lunghezza ridotta	"	166
II.2.2	Casi particolari	"	167
II.3	Riduzione di lunghezze e di masse in sistemi collegati da ingranaggi	"	168
II.3.1	Determinazione della lunghezza ridotta	"	169
II.3.2	Determinazione della massa ridotta	"	170
II.4	Determinazione della lunghezza ridotta negli alberi a gomiti	"	170
II.5	Momento d'inerzia del volano equivalente alle masse di un biellismo	"	172
II.6	Procedimento di Holzer per la determinazione delle pulsazioni principali	"	174
II.6.1	Descrizione del procedimento	"	174
II.6.2	Giustificazione del procedimento	"	177
II.6.3	Procedimento di Holzer modificato dal Tolle	"	179

Capitolo III

ESEMPI ED APPLICAZIONI

III.1	Sistemi con 1 grado di deformabilità	"	181
III.1.1	Albero con 1 volano; esempio	"	181
III.1.2	Albero con 2 volani; esempio	"	182
III.2	Sistemi con 2 gradi di deformabilità	"	183
III.2.1	Albero con 3 volani; esempio	"	183
III.2.2	Volani collegati da tronchi d'albero di diametri diversi	"	185
III.2.3	Volani collegati da tronchi d'albero con ingranaggi	"	186
III.3	Sistemi con volani uguali - alberi con massa uniformemente distribuita	"	187
III.3.1	Motore a 6 cilindri; esempio	"	187
III.3.2	Albero con massa uniformemente distribuita; esempio	"	190
III.4	Riduzione di masse e di lunghezze	"	191
III.4.1	Sistemi collegati da 1 coppia d'ingranaggi; esempio	"	191
III.4.2	Sistemi con più coppie d'ingranaggi; esempio	"	191
III.4.3	Momento d'inerzia del volano equivalente ad un manovellismo; esempio	"	193
III.5	Applicazione del procedimento di Holzer-Tolle	"	194
III.5.1	Determinazione del sistema ridotto	"	194
III.5.2	Calcolo della pulsazione principale	"	196
III.5.3	Calcolo della 2 ^a pulsazione	"	198
III.5.4	Calcolo della 3 ^a pulsazione	"	201

Parte IV ECCENTRICI

Capitolo I ECCENTRICI IN GENERALE

I.1	Classificazione degli eccentrici	Pag.	207
I.2	Problemi cinematici sugli eccentrici	"	211

Capitolo II COSTRUZIONE DEL PROFILO DELL'ECCENTRICO

II.1	Il profilo dell'eccentrico	"	215
II.2	Caratteristiche e tipi di profili	"	218
II.3	Profilo per moto a velocità costante	"	219
II.4	Profilo per moto con accelerazione costante	"	221
	II.4.1 Costruzioni grafiche e scale	"	221
	II.4.2 Procedimento analitico	"	223
	II.4.3 Caratteristiche del profilo	"	225
	II.4.4 Tracciamento diretto del profilo	"	225
	II.4.5 Esempio	"	227
II.5	Profilo per moto armonico semplice	"	228
	II.5.1 Costruzioni grafiche e scale	"	228
	II.5.2 Risoluzione analitica	"	229
	II.5.3 Costruzione diretta del profilo e sue caratteristiche	"	231
II.6	Profilo per moto cicloidale	"	231
	II.6.1 Diagrammi ed espressioni analitiche	"	231
	II.6.2 Costruzione diretta del profilo e sue caratteristiche	"	234
II.7	Altri tipi di profili	"	234
	II.7.1 Profilo trapezoidale modificato	"	234
	II.7.2 Profilo polinomiale con $n = 3$	"	235
	II.7.3 Profilo polinomiale per $n = 5$	"	236
II.8	Costruzione del profilo effettivo dell'eccentrico	"	237
	II.8.1 Punteria a rullo	"	238
	II.8.2 Punteria a piattello	"	239
	II.8.3 Eccentrico di 2 ^a specie	"	240

Capitolo III ECCENTRICI A PUNTERIA

III.1	Il profilo dell'eccentrico con passo morto	"	243
	III.1.1 Passo morto e velocità di urto	"	243
	III.1.2 Profilo per accelerazione costante con passo morto	"	245

III.1.3	Tracciamento del profilo effettivo	Pag.	246
III.1.4	Esempio		248
III.2	Camme con profili policentrici	"	249
III.2.1	Considerazioni generali	"	249
III.2.2	Profilo policentrico con 2 centri	"	249
III.2.3	Profilo policentrico con 3 centri	"	251
III.3	Studio dinamico della punteria	"	253
III.3.1	Rendimento	"	253
III.3.2	Angolo di pressione. Impuntamento	"	254
III.3.3	Forze agenti sulla punteria	"	255
III.3.4	Tensione della molla	"	257

Parte V

IL VOLANO

Capitolo I

CALCOLO DEL MOMENTO D'INERZIA DEL VOLANO

I.1	Il procedimento di Tredgold	"	261
I.1.1	Richiami	"	261
I.1.2	Momento d'inerzia ridotto del manovellismo di spinta	"	262
I.1.3	Procedimento di Tredgold	"	265
I.1.4	Volano e suo momento d'inerzia	"	266
I.1.5	Irregolarità periodica	"	268
I.1.6	Calcolo del ΔE	"	269
I.2	Dimensionamento del volano - formule pratiche	"	272
I.2.1	Dimensionamento del volano	"	272
I.2.2	Formule pratiche per il calcolo del volano	"	273
I.3	Costruzione del diagramma $M_m + M_{in}$	"	276
I.3.1	Diagramma delle pressioni indicate	"	276
I.3.2	Pressioni effettive. Pressioni differenziali	"	277
I.3.3	Pressioni d'inerzia	"	278
I.3.4	Pressioni efficaci	"	279
I.3.5	Forze tangenziali	"	280
I.3.6	Diagramma di $M_m + M_{in}$	"	281
I.4	Metodo di Wittenbauer	"	
I.4.1	La polare delle energie cinetiche e sue proprietà	"	
I.4.2	Determinazione del momento d'inerzia del volano	"	
I.4.3	Osservazioni sul metodo di Wittenbauer	"	

Capitolo II

APPLICAZIONI

II.1	Esempio di calcolo del momento d'inerzia del volano	"	289
II.1.1	Procedimento grafico	"	289
II.1.2	Risoluzione analitica	"	293

II.2	Calcolo del volano per una macchina a vapore monocilindrica a doppio effetto	Pag.	297
II.2.1	Ciclo teorico della macchina alternativa a vapore	''	297
II.2.2	Dati e costruzione del diagramma delle p_i	''	300
II.2.3	Diagramma delle pressioni differenziali	''	302
II.2.4	Pressioni d'inerzia e pressioni efficaci	''	304
II.2.5	Pressioni efficaci in funzione degli angoli	''	304
II.2.6	Diagramma di $M_m + M_{in}$	''	306
II.2.7	Corsa di ritorno m	''	306
II.2.8	Diagramma di $M_u + M$	''	308
II.2.9	Calcolo del momento P_d d'inerzia del volano	''	308
II.2.10	Applicazione delle formule pratiche	''	309
II.3	Calcolo del volano per un motore a scoppio monocilindrico	''	311
II.3.1	Ciclo di un motore a scoppio	''	311
II.3.2	Dati numerici e costruzione del ciclo teorico	''	316
II.3.3	Diagrammi delle pressioni effettive, d'inerzia, efficaci	''	317
II.3.4	Diagrammi in funzione degli angoli	''	320
II.4	Volano per motori pluricilindrici	''	322
II.4.1	Procedimento grafico	''	322
II.4.2	Motore a scoppio con 4 cilindri in linea	''	323
II.4.3	Motore a scoppio con 6 cilindri in linea	''	325
II.5	Applicazioni del metodo di Wittenbauer	''	327
II.5.1	Macchina a vapore monocilindrica	''	327
II.5.2	Motore a scoppio monocilindrico	''	330
II.5.3	Motore a scoppio con 4 cilindri	''	332