



OBSAH

TERMINOLOGIE	7
POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY	11
1. ÚVOD	12
1.1. Teoretické základy	14
1.1.1. Fourierova transformace	14
1.1.1.1. Fourierova transformace neperiodických signálů	15
1.1.1.2. Fourierova transformace periodického signálu	15
1.1.1.3. Fourierova transformace náhodného signálu	14
1.1.2. Diskrétní Fourierova transformace (DFT)	16
1.1.3. Rychlá Fourierova transformace (FFT)	17
1.1.4. Hilbertova transformace	19
2. TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA	21
2.1. Metody technické diagnostiky	21
2.1.1. Metody technické bezdemontážní diagnostiky	21
2.1.2. Metody nedestruktivní technické diagnostiky	23
2.1.3. Metody tenzometrické diagnostiky	24
2.2. Diagnostické prostředky	24
2.3. Diagnostické modely	24
3. VIBRAČNÍ DIAGNOSTIKA	26
3.1. Důvody využití vibrační diagnostiky v průmyslu	33
3.2. Údržba strojů	34
3.3. Volba časového okna	42
3.4. Typy průměrování	46
3.5. Snímače používané ve vibrodiagnostice	50
3.5.1. Snímače výchylky, polohy a posuvu	51
3.5.2. Snímače rychlosti	52
3.5.3. Snímače zrychlení – akcelerometry	53
3.6. Uchycení snímače	55
3.7. Volba měřících míst	57
4. BUDICÍ FREKVENCE HLAVNÍCH ZDROJŮ VIBRACÍ	62
4.1. Rotorové buzení	65
4.1.1. Nevyváženost rotorů	65
4.1.2. Nesouosost	66
4.1.3. Ohnutý hřídel	72
4.1.4. Excentrický rotor	73
4.1.5. Mechanické uvolnění	73
4.2. Buzení řemenových převodů	74
4.3. Buzení řetězových převodů	76
4.4. Buzení ozubenými převody	76
4.5. Hydrodynamické a aerodynamické buzení	81
4.6. Elektrické buzení	83
4.7. Magnetické buzení	85



4.8. Buzení kluzných a valivých ložisek	86
4.8.1. Diagnostika kluzných ložisek	88
4.8.2. Diagnostika valivých ložisek	94
4.8.2.1. Poruchové frekvence valivých ložisek	102
4.8.2.2. Poplachová úroveň pro celkové vibrace	106
4.8.2.3. Metody diagnostiky valivých ložisek	107
4.8.2.3.1. Metoda rázových pulzů SPM (Shock Pulse Method)	109
4.8.2.3.2. Metoda BCU (Bearing Condition Unit)	111
4.8.2.3.3. Metoda KURTOSIS	111
4.8.2.3.4. Metoda špičkové energie (Spike – energy)	112
4.8.2.3.5. Metoda K(t) parametru	113
4.8.2.3.6. Metoda činitele výkmitu (Crest – factor)	114
4.8.2.3.7. Metoda Q	114
4.8.2.3.8. Metoda obálkové analýzy (envelope spectrum)	115
4.8.2.3.9. Metoda SEE (Spektral Emitted Energy)	120
4.9. Rezonance	123
5. PŘÍKLADY MĚŘENÍ A ANALÝZY VIBRACÍ	132
5.1. Měření a analýza vibračních spekter obráběcího stroje na výrobu ozubeného kola ..	132
5.2. Měření a analýza vibračních spekter brusky na výrobu pastorek převodovky	135
5.3. Převodovky osobních automobilů	140
5.3.1. Kinematické schéma převodovky	144
5.3.2. Metodika měření	145
5.3.3. Výpočet frekvencí buzení převodovky	146
5.4. Projev mechanických závad převodovek	148
5.4.1. Poškození valivého ložiska vstupního hřídele převodovky	153
5.4.2. Poškození valivého ložiska pastorku převodovky	158
5.4.3. Zvýšená hlučnost a vibrace převodovky vlivem poruchy na obráběcím stroji pro výrobu ozubeného kola převodovky	162
5.4.4. Zvýšená hlučnost a vibrace převodovky vlivem poruchy brusky	165
6. PROVOZNÍ VYVAŽOVÁNÍ STROJŮ A ZAŘÍZENÍ	172
6.1. Základní pojmy	172
6.2. Vyvažování rotorů	172
6.3. Stanovení jakosti vyvážení rotoru	173
6.4. Příčiny nevyváženosti rotačních strojů	176
6.5. Základní druhy nevyváženosti a odezva vibrací	177
6.5.1. Statická nevyváženost	177
6.5.2. Kvazistatická nevyváženost	178
6.5.3. Momentová (dvojicová) nevyváženost	179
6.5.4. Dynamická nevyváženost (obecná)	180
6.6. Způsoby korekce nevyvážených hmot	181
6.7. Metody provozního vyvažování	181
6.7.1. Vyvažování v jedné vyvažovací rovině	182
6.7.2. Vyvažování ve dvou vyvažovacích rovinách	185
6.8. Příklady vyvažování	187



7. DALŠÍ METODY TECHNICKÉ DIAGNOSTIKY	190
7.1. Analýza signálů a analýza systémů	190
7.1.1. Kmitočtové charakteristiky systému	191
7.2. Modální analýza	194
7.2.1. Koherence	196
7.3. Metoda zviditelnění provozních tvarů kmitů	198
7.3.1. Doporučení při aplikaci metody PTK	201
7.3.2. Ukázky použití PTK na konkrétních příkladech	201
7.4. Kepstrální analýza (cepstrální analýza)	203
7.4.1. Výhody kepstrální analýzy v porovnání se spektrální analýzou	205
8. ZÁVĚR	207
PŘÍLOHA 1: NEJOBVYKLEJŠÍ PŘÍČINY A CHARAKTERISTIKY	208
PŘÍLOHA 2: DICTIONARY OF BASIC TERMINOLOGY	211
LITERATURA	215

Vytvoření a vydání skript bylo podpořeno projektem OPVK „Zvýšení technických kompetencí absolventů pro průmyslovou praxi“ (Registrační číslo CZ.1.07/2.2.00/28.0311).