

collection pédagogique d'automatique

Diagnostic des systèmes linéaires

Didier Maquin

José Ragot

 hermes

Table des matières

Avant-propos	9
Introduction. Détection et diagnostic de défauts	11
01. Introduction	11
02. La détection de défauts basée sur l'utilisation de modèles	17
Chapitre 1. Génération d'équations de redondance analytique	23
1.1. Introduction	23
1.2. Espace de parité statique	24
1.2.1. Calcul du vecteur parité	24
1.2.2. Exemple numérique	28
1.2.3. Analyse du vecteur parité	31
1.3. Espace de parité dynamique	34
1.3.1. Principe de la génération d'équations de redondance	34
1.3.2. Relations d'auto-redondance	36
1.3.3. Relations d'inter-redondance	38
1.3.4. Utilisation du calcul symbolique	41
1.3.5. Génération de redondances par réduction des équations d'état ...	42
1.4. Utilisation de la théorie de l'élimination	44
1.5. Conception de résidus structurés	47
1.6. Exercice corrigé	49
1.6.1. Enoncé de l'exercice	49
1.6.2. Eléments de solution	50

Chapitre 2. Génération de résidus à l'aide d'observateurs	59
2.1. Introduction	59
2.2. Structure d'un observateur proportionnel	60
2.3. Erreur de reconstruction d'état	61
2.4. Erreur de reconstruction de sortie	62
2.5. Influence d'un bruit de mesure à caractère aléatoire	63
2.6. Influence d'une erreur de modèle	66
2.7. Influence d'une défaillance de capteur	70
2.8. Influence d'une défaillance d'actionneur	72
2.9. Observateur à entrées inconnues	73
2.9.1. Principe de la reconstruction	74
2.9.2. Influence des défauts capteurs et actionneurs	76
2.9.3. Extension : estimation des entrées inconnues	76
2.9.4. Extension : cas où les mesures dépendent d'entrées inconnues ...	77
2.10. Bancs d'observateurs	78
2.11. Observateur à mémoire finie	81
Chapitre 3. Techniques élémentaires d'analyse des résidus	83
3.1. Introduction	83
3.2. Décision statistique et tests d'hypothèses	84
3.3. Tests du caractère aléatoire d'une série de valeurs	88
3.3.1. Test des suites	88
3.3.2. Test des signes	90
3.4. Test d'adéquation à une loi normale	90
3.5. Comparaison de paramètres à des valeurs données	91
3.5.1. Comparaison d'une moyenne à une valeur donnée	91
3.5.2. Comparaison d'une variance à une valeur donnée	92
3.6. Test de Neyman Pearson	92
3.6.1. Principe du test	92
3.6.2. Exercice 1 : détection de saut de moyenne connu	95
3.6.3. Exercice 2 : détection de saut de moyenne inconnu	96
3.7. Test de Bayes	97
3.7.1. Principe du test	97
3.7.2. Exercice 3 : détection de saut de moyenne connu	98
3.7.3. Exercice 4 : détection de saut de variance connu	99

3.8. Test progressif de Wald	99
3.8.1. Principe du test	99
3.8.2. Exercice 5 : détection de saut de moyenne connu	101
3.8.3. Exercice 6 : détection de saut de variance connu	102
3.9. Test de Page	102
3.10. Modalités de mise en œuvre des tests	105
3.10.1. Comparaison d'une moyenne à une valeur de référence	107
3.10.2. Test de Bayes	108
3.10.3. Test progressif de Wald	109
3.10.4. Test de Page	110
3.11. Localisation de défauts sur la base de l'analyse de signatures	112
3.11.1. Comparaison de signatures booléennes	112
3.11.2. Evaluation non booléenne des résidus	114
3.11.3. Exemple de localisation de défaut	117
Chapitre 4. Estimation d'état d'un processus de broyage-classification	123
4.1. Enoncé du problème	123
4.1.1. Mise en équation du système	125
4.1.2. Etude de stabilité	125
4.1.3. Etude de gouvernabilité	125
4.1.4. Etude d'observabilité	125
4.1.5. Reconstruction d'état par observateur	125
4.1.6. Influence d'un défaut de capteur	126
4.1.7. Influence du bruit de mesure	126
4.1.8. Influence d'une imprécision de modèle	126
4.1.9. Observateurs multiples et signatures de défauts	127
4.1.10. Influence d'une fuite	127
4.1.11. Observateur à entrées inconnues	127
4.2. Solution commentée	127
4.2.1. Mise en équation du système	127
4.2.2. Stabilité du système	129
4.2.3. Gouvernabilité	129
4.2.4. Observabilité	130
4.2.5. Reconstruction d'état	131
4.2.6. Influence d'un défaut de capteur	134

8 Diagnostic des systèmes linéaires

4.2.7. Influence du bruit de mesure	137
4.2.8. Influence d'une imprécision de modèle	142
4.2.9. Observateurs multiples et signatures de défauts	143
4.2.10. Influence d'une fuite	146
4.2.11. Observateur à entrées inconnues	148
Bibliographie	151

Les méthodes de détection de défauts basées sur l'utilisation de modèles, développées depuis le début des années soixante-dix, ont atteint aujourd'hui un degré de maturité suffisant pour constituer un corpus d'enseignement. Cet ouvrage permet une première approche des méthodes les plus classiques utilisées pour la détection-localisation de défauts sur un processus (défauts de capteurs, d'actionneurs, voire du processus lui-même).

Diagnostic des systèmes linéaires s'adresse aux étudiants – de niveau maîtrise, DEA, DESS ou troisième année de formation d'ingénieur – souhaitant acquérir rapidement une première compétence dans ces méthodes ainsi qu'aux enseignants désirant mettre en place une formation dans ce domaine. Il intéresse aussi les ingénieurs chargés du suivi de production de processus continus (chimie, pétrochimie, réseaux de transport de fluide, minéralurgie...).

Les auteurs

Didier Maquin est maître de conférences et José Ragot est professeur des Universités à l'Institut National Polytechnique de Lorraine. Leurs travaux, effectués au Centre de Recherche en Automatique de Nancy (CRAN), sont orientés vers la modélisation et la surveillance de fonctionnement des processus technologiques ou environnementaux.