NORME INTERNATIONALE

ISO 13373-2

Deuxième édition
2016-01-15

Surveillance et diagnostic d'état des machines — Surveillance des vibrations —

Partie 2: Traitement, analyse et présentation des données vibratoires

Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring —

Part 2: Processing, analysis and presentation of vibration data

Numéro de référence
ISO 13373-2:2016(F)

© ISO 2016



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos ..... **v**

Introduction ..... **vi**

1 Domaine d'application **1**

2 Références normatives **1**

3 Conditionnement des signaux **1**
3.1 Généralités 1
3.2 Systèmes analogiques et numériques 4
3.2.1 Généralités 4
3.2.2 Techniques de numérisation 4
3.3 Systèmes de conditionnement des signaux 5
3.3.1 Généralités 5
3.3.2 Intégration et dérivation 5
3.3.3 Valeur quadratique moyenne (efficace) du signal de vibration 6
3.3.4 Gamme dynamique 6
3.3.5 Étalonnage 7
3.4 Filtrage 7

4 Traitement et analyse des données **8**
4.1 Généralités 8
4.2 Analyse dans le domaine temporel 8
4.2.1 Signal temporel 8
4.2.2 Battement 10
4.2.3 Modulation 11
4.2.4 Analyse de l'enveloppe 11
4.2.5 Surveillance de l'enveloppe du spectre de fréquences à bande étroite 12
4.2.6 Orbite d'arbre 12
4.2.7 Signal continu de position de l'arbre 13
4.2.8 Vibration durant les transitoires 13
4.2.9 Impulsion 14
4.2.10 Amortissement 15
4.2.11 Moyennage dans le domaine temporel 17
4.3 Analyse dans le domaine fréquentiel 18
4.3.1 Généralités 18
4.3.2 Transformée de Fourier 19
4.3.3 Troncature et fenêtrage 20
4.3.4 Pouvoir de résolution en fréquence 20
4.3.5 Longueur d'enregistrement 21
4.3.6 Modulation en amplitude (bandes latérales) 21
4.3.7 Repliement 23
4.3.8 Échantillonnage synchrone 24
4.3.9 Moyennage du spectre 25
4.3.10 Tracés logarithmiques (avec valeurs de référence en décibels) 25
4.3.11 Analyse en mode zoom 26
4.3.12 Dérivation et intégration 27
4.4 Affichage des résultats au cours des changements opérationnels 28
4.4.1 Amplitude et phase (diagramme de Bode) 28
4.4.2 Diagramme polaire (diagramme de Nyquist) 29
4.4.3 Diagramme en cascade 30
4.4.4 Diagramme de Campbell 32
4.5 Analyse en temps réel et bande passante en temps réel 33
4.6 Suivi d'ordres (analogiques et numériques) 34
4.7 Analyse par bande d'octave et par fraction d'octave 34
4.8 Analyse par la méthode du cepstre 35

© ISO 2016 – Tous droits réservés

5 Autres techniques **36**
Bibliographie **37**

 © ISO 2016 – Tous droits réservés

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: Avant-propos — Informations supplémentaires.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance*, sous-comité SC 2, *Mesure et évaluation des vibrations et chocs mécaniques intéressant les machines, les véhicules et les structures*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 13373-2:2005), qui a fait l'objet d'une révision d'ordre rédactionnel.

L'ISO 13373 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Surveillance des vibrations:*

— *Partie 1: Procédures générales*

— *Partie 2: Traitement, analyse et présentation des données vibratoires*

— *Partie 3: Lignes directrices pour le diagnostic des vibrations*

— *Partie 9: Techniques de diagnostic pour moteurs électriques*

© ISO 2016 – Tous droits réservés

Introduction

Le but de la présente partie de l'ISO 13373, qui traite de la surveillance des vibrations des machines, est de fournir des recommandations relatives aux méthodes et procédures de traitement des signaux et d'analyse des données délivrées par les capteurs de vibrations associés à une machine et implantés à des emplacements choisis pour les besoins de surveillance du comportement dynamique d'une machine.

Les mesurages des vibrations à large bande donnent une idée générale sur l'intensité des vibrations d'une machine qui peut être relevée et affichée afin d'alerter les utilisateurs d'une machine en cas d'apparition d'une condition anormale au niveau de la machine. Le traitement et l'analyse de ces signaux de vibration réalisés conformément aux procédures spécifiées dans la présente partie de l'ISO 13373 donnent à l'utilisateur un aperçu sur les moyens permettant de diagnostiquer la ou les causes possibles des problèmes affectant les machines, ce qui permet une surveillance plus ciblée et continue de celles-ci.

Un tel programme de surveillance ne présente pas seulement l'avantage d'attirer l'attention des opérateurs des machines sur le fait qu'une machine peut connaître une défaillance à un certain moment et qu'il est nécessaire de planifier l'entretien et la maintenance avant l'apparition de la défaillance, mais il fournit également de précieuses informations sur la nature de la maintenance qu'il est nécessaire de planifier et d'exécuter. Les vibrations sont des manifestations ou des signes avant-coureurs de problèmes tels que le défaut d'alignement, le balourd, l'usure accélérée, le fluage et les problèmes de lubrification.

L'ISO 13373-1 fournit des lignes directrices en matière de surveillance des vibrations des machines. La présente partie de l'ISO 13373 contient cependant des lignes directrices relatives au traitement, à l'analyse et à la présentation des données vibratoires ainsi recueillies et qui peuvent être utilisées aux fins de diagnostic pour déterminer la nature ou les causes profondes des problèmes.

Les procédures de traitement, d'analyse et de diagnostic des signaux, appliquées à la surveillance des vibrations, peuvent varier en fonction des processus à surveiller, du degré de précision souhaité, des ressources disponibles, etc. Un programme de surveillance parfaitement conçu et bien exécuté implique la prise en considération de plusieurs facteurs, tels que les processus prioritaires, la criticité (gravité) et la complexité d'un système, la rentabilité, la probabilité d'occurrence des divers mécanismes de défaillances et l'identification des premiers signes indicateurs de la défaillance.

Une analyse adéquate du processus est nécessaire pour imposer le choix des types de données souhaités afin de permettre une surveillance convenable des machines.

Il est nécessaire que la personne chargée de l'analyse des vibrations regroupe autant d'informations pertinentes que possible sur la machine à surveiller. Par exemple, la connaissance des fréquences de résonance et des fréquences d'excitation des vibrations à partir des renseignements descriptifs et des données analytiques donne un aperçu sur les fréquences vibratoires prévues, et par conséquent, sur la gamme de fréquences à surveiller. En outre, la connaissance de l'état initial de la machine, de l'historique de la machine en service et de ses conditions d'utilisation offre à l'analyste des informations complémentaires.

Ce processus de planification avant essai présente d'autres avantages; il fournit des lignes directrices sur les types de capteurs nécessaires, les emplacements requis les plus adéquats pour leur implantation, la nature de l'équipement requis pour le conditionnement (prétraitement) des signaux, le type d'analyse le plus approprié et les critères pertinents.

D'autres normes traitant de la surveillance et du diagnostic d'état des machines sont en cours d'élaboration. Elles sont destinées à fournir des lignes directrices sur la surveillance globale de la «santé» des machines, y compris des facteurs tels que les vibrations, le degré de pureté des huiles, la thermographie et les performances. Des techniques de base pour le diagnostic seront décrites dans l'ISO 13373-3.

 © ISO 2016 – Tous droits réservés

Surveillance et diagnostic d'état des machines — Surveillance des vibrations —

Partie 2: Traitement, analyse et présentation des données vibratoires

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 13373 spécifie des procédures recommandées pour le traitement et la présentation des données vibratoires et l'analyse des signatures vibratoires aux fins de surveillance des vibrations des machines tournantes et la réalisation de diagnostics, le cas échéant. Elle décrit différentes techniques en fonction des diverses applications. Elle présente par ailleurs des techniques d'amélioration des signaux et des méthodes d'analyse destinées à l'étude des phénomènes dynamiques de machines spécifiques. Plusieurs de ces techniques peuvent être appliquées à d'autres types de machines, y compris les machines alternatives. Elle donne en outre des exemples de formats pour des paramètres communément représentés aux fins d'évaluation et de diagnostic.

La présente partie de l'ISO 13373 est essentiellement fondée sur deux principes de base pour l'analyse des signaux de vibration: le domaine temporel et le domaine fréquentiel. Certaines méthodes d'affinement des résultats du diagnostic par variation des conditions de fonctionnement sont également couvertes.

La présente partie de l'ISO 13373 ne présente que les techniques les plus couramment utilisées pour la surveillance, l'analyse et le diagnostic des vibrations des machines. Plusieurs autres techniques sont mises en œuvre pour la détermination du comportement des machines et sont appliquées dans des études fondées sur une analyse et un diagnostic plus approfondis des vibrations qui dépassent le cadre du simple suivi pour la surveillance des machines. Une description détaillée de ces techniques ne relève pas du domaine d'application de la présente partie de l'ISO 13373, mais l'Article 5 établit, à titre d'information complémentaire, une liste de certaines de ces techniques spécialisées et encore plus développées.

Pour des machines de types et de dimensions spécifiques, les séries de normes ISO 7919 et ISO 10816 fournissent des principes directeurs pour l'application de grandeurs vibratoires à large bande destinée à la surveillance d'état des machines; d'autres documents tels que la norme VDI 3839 apportent des informations supplémentaires sur les problèmes spécifiques aux machines qui peuvent être identifiés par un diagnostic des vibrations.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 1683, *Acoustique — Valeurs de référence recommandées pour les niveaux acoustiques et vibratoires*

3 Conditionnement des signaux

3.1 Généralités

Tous les mesurages des vibrations sont pratiquement effectués en utilisant un capteur délivrant un signal électrique analogique proportionnel à la valeur instantanée de l'accélération, de la vitesse ou du déplacement des vibrations. Ce signal peut être enregistré sur un analyseur dynamique, étudié

© ISO 2016 – Tous droits réservés