

# Obsah

Předmluva . . . . .	1
Úvod . . . . .	2
Literatura . . . . .	3
1. Mechanické systémy s diskrétními prvky . . . . .	4
1.1 Pohybové rovnice lineárních diskrétních systémů . . . . .	4
1.2 Systém autonomní netlumený . . . . .	5
1.2.1 Vlastní čísla a vlastní vektory . . . . .	6
1.2.2 Ortogonálnost vlastních vektorů . . . . .	7
1.3 Rayleighův princip . . . . .	8
1.4 Matice tuhosti a matice poddajnosti . . . . .	9
1.5 Vynucené kmitání . . . . .	10
1.5.1 Výpočet ustáleného harmonického kmitání v reálné proměnné . . . . .	10
1.5.2 Výpočet ustáleného harmonického kmitání v komplexní proměnné . . . . .	11
1.6 Hlavní souřadnice . . . . .	12
2. Experimentální modální analýza a analýza tvaru pohybu . . . . .	14
2.1 Základy modální analýzy . . . . .	14
2.2 Měřicí metody . . . . .	15
2.3 Příklady aplikace modální analýzy . . . . .	17
2.4 Analýza tvaru pohybu mechanické struktury . . . . .	21
2.5 Vyšetření ohybových čar motoru . . . . .	24
3. Torzní systémy . . . . .	27
3.1 Pohybové rovnice obecně větveného torzního systému . . . . .	27
3.2 Torzní řetězce . . . . .	33
3.2.1 Vynucené kmitání torzního řetězce . . . . .	33
3.2.2 Vlastní frekvence torzního řetězce . . . . .	34
3.3 Torzní systémy s převody . . . . .	36
3.4 Pružné spojky v torzních systémech . . . . .	39
4. Ladění torzních systémů . . . . .	42
4.1 Ladicí podsystémy . . . . .	42
4.2 Jednoduché systémy dynamických tlumičů . . . . .	43
4.2.1 Dynamický tlumič s pružným a tlumícím členem v paralelním propojení . . . . .	44
4.2.2 Dynamický tlumič s pružným a tlumícím členem v sériovém propojení . . . . .	45
5. Optimalizace parametrů jednoduchých dynamických tlumičů . . . . .	47
5.1 Základní systémy o více stupních volnosti s dynamickými tlumiči torzních kmitů . . . . .	47
5.2 Základní systém o jednom stupni volnosti s jednoduchými tlumiči . . . . .	51
5.2.1 Tlumič s pružným a tlumícím členem v paralelním propojení . . . . .	53
5.2.2 Tlumič s pružným a tlumícím členem v sériovém propojení . . . . .	55
5.2.3 Tlumič s vazbou tlumícím členem . . . . .	56
5.3 Porovnání základních charakteristik jednoduchých dynamických tlumičů . . . . .	57

6. Konstrukční realizace dynamických tlumičů . . . . .	64
6.1 Silikonové tlumiče . . . . .	64
6.1.1 Vlastnosti silikonových olejů při střídavém namáhání smykem . . . . .	64
6.1.2 Výpočet silikonového tlumiče s uvážením elastických vlastností silikonových olejů . . . . .	65
6.2 Pryžové tlumiče . . . . .	67
6.3 Silikonový tlumič s pružnou vazbou se základním systémem . . . . .	69
6.4 Porovnání vlivu různých typů dynamických tlumičů na spektrum torzních kmitů klikového hřídele . . . . .	72
7. Kyvadlové eliminátory . . . . .	76
7.1 Konstrukční řešení . . . . .	79
8. Uložení strojů . . . . .	83
8.1 Kinetická a potenciální energie blokového základu . . . . .	83
8.2 Střed pružnosti a hlavní osy pružnosti . . . . .	88
8.3 Kmitání základových bloků . . . . .	90
8.4 Uložení hnacích agregátů vozidel . . . . .	93
8.5 Pružná lůžka s integrovaným hydraulickým tlumením . . . . .	98
9. Základy dynamiky kontinua . . . . .	100
9.1 Podélné kmitání tyčí . . . . .	100
9.1.1 Volné kmitání . . . . .	100
9.1.2 Šíření postupné vlny . . . . .	103
9.1.3 Vynucené kmitání . . . . .	104
9.2 Torzní kmitání hřídelů . . . . .	105
9.3 Ohybové kmitání nosníků . . . . .	106
9.4 Krouživé kmitání hřídele . . . . .	109
9.5 Kmitání membrány . . . . .	109
10. Vybrané příkazy programu ANSYS . . . . .	112
10.1 Struktura příkazů . . . . .	112
10.2 Příprava dat - preprocessing . . . . .	112
10.2.1 Volba typu analýzy a typu prvku, modul ETYPE . . . . .	112
10.2.2 Zadání materiálových hodnot, modul MATER . . . . .	113
10.2.3 Zadání konstant, modul RCON . . . . .	115
10.2.4 Souřadnicové systémy, modul CDSYS . . . . .	116
10.2.5 Zadání uzlů, modul NODE . . . . .	118
10.2.6 Zadání prvků, modul ELEM . . . . .	121
10.2.7 Grafické znázornění, modul PLOT . . . . .	125
10.2.8 Zatížení a okrajové podmínky, modul LOAD . . . . .	126
10.2.9 Teploty v uzlech, modul NTEMP . . . . .	128
10.2.10 Třídění prvků, modul ORDER . . . . .	129
10.2.11 Zadání tlaku na prvek, modul EPRESS . . . . .	130
10.2.12 Teploty prvků, modul ETEMP . . . . .	131
10.2.13 Zachování dat, modul MISC . . . . .	131
10.3 Zpracování výsledků - postprocessing . . . . .	132
10.3.1 Načtení výsledků, modul DEFINE . . . . .	132
10.3.2 Třídění dat, modul SORT . . . . .	134
10.3.3 Tisk výsledků, modul PRINT . . . . .	135
10.3.4 Grafické znázornění výsledků, modul PLOT . . . . .	135
10.3.5 Souřadnicové systémy, modul CDSYS . . . . .	136

---

10.3.6 Výpočty a superpozice, modul CALC . . . . .	136
10.3.7 Superpozice zátěžných stavů, modul LCCALC . . . . .	137
10.3.8 Zachování dat, modul MISC . . . . .	138
10.4 Výběrový modul . . . . .	138
11. Knihovna prvků programu ANSYS . . . . .	141
11.1 Prutový prvek STIF1 . . . . .	141
11.2 Nosníkový prvek STIF3 . . . . .	142
11.3 Rotačně symetrická kuželovitá skořepina STIF11 . . . . .	144
11.4 Diskrétní pružinový prvek STIF14 . . . . .	145
11.5 Bodové těleso STIF21 . . . . .	146
11.6 Matice STIF27 . . . . .	146
11.7 Rovinný prvek STIF42 . . . . .	146
11.8 Kuželovitý nosník STIF54 . . . . .	148
11.9 Deskový prvek STIF63 . . . . .	149
12. Popis interaktivního prostředí programu ANSYS . . . . .	152
13. Příklady řešené programem ANSYS . . . . .	161
14. Matematické procedury pro Turbo Pascal . . . . .	189