

# Obsah

Přehled označení	8
<b>1 Úvod</b>	<b>12</b>
<b>2 Modelování strojů a jejich částí</b>	<b>14</b>
2.1 Základní modely	15
2.2 Rozdělení strojů podle dynamických účinků	17
2.2.1 Rotační stroje	18
2.2.2 Pístové stroje	19
2.3 Určování základních parametrů	22
2.3.1 Hmotnost	22
2.3.2 Střed hmotnosti	22
2.3.3 Momenty setrvačnosti	23
2.3.4 Tuhosti	30
2.3.5 Tlumení	34
2.3.6 Silové účinky	35
Literatura	36
<b>3 Dynamika soustav těles</b>	<b>37</b>
3.1 Modelování pohybu soustav tuhých těles	38
3.1.1 Kinematický popis	38
3.1.2 Popis polohy a orientace tělesa	41
3.1.3 Rovnice vazeb	48
3.1.4 Výpočet polohy	50
3.1.5 Výpočet rychlostí	51
3.1.6 Výpočet zrychlení	52
3.1.7 Pohybové rovnice	53
3.2 Modelování soustav těles s poddajnými vazbami	62
3.2.1 Poddajné kinematické dvojice	62
3.2.2 Poddajná tělesa	64
Literatura	73
<b>4 Kmitání lineárních soustav</b>	<b>75</b>
4.1 Matematické modely diskrétních lineárních soustav	75
4.1.1 Lagrangeovy rovnice druhého druhu	75

4.1.2	Pohybové rovnice v maticovém tvaru . . . . .	76
4.2	Problém vlastních hodnot a volné kmitání . . . . .	77
4.2.1	Problém vlastních hodnot konzervativních soustav . . . . .	77
4.2.2	Volné kmitání konzervativních a slabě nekonzervativních soustav . . . . .	79
4.2.3	Problém vlastních hodnot silně nekonzervativních soustav . . . . .	82
4.2.4	Volné kmitání silně nekonzervativních soustav . . . . .	85
4.3	Modální metoda vyšetřování dynamické odezvy . . . . .	86
4.3.1	Vynucené kmitání slabě nekonzervativních soustav . . . . .	86
4.3.2	Vynucené kmitání silně nekonzervativních soustav . . . . .	90
4.3.3	Ustálené harmonicky buzené kmity . . . . .	94
4.3.4	Ustálené periodicky buzené kmity . . . . .	97
	Literatura . . . . .	99
<b>5</b>	<b>Kmitání lineárních kontinuí</b>	<b>100</b>
5.1	Torzní kmitání hřídelů kruhového průřezu . . . . .	101
5.2	Příčné kmitání přímých nosníků . . . . .	102
5.2.1	Volné ohybové kmitání prismatického nosníku . . . . .	104
5.2.2	Kmitání prismatického nosníku vynucené osamělým zatížením . . . . .	110
5.2.3	Metoda přenosových matic . . . . .	111
5.2.4	Vliv rotační setrvačnosti a smykové deformace . . . . .	116
5.3	Příčné kmitání desek . . . . .	116
5.3.1	Kmitání obdélníkové desky . . . . .	119
5.3.2	Kmitání kruhových desek . . . . .	121
	Literatura . . . . .	122
<b>6</b>	<b>Základy kmitání nelineárních soustav</b>	<b>123</b>
6.1	Úvod . . . . .	123
6.2	Modelování nelineárních soustav . . . . .	124
6.2.1	Základní klasifikace nelineárních soustav . . . . .	124
6.2.2	Matematické a fyzikální příčiny nelinearity . . . . .	126
6.3	Řešení pohybových rovnic nelineárního kmitání . . . . .	128
6.3.1	Přesné řešení pohybové rovnice volného kmitání . . . . .	128
6.3.2	Znárodnění pohybu nelineární soustavy ve fázové rovině . . . . .	129
6.4	Přibližné metody řešení . . . . .	132
6.4.1	Metoda malého parametru . . . . .	132
6.4.2	Metoda ekvivalentní linearizace . . . . .	135
6.4.3	Metoda přímé linearizace . . . . .	137
6.4.4	Systémy po částech lineární . . . . .	139
6.5	Vlastnosti nelineárních soustav . . . . .	141
6.5.1	Amplitudové a fázové charakteristiky . . . . .	141
6.5.2	Vliv působení konstantní síly na nelineární kmitání . . . . .	143
6.6	Samobuzené kmitání . . . . .	145
6.7	Parametrické kmitání . . . . .	149
	Literatura . . . . .	151

<b>7</b>	<b>Metody dynamické syntézy a optimalizace</b>	<b>152</b>
7.1	Metody kondenzace	152
7.1.1	Kondenzace transformací zobecněných souřadnic	153
7.1.2	Parametrická kondenzace	155
7.1.3	Kondenzace metodou modální syntézy	157
7.2	Dynamická citlivost a ladění	160
7.2.1	Dynamická citlivost konzervativních soustav	161
7.2.2	Dynamická citlivost nekonzervativních soustav	163
7.2.3	Ladění parametrů konzervativních soustav	165
7.3	Optimalizace parametrů	169
7.3.1	Základní pojmy	169
7.3.2	Formulace optimalizačních úloh a citlivost cílové funkce	170
7.3.3	Matematické metody optimalizace	175
7.4	Aplikace	176
	Literatura	181
<b>8</b>	<b>Dynamika rotorů</b>	<b>182</b>
8.1	Nehmotný hřídel s kotoučem	182
8.1.1	Rotor s kotoučem uprostřed	182
8.1.2	Rotor s obecně uloženým kotoučem	184
8.2	Modelování rotorů metodou konečných prvků	191
8.2.1	Matice hřídelových prvků	191
8.2.2	Matematický model rotoru	195
8.2.3	Aplikace	197
	Literatura	200
<b>9</b>	<b>Pružné ukládání strojů</b>	<b>201</b>
9.1	Diskrétní modely	202
9.1.1	Soustava s jedním stupněm volnosti	202
9.1.2	Dynamický hltič	205
9.1.3	Rovinný model	210
9.1.4	Prostorový model	215
9.2	Rámové a deskové základy	216
9.3	Aktivní vibroizolace	217
	Literatura	217
<b>10</b>	<b>Dynamika pohonových soustav</b>	<b>219</b>
10.1	Strojový agregát	219
10.2	Mechanické charakteristiky pohonů a zatížení	220
10.2.1	Ideální mechanická charakteristika	221
10.2.2	Statické charakteristiky pohonu	221
10.2.3	Dynamické charakteristiky pohonů	222
10.2.4	Linearizace mechanických charakteristik pohonů	222
10.2.5	Momentová charakteristika asynchronního elektromotoru	223
10.2.6	Momentové charakteristiky stejnosměrných elektromotorů	225

10.2.7	Mechanické charakteristiky zatížení . . . . .	227
10.3	Základní vlastnosti chodu strojových agregátů . . . . .	229
10.3.1	Charakteristické stavy chodu strojových agregátů . . . . .	229
10.3.2	Stabilita statické rovnováhy strojového agregátu . . . . .	230
10.3.3	Nerovnoměrnost chodu strojového agregátu . . . . .	231
10.4	Základní úlohy dynamiky strojových agregátů . . . . .	235
10.4.1	Strojové agregáty s tuhými členy . . . . .	236
10.4.2	Vliv dynamické charakteristiky pohonu na pohyb agregátu . . . . .	238
10.4.3	Vliv převodu na dynamiku strojového agregátu . . . . .	239
10.4.4	Strojový agregát se setrvačником . . . . .	240
10.4.5	Vnitřní silové účinky ve strojovém agregátu . . . . .	241
10.5	Strojové agregáty s pružnými členy . . . . .	242
10.5.1	Dynamické vlastnosti strojového agregátu . . . . .	242
10.5.2	Agregát s asynchronním elektromotorem – řešení se statickou charakteristikou . . . . .	244
10.5.3	Agregát s asynchronním elektromotorem – řešení s dynamickou charakteristikou . . . . .	246
10.6	Strojové agregáty se spojkami . . . . .	247
10.6.1	Vliv třecích spojek na rozběh pracovního stroje . . . . .	247
10.6.2	Strojový agregát s pružnou spojkou . . . . .	250
	Literatura . . . . .	252
<b>11</b>	<b>Dynamika ozubených převodů</b> . . . . .	<b>253</b>
11.1	Vnitřní dynamika páru čelních ozubených kol . . . . .	253
11.1.1	Vnitřní zdroje buzení . . . . .	253
11.1.2	Matematický model torzních kmitů páru čelních ozubených kol . . . . .	257
11.1.3	Ustálené kmity . . . . .	259
11.2	Dynamika hřídelové soustavy s ozubenými koly . . . . .	262
11.2.1	Modelování hřídelové soustavy s čelními ozubenými koly . . . . .	262
11.2.2	Ustálené kmity vyvolané úchytkami převodových poměrů . . . . .	266
11.2.3	Aplikace . . . . .	268
	Literatura . . . . .	271
<b>12</b>	<b>Hluk strojů a jejich částí</b> . . . . .	<b>273</b>
12.1	Akustické veličiny . . . . .	273
12.1.1	Akustické pole . . . . .	274
12.1.2	Rychlost zvuku . . . . .	274
12.1.3	Rychlostní potenciál a vlnová rovnice . . . . .	275
12.2	Zvukové vlny . . . . .	276
12.2.1	Šíření rovinných vln . . . . .	277
12.2.2	Šíření kulových vln . . . . .	280
12.3	Základní akustické jednotky . . . . .	281
12.4	Spektra zvuku . . . . .	284

12.4.1	Frekvenční účinky . . . . .	285
12.4.2	Skládání několika akustických hladin . . . . .	286
12.5	Šíření zvuku v pevných látkách . . . . .	289
12.5.1	Podélné vlnění v prutech . . . . .	289
12.5.2	Útlum zvuku . . . . .	293
12.6	Odhad hluku vyzařovaného strojním zařízením . . . . .	296
12.6.1	Ventilátory . . . . .	296
12.6.2	Vzduchové kompresory . . . . .	296
12.6.3	Čerpadla . . . . .	298
12.6.4	Trysky a dýzy . . . . .	299
12.6.5	Plynové a parní turbíny . . . . .	300
12.6.6	Dieselovy motory . . . . .	300
12.6.7	Elektromotory . . . . .	302
12.6.8	Převodovky . . . . .	302
12.7	Metody ke snižování hluku . . . . .	302
12.7.1	Snižování vyzařovaného hluku . . . . .	303
12.7.2	Metoda vhodného rozmístění hlučných zařízení . . . . .	303
12.7.3	Izolace hlukových zdrojů . . . . .	303
12.8	Subjektivní vnímání hluku . . . . .	307
12.8.1	Hlasitost a hladina hlasitosti . . . . .	307
12.8.2	Maskovací účinek zvuku . . . . .	308
	Literatura . . . . .	308
<b>13</b>	<b>Software pro dynamiku strojů</b>	<b>310</b>
	Literatura . . . . .	314
<b>Rejstřík</b>		<b>315</b>