



OBSAH

PREDHOVOR	7
1 ÚVOD	9
2 CHARAKTERISTIKY KMITANIA MECHANICKÝCH SÚSTAV.....	11
2.1 Klasifikácia dynamických procesov a mechanických sústav.....	11
2.2 Vybrané charakteristické funkcie signálov a funkcionálne operácie	12
3 DIGITÁLNA FREKVENČNÁ ANALÝZA MECHANICKÝCH SÚSTAV	29
3.1 Diskrétna Fourierova transformácia.....	29
3.2 Rýchla Fourierova transformácia (FFT)	33
3.3 Dôsledky diskrétnej Fourierovej transformácie	35
3.4 Charakteristické funkcie pri diskrétnej Fourierovej transformácii	47
3.5 Neistoty pri spektrálnej analýze.....	48
3.6 Použitie jednotlivých typov okien.....	50
3.7 Zníženie času analýzy prekryvaním signálu	51
3.8 Analýza zväčšovaním pásma (analýza zoom).....	54
3.9 Dvojkanálový analyzátor	59
3.10 Vplyv šumu signálu na meranie frekvenčného prenosu.....	66
4 DYNAMICKÉ CHARAKTERISTIKY LINEÁRNYCH MECHANICKÝCH SÚSTAV S JEDNÝM STUPŇOM VOĽNOSTI	71
4.1 Váhová funkcia (časová oblasť)	71
4.2 Frekvenčný prenos (Fourierova oblasť).....	72
4.3 Obrazový prenos (Laplaceova oblasť)	79
5 SNÍMAČE NA MERANIE MECHANICKÉHO KMITANIA.....	81
5.1 Základné pojmy.....	81
5.2 Prenosové vlastnosti absolútnych snímačov mechanických kmitov	84
5.2.1. Voľné kmitanie s tlmením	86
5.2.2. Vynútené kmitanie pri kinematickom budení.....	88
5.2.3. Kmitanie pri budení mechanickými otrasmi.....	91



5.3 Prenosové vlastnosti relatívnych dotykových snímačov	93
5.4 Základy teórie elektromechanických prevodníkov	95
5.4.1. Mechanická impedancia prvkov mechanickej sústavy	96
5.4.2. Mechanická impedancia zotrvačnej sústavy	99
5.5 Elektrické prevody snímačov	101
5.5.1. Aktívne prevodníky	101
5.5.2. Pasívne prevodníky	104
5.6 Laser Dopplerove vibrometre	106
5.6.1. Dopplerov jav pri svetle	107
5.6.2. Laserový vibrometer pre meranie v jednom bode	108
5.6.3. Diferenciálny vibrometer	109
5.6.4. Skenovací Laser Dopplerov Vibrometer	109
5.6.5. In-Plane vibrometer	110
5.6.6. Rotačný vibrometer	111
6 BUDENIE MECHANICKÝCH SÚSTAV	113
6.1 Budenie neperiodickým signálom	114
6.2 Budiče mechanických sústav	115
7 EXPERIMENTÁLNA MODÁLNA ANALÝZA	119
7.1 Kmitanie sústav s viacerými stupňami voľnosti	121
7.1.1. Určovanie počtu stupňov voľnosti sústavy	121
7.1.2. Vlastné frekvencie a vlastné tvary kmitov	122
7.1.3. Sústavy s viskóznym tlmením	125
7.1.4. Priama metóda určovania frekvenčnej prenosovej funkcie	126
7.1.5. Modálna metóda určovania frekvenčnej prenosovej funkcie	126
7.2 Kmitanie sústav s nekonečným počtom stupňov voľnosti	129
7.2.1. Vlastné frekvencie a vlastné tvary kmitov	129
7.2.2. Podmienky ortogonality, modálna transformácia pohybových rovníc	132
7.3 Určovanie parametrov mechanických sústav	135
7.3.1. Sústavy s jedným stupňom voľnosti	135
7.3.2. Sústavy s viacerými stupňami voľnosti	138
7.3.3. Sústavy s nekonečným počtom stupňov voľnosti	141
7.3.4. Metóda CMIF	144

7.3.5. MAC kritérium	147
7.4 Prevádzková modálna analýza.....	148
7.4.1. Metóda dekompozície frekvenčnej oblasti	149
8 MERACÍ SYSTÉM PULSE™	153
8.1 Meracie zariadenie Pulse LAN-XI.....	153
8.2 Meracie zariadenie Pulse IDA-e	154
8.3 Zásuvné moduly pre Pulse IDA-e	156
8.4 Ovládací softvér Pulse LabShop	158
8.5 Vyhodnocovací softvér Pulse Reflex™	164
8.5.1. Modul Pulse Reflex Core.....	164
8.5.2. Modul Pulse Reflex Modal Analysis.....	167
9 MERACÍ SYSTÉM Q-450.....	169
9.1 Popis a technické parametre systému Q-450	169
9.2 Metóda digitálnej obrazovej korelácie.....	170
9.2.1. Princíp metódy DIC	170
9.2.2. Korelačná funkcia a korelačný algoritmus.....	172
9.2.3. Korelácia využitím pseudo-afinitnej transformácie	175
9.2.4. Kalibračný proces.....	176
9.2.5. Chyby a nepresnosti obrazovej korelácie	179
9.3 Postup pri práci s korelačným systémom Q-450.....	181
9.4 Využitie digitálnej obrazovej korelácie v modálnej analýze.....	191
9.4.1. Program Modan v.1.0.....	191
9.4.2. Určovanie vlastných frekvencií a vlastných tvarov pomocou digitálnej obrazovej korelácie	196
10 PRAKTICKÉ UPLATNENIE EXPERIMENTÁLNEJ MODÁLNEJ ANALÝZY PRI RIEŠENÍ ÚLOH PRAXE	203
10.1 Modálna analýza transportného komplexu určeného na prevoz vyhoreného jadrového paliva	203
10.1.1. Popis transportného komplexu	203
10.1.2. Analýza príčin vzniku kmitania transportného komplexu	205
10.1.3. Metodika modálnej analýzy transportného komplexu.....	205
10.1.4. Výsledky modálnej analýzy transportného komplexu.....	207



10.1.5. Analýza kmitania transportného komplexu počas prepravy	210
10.1.6. Zhrnutie výsledkov a z nich vyplývajúce závery	215
10.2 Modálna analýza výtlačného potrubia radiálneho plynového kompresora	216
10.2.1. Výsledky modálnych analýz výtlačných potrubí realizovaných počas prevádzkovania kompresora ES1	218
10.2.2. Výsledky modálnych analýz výtlačných potrubí realizovaných počas odstávky kompresora ES1	225
10.2.3. Analýza kmitania výtlačných potrubí budených prevádzkou kompresora ES1	228
10.2.4. Analýza kmitania výtlačných potrubí kompresorov ES2 a ES3 počas ich prevádzky	229
10.2.5. Zhrnutie výsledkov a z nich vyplývajúce závery	231
11 LITERATÚRA	233