NORME INTERNATIONALE

ISO 13373-9

Première édition
2017-10

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

Partie 9: Techniques de diagnostic pour moteurs électriques

Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring —

Part 9: Diagnostic techniques for electric motors

Numéro de référence
ISO 13373-9:2017(F)

© ISO 2017



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, 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 ..... **iv**

Introduction ..... **v**

1 Domaine d'application **1**

2 Références normatives **1**

3 Termes et définitions **1**

4 Mesures **3**
4.1 Mesure des vibrations 3
4.2 Mesure des paramètres opérationnels de la machine 3

5 Analyse initiale **3**

6 Analyse spécifique du moteur **3**

Annexe A (normative) **Méthode systématique d'analyse du comportement vibratoire des moteurs électriques** **5**

Annexe B (informative) **Méthodologie relative au diagnostic vibratoire des défauts des moteurs électriques** **12**

Annexe C (informative) **Exemples de problèmes vibratoires dans les moteurs électriques** **20**

Bibliographie **26**

© ISO 2017 – 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 nature volontaire des normes, 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'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été élaboré par le comité technique 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*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 13373 est disponible sur le site Internet de l'ISO.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

Introduction

Le présent document a été élaboré pour servir de ligne directrice concernant les modes opératoires à envisager lors des diagnostics des comportements vibratoires des moteurs électriques. Il est destiné à être utilisé par les professionnels, les ingénieurs et les techniciens du domaine des vibrations et il leur fournit des outils de diagnostic utiles. Ces outils comportent des organigrammes de diagnostic, des tableaux de processus et des tableaux de défauts. Le contenu du présent document présente les mesures les plus fondamentales, logiques et intelligentes qu'il convient de prendre dans le cadre du diagnostic des problèmes de vibrations liés à ces types particuliers de machines.

Les séries de Normes internationales ISO 7919 (arbres tournants), ISO 10816 (parties non tournantes) et ISO 20816 (arbres tournants et parties non tournantes) spécifient les zones et vibrations acceptables pour divers types et tailles de machines, depuis les machines neuves et en bon état de fonctionnement jusqu'aux machines menacées de défaillance.

L'ISO 13373-1 présente les modes opératoires de base pour l'analyse des signaux vibratoires à bande étroite. Elle inclut les types de capteurs utilisés, leurs plages et les emplacements recommandés sur les divers types de machines, la surveillance des systèmes vibratoires en ligne et périodiques, ainsi que les problèmes éventuels de l'équipement.

L'ISO 13373-2 présente des descriptions de l'équipement de conditionnement des signaux requis, les techniques relatives aux domaines fréquentiel et temporel, et les formes d'ondes et signatures qui représentent les phénomènes de fonctionnement les plus courants des machines ou les défauts des machines que l'on rencontre lorsqu'on effectue une analyse des signatures vibratoires.

L'ISO 13373-3 fournit des modes opératoires permettant de déterminer les causes des problèmes vibratoires communs à tous les types de machines tournantes. Elle inclut des méthodes systématiques de caractérisation des effets vibratoires, les outils de diagnostic disponibles, les outils nécessaires à des applications particulières et des recommandations sur la façon d'appliquer les outils à différents types de machines et différents composants. Cependant, elle n'exclut pas l'utilisation d'autres techniques de diagnostic.

Il convient de noter que l'ISO 17359 précise que le diagnostic

— peut être déclenché à l'issue de la détection d'une anomalie au cours de la surveillance, ou

— peut être réalisé de façon synchrone avec la surveillance, dès le début, de celle-ci.

Le présent document ne traite que de la première option, à savoir la réalisation du diagnostic à l'issue de la détection d'une anomalie. En outre, le présent document se focalise principalement sur l'utilisation d'organigrammes et de tableaux de processus au titre d'outils de diagnostic, ainsi que sur des tableaux de défauts, puisque l'on considère que ce sont les outils les plus appropriés pour les professionnels, les ingénieurs et les techniciens du domaine concerné.

La méthodologie basée sur l'utilisation d'organigrammes et de tableaux de processus propose un mode opératoire structuré permettant à un professionnel du domaine concerné de diagnostiquer un défaut et de trouver sa cause. Il convient que ce mode opératoire pas-à-pas soit à même de guider le professionnel dans le diagnostic vibratoire des anomalies de la machine, afin d'identifier la cause à l'origine de cette anomalie.

Le tableau des défauts présente une liste des défauts les plus répandus sur les machines, ainsi que leurs manifestations dans les données vibratoires. Lorsqu'ils sont utilisés avec les organigrammes, les tableaux permettent d'identifier les défauts des machines.

Lorsqu'il s'agit d'aborder un problème de machines se manifestant sous forme d'un signal vibratoire élevé ou erratique, il convient de procéder au diagnostic d'une manière systématique et réfléchie. Le présent document associé à l'ISO 13373-3 réalise cet objectif en fournissant à l'analyste des recommandations sur la sélection des outils de mesure et des outils d'analyse adaptés, ainsi que sur leur utilisation, et les modes opératoires préconisés présentés sous forme de pas-à-pas pour le diagnostic des problèmes associés aux divers types de moteurs électriques.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

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

Partie 9: Techniques de diagnostic pour moteurs électriques

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les modes opératoires à envisager lors du diagnostic du comportement vibratoire de divers types de moteurs électriques. Les quatre types de moteurs traités par le présent document sont: les moteurs à induction à cage d'écureuil, les moteurs à induction à rotor bobiné, les moteurs à pôles saillants et les moteurs à courant continu.

NOTE Les deux premiers types de moteurs sont définis dans l'ISO 20958.

Le présent document s'applique principalement aux moteurs d'une puissance supérieure à 15 kW.

Le présent document est destiné aux professionnels, aux ingénieurs et aux techniciens assurant la surveillance de l'état des machines et donne une méthode pratique basée sur les vibrations, détaillée pas-à-pas, pour établir le diagnostic des défauts. En outre, il présente un certain nombre d'exemples couvrant divers types de machines et de composants, et les symptômes des défauts qui leur sont associés.

Les modes opératoires proposés dans le présent document peuvent, dans certains cas, s'appliquer à d'autres types de machines électriques, par exemples des alternateurs, mais il peut exister d'autres techniques spécifiques associés aux dites machines qui ne figurent pas dans le présent document.

Le domaine d'application du présent document couvre l'utilisation de grandeurs non vibratoires, comme la tension et le courant, pour déterminer et analyser les défauts des moteurs électriques liés aux vibrations.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 2041, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillanceVocabulaire*

ISO 13372, *Surveillance et diagnostic de l'état des machines — Vocabulaire*

ISO 20958, *Surveillance et diagnostic des systèmes de machines — Analyse de la signature électrique des moteurs triphasés à induction*

ISO 21940-2, *Vibrations mécaniques — Équilibrage des rotors — Partie 2: Vocabulaire*

IEC 60050, *Vocabulaire Electrotechnique International*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 2041, l'ISO 13372, l'ISO 20958, l'ISO 21940-2 et l'IEC 60050 ainsi que les suivants s'appliquent.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse http://www.electropedia.org/

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse http://www.iso.org/obp

3.1
armature cc
arbre comportant un noyau stratifié à encoches, dans lequel se trouve une bobine à deux couches, reliée à un commutateur alimenté en courant continu par les balais

3.2
rotor à pôles saillants
arbre pourvu de pôles solides ou stratifiés ayant chacun une bobine

Note 1 à l'article: Les bobines des pôles sont reliées entre elles et à des bagues ou à un excitateur sans balais à partir desquels est transmis le courant continu requis.

3.3
fréquence de l'alimentation
fréquence de l'alimentation en énergie raccordée aux moteurs à courant alternatif

Note 1 à l'article: La fréquence d'alimentation est également appelée «fréquence du réseau».

3.4
fréquence de glissement
<moteurs à induction> différence entre les fréquences de la vitesse de rotation synchrone et de la vitesse de rotation du rotor

3.5
nombre de pôles du stator
nombre défini par la relation suivante:

$$\frac{2\, n_{\text{syn}}}{60\, f_{\text{supp}}}$$

où

n_{syn} est la vitesse de rotation synchrone, en tr/min;

f_{supp} est la fréquence de l'alimentation, en Hz

Note 1 à l'article: Le nombre de paires de pôles correspond au nombre de pôles divisé par 2.

3.6
fréquence de passage des pôles
<moteurs à induction> fréquence de glissement du rotor multipliée par le nombre de pôles

3.7
fréquence de passage des encoches du stator
nombre d'encoches du stator multiplié par la vitesse de rotation du rotor

3.8
fréquence de passage des encoches du rotor
nombre d'encoches du rotor multiplié par la vitesse de rotation du rotor

 © ISO 2017 – Tous droits réservés

3.9
fréquence de passage des barres du rotor
nombre de barres d'un rotor à cage d'écureuil multiplié par la vitesse de rotation du rotor

4 Mesures

4.1 Mesure des vibrations

La mesure des vibrations peut être réalisée à l'aide de deux catégories principales de capteurs:

— capteurs sans contact, par exemple capteur inductifs, capacitifs et de courant de Foucault utilisés sur les arbres rotatifs;

— capteur sismiques, par exemple accéléromètres ou capteurs de vitesse utilisés dans les parties non tournantes, comme les supports de paliers.

Des Normes internationales sont disponibles pour faciliter l'évaluation de la sévérité vibratoire concernant ces types de mesures décrits, en particulier l'ISO 7919, l'ISO 10816 et l'ISO 20816.

Il est important de reconnaitre qu'il convient d'utiliser, pour le diagnostic des défauts, le système de capteur, de conditionnement des signaux, de mesure et d'analyse approprié en tenant compte des situations spécifiques aux moteurs électriques. Par exemple, pour détecter les problèmes de barres d'un rotor, l'utilisation de la haute résolution spectrale est exigée pour détecter la fréquence de glissement. Dans nombre de cas, il est requis de tenir compte de la mise à la terre et du champ électrique de la machine avant de prendre toute mesure.

L'ISO 13373-1 et l'ISO 13373-2, qui doivent être considérées comme choix approprié, fournissent la description des systèmes de capteurs et de mesure ainsi que la spécification des techniques.

4.2 Mesure des paramètres opérationnels de la machine

Ce sont les paramètres opérationnels, par exemple la vitesse de rotation, la charge, l'orientation du moteur (verticale ou horizontale), la configuration du montage (dispositif de support solide ou flexible) et les températures qui peuvent influer sur les caractéristiques vibratoires de la machine: il est donc important d'en avoir connaissance pour parvenir à un diagnostic approprié. Pour une machine donnée, ces paramètres peuvent être associés à diverses conditions de fonctionnement stables et transitoires.

5 Analyse initiale

Il convient de procéder à une analyse initiale en utilisant les lignes directrices fournies dans l'ISO 13373-3:2015, Annexe A. Il convient que cette analyse détermine les problèmes liés à la sécurité, la présence de vibrations élevées et, dans ce cas, la sévérité vibratoire, l'historique, les effets des paramètres de fonctionnement, les conséquences résultant de l'absence d'actions correctives et la nécessité d'un arrêt du moteur. Il convient également de prendre en compte lors d'une analyse initiale d'autres facteurs tels que la configuration de montage du moteur, le comportement vibratoire de la machine entraînée, sa position par rapport aux autres machines tournantes, la structure du bâtiment, l'environnement, etc. Voir également l'ISO 13373-3:2015, Annexes B à D, pour les défauts courants résultant de l'installation et les défauts des paliers.

6 Analyse spécifique du moteur

Les moteurs électriques sont utilisés pour entraîner de nombreuses applications industrielles, comme les pompes, les ventilateurs et les compresseurs. Le présent document traite des informations de diagnostic du comportement vibratoire concernant les types les plus courants de moteurs électriques. Les symptômes des défauts les plus répandus qui provoquent des amplitudes vibratoires excessives sont indiqués à l'Annexe A qui doit être considérée. Cependant, l'Annexe A ne couvre pas les comportements vibratoires des moteurs résultant de problèmes de montage présentant du jeu,

© ISO 2017 – Tous droits réservés