

	Strana
PŘEDMLUVA	7
1. ÚVOD	11
1.1. Co je to modální analýza?	11
1.2. Jak se používá?	11
1.3. K čemu je užitečná?	13
1.4. Historické poznámky	14
2. TEORETICKÉ ZÁKLADY	17
2.1. Základní pojmy, označování a závislosti pro soustavu o jednom stupni volnosti	17
2.1.1. Tlumení viskózního typu	17
2.1.1.1. Volné kmitání	17
2.1.1.2. Vynucené kmitání	19
2.1.2. Hysterezní tlumení	23
2.1.3. Názvosloví přenosů	25
2.2. Soustava s více stupni volnosti a pojem modální analýzy	26
2.2.1. Vlastní frekvence a vlastní tvary kmitu netlumené soustavy	27
2.2.2. Ortogonalita vlastních vektorů	29
2.2.3. Normalizace vlastních vektorů	30
2.2.4. Modální transformace pohybových rovnic	31
2.2.5. Proporcionální a hysterezní tlumení	34
2.3. Obecný případ viskózního tlumení	36
2.3.1. Vlastní frekvence a vlastní vektory	36
2.3.2. Ortogonalita a normalizace vlastních vektorů	37
2.3.3. Modální transformace	38
3. EXPERIMENTÁLNÍ URČOVÁNÍ FREKVENČNÍCH PŘENOSŮ	41
3.1. Základní poznatky z teorie náhodných procesů	42
3.1.1. Užití Fourierovy transformace	42
3.1.2. Chyby při zpracování signálů	44
3.2. Budicí účinky	48
3.2.1. Přehled	48
3.2.2. Přenesení silového účinku na soustavu	51
3.2.3. Cejchování	52
3.3. Ovlivnění signálů vstupními obvody	52
3.3.1. Náhradní elektrické obvody	52
3.3.2. Citlivost snímačů	54
3.3.3. Zpracování signálu silového pulsu	56
3.3.4. Rektifikace fázového zkreslení	57

3.4. Příprava soustavy k měření	58
3.4.1. Volba bodů identifikace	58
3.4.2. Poloautomatické generování prostorových souřadnic daného objektu	60
3.4.3. Zachycení soustavy v prostoru	62
3.4.4. Volba referenčního bodu	63
3.5. Měřicí zařízení	64
3.5.1. Instalace měřicí aparatury	64
3.5.2. Příprava analyzátoru k měření	65
3.5.3. Ověřovací měření	66
3.5.4. Příprava k ukládání výsledků měření	67
3.6. Odměření spekter frekvenčních přenosů	68
4. URČOVÁNÍ MODÁLNÍCH PARAMETRŮ Z NAMĚŘENÝCH HODNOT	69
4.1. Soustava s jedním stupněm volnosti	70
4.1.1. Znázornění frekvenčního přenosu v Nyquistově diagramu	70
4.1.2. Geometrický přístup k úloze vyhlazení	72
4.1.3. Regrese použitelné pro nalezení modální konstanty	72
4.1.3.1. Regrese podle kružnice procházející počátkem	73
4.1.3.2. Regrese podle kružnice neprocházející počátkem	73
4.1.4. Regrese použitelné pro nalezení modální frekvence a tlumení	74
4.1.4.1. Přímý odhad vlastního čísla	75
4.1.4.2. Regrese podle tangenty	75
4.1.4.3. Regrese podle kubického polynomu	77
4.1.4.4. Užití interpolační formule	78
4.2. Soustava s více stupni volnosti	80
4.2.1. Složitá soustava jako sjednocení více soustav s jedním stupněm volnosti	80
4.2.2. Zjednodušený simultánní výpočet reziduí	81
4.2.3. Simultánní výpočet vlastních čísel a reziduí	82
4.2.4. Globální vyhlazení	84
4.3. Kontrolní syntéza frekvenčního přenosu	85
4.4. Určení modálního tvaru z výsledků regresního výpočtu	85
4.5. Kritérium modální věrnosti	87
5. VYUŽITÍ MODÁLNÍCH MODELŮ	88
5.1. Grafická interpretace tvarů kmitu	88
5.1.1. Znázornění prostorových objektů	88
5.1.2. Sestrojení normály k ploše	89
5.1.3. Vynášení výchylek ve směru normály	90
5.1.4. Znázornění bodu konajícího obecný harmonický pohyb	91

5.2. Strukturální dynamická modifikace	92
5.2.1. Teoretické základy	92
5.2.1.1. Použité předpoklady a formulace úlohy	92
5.2.1.2. Algoritmus výpočtu	94
5.2.2. Postup při praktickém použití	96
5.2.3. Ilustrace výpočtu na konkrétním příkladě	97
5.3. Modelování odezev	100
5.4. Identifikace budicích silových účinků	100
6. PŘÍKLAD PROGRAMOVÉHO PROJEKTU PRO MODÁLNÍ ANALÝZU	101
6.1. Stručná charakteristika dílčích programů	103
6.2. Užívané datové soubory	105
6.3. Ilustrace použití programů na příkladech	107
6.3.1. Prostorový rám	107
6.3.2. Lopetka proudového stroje	111
6.3.3. Krycí kotouč radiálního kompresoru	112
<u>DODATKY</u>	114
D 1. Použití modálního rozkladu pro analýzu příčného kmitání nosníku	114
D 1.1. Výpočet vlastních frekvencí a tvarů kmitu	114
D 1.2. Sestavení výrazu pro dynamickou poddajnost mezi dvěma body nosníku	116
D 2. Parametry rázového buzení a jejich vzájemné souvislosti	118
D 2.1. Průběh síly při rázu	118
D 2.2. Spektrum silového pulsu	120
SEZNAM LITERATURY	122
SEZNAM UŽÍVANÝCH OZNAČENÍ	123