

L'USINE NOUVELLE

SÉRIE | GESTION INDUSTRIELLE

Alain Boulenger • Christian Pachaud

ANALYSE VIBRATOIRE EN MAINTENANCE

Surveillance et diagnostic
des machines

3^e édition

DUNOD

Table des matières

Introduction	1
--------------	---

A

Principes

1 • La surveillance	7
1.1 Les indicateurs	7
1.2 Indicateurs vibratoires et connexes	11
1.3 Surveillance	16
2 • Surveillance par indicateurs scalaires énergétiques	23
2.1 Indicateurs « large bande »	25
2.2 Indicateurs « bande étroite »	39
2.3 Courbes de tendance	43
3 • Surveillance par indicateurs spectraux et typologiques	45
3.1 Définition et principes	45
3.2 Surveillance par comparaison de spectres	47
3.3 Machines à vitesse variable	51
3.4 Indicateurs spectraux de base	52
3.5 Indicateurs spectraux complémentaires	58
3.6 Indicateurs typologiques	68
3.7 Conclusions	73
4 • Les paliers fluides	75
4.1 Mouvement relatif d'arbre	76

4.2 Analyses en régime transitoire	80
4.3 Mouvement absolu de palier	80
4.4 Conclusions	82
5 • Le diagnostic	83
5.1 Définition et principes	84
5.2 Recherche des symptômes et images vibratoires	105
5.3 Deux exemples de diagnostic	107
5.4 Recette vibratoire	114
5.5 Diagnostic périodique	116

B

Mise en œuvre

6 • Les outils	121
6.1 Capteurs et conditionneurs	122
6.2 Surveillance périodique	123
6.3 Surveillance permanente	131
6.4 Diagnostic	134
6.5 Systèmes d'aide au diagnostic	137
6.6 Évolution des outils	138
7 • Les causes d'échecs	145
7.1 Les techniques d'investigation	146
7.2 Une mise en œuvre déficiente	149
7.3 Le rôle ambigu des partenaires	157
7.4 La non-structuration du métier	168
7.5 Le manque de programmes de recherche	168
7.6 Conclusion	169
8 • Les voies de la réussite	173
8.1 L'étude de faisabilité	174
8.2 Les choix	177

80	8.3 Le démarrage du programme de surveillance	183
80	8.4 La pratique d'une politique de surveillance globale « machines »	187
82	Conclusion	193
83	<h2>Annexes</h2>	
84		
105	I • Facteur de crête et kurtosis	201
107	I.1 Modélisation de la réponse d'une résonance	201
114	I.2 Facteur de crête	202
116	I.3 Kurtosis	204
	I.4 Comparaison entre facteur de crête et kurtosis	205
	I.5 Facteur de crête et kurtosis du signal enveloppe	210
	I.6 Réponse à deux excitations	213
	I.7 Incidence du filtrage passe-bande	214
	I.8 Considérations pratiques	216
121	I.9 Limites d'utilisation	217
122	I.10 Illustration à partir de cas concrets	222
123	I.11 Conclusions	229
131	I.12 Table des coefficients	230
134	II • Introduction à l'analyse spectrale	231
137	II.1 Transformées de Fourier et produit de convolution	232
138	II.2 Transformée de Fourier discrète	241
145	II.3 Le zoom par transformée de Fourier	256
146	II.4 Notion d'analyse temps réel	257
149	II.5 Correction des effets de discrétisation (peak fit)	258
157	II.6 Séparation de deux composantes	260
168	II.7 Illustration à partir de cas concrets	262
168	III • analyse spectrale des réponses	
169	à des excitations impulsionnelles	279
173	III.1 Spectre de la réponse d'une résonance	279
174	III.2 Spectre de l'enveloppe de la réponse d'une résonance	283
177	III.3 Réponse d'une résonance à deux excitations	286

III.4 Analyse des réponses impulsionnelles de résonances	290
III.5 Illustration à partir de cas concrets	294
IV • Le cepstre	303
IV.1 Définitions	304
IV.2 Propriétés	305
IV.3 Considérations pratiques	312
IV.4 Illustration à partir de cas concrets	313
IV.5 Conclusion	324
V • La démodulation amplitude-fréquence-phase (DAFP)	325
V.1 Défauts induisant des excitations modulées	326
V.2 Représentation d'un signal sinusoïdal modulé	328
V.3 Démodulation amplitude-fréquence-phase	336
V.4 Considérations pratiques	344
V.5 Illustration à partir de cas concrets	347
V.6 Conclusion	359
VI • Réponse d'un oscillateur à 1 DDL	361
VI.1 Équations du mouvement	361
VI.2 Mouvement libre	362
VI.3 Mouvement force	367
VI.4 Mesure du facteur Q et du temps de relaxation	375
VII • Introduction à l'analyse temporelle	379
VII.1 Dualité résolution « temps/fréquence »	381
VII.2 Filtrage temporel du signal brut	383
VII.3 Filtres numériques	385
VII.4 Filtrage par peigne	401
VII.5 Les différentes étapes du traitement temporel d'un signal	409
VII.6 Exemples d'application du filtrage par peigne	410
Bibliographie	415
Index alphabétique	419