

DIN ISO 13373-3

ICS 17.160

Einsprüche bis 2015-01-28

Entwurf**Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen –
Schwingungs-Zustandsüberwachung –
Teil 3: Anleitungen zur Schwingungsdiagnose (ISO/DIS 13373-3:2014)**

Condition monitoring and diagnostics of machines –
Vibration condition monitoring –
Part 3: Guidelines for vibration diagnosis (ISO/DIS 13373-3:2014)

Surveillance et diagnostic d'état des machines – Surveillance des vibrations – Partie 3:
Lignes directrices pour le diagnostic (ISO/DIS 13373-3:2014)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-11-28 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nals@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 42 Seiten

Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise.....	4
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Messungen	7
4.1 Schwingungsmessungen	7
4.2 Messungen der Betriebsparameter der Maschine	8
5 Strukturierte Vorgehensweise bei der Diagnostik	8
6 Zusätzliche Analyse und Prüfung	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Keine Änderungen an Betriebsparametern erforderlich	9
6.3 Änderungen an Betriebsparametern erforderlich	10
6.4 Gezielte Änderungen am Zustand der Maschine	10
7 Zusätzliche Diagnosetechniken	11
8 Erwägungen zur Empfehlung von Maßnahmen	11
Anhang A (normativ) Prozesstabellen für die systematische Vorgehensweise zur Schwingungsanalyse an Maschinen	12
Anhang B (informativ) Installationsfehler, die auf alle Maschinen zutreffen	19
Anhang C (informativ) Diagnose an radialen hydrodynamischen Gleitlagern	27
Anhang D (informativ) Diagnose an Wälzlagern	36
Literaturhinweise	42

Nationales Vorwort

Der internationale Norm-Entwurf ISO/DIS 13373-3:2014 ist vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration, shock and condition monitoring“, Unterkomitee SC 2 „Measurement and evaluation of mechanical vibration and shock as applied to machines, vehicles and structures“, dessen Sekretariat vom DIN geführt wird, erarbeitet worden. Die deutsche Mitarbeit erfolgt durch den Ausschuss NA 001-03-06-05 UA (NALS/VDI C 6.5) „Schwingungsüberwachung“ des Normenausschusses Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Da die Bilder im zugrundeliegenden ISO-Entwurf von mäßiger Qualität sind, wurden sie für diesen DIN-ISO-Entwurf neu gezeichnet und die in den Bildern z. T. enthaltenen Textinformationen in einer Legende wiedergegeben. Diese Bilder sollen auch in die zukünftige ISO-Norm übernommen werden.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 1925	siehe	DIN ISO 1925
ISO 2954	siehe	DIN ISO 2954
Normen der Reihe ISO 7919	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 7919
Normen der Reihe ISO 10816	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 10816
ISO 10817-1	siehe	DIN ISO 10817-1
ISO 13372	siehe	DIN ISO 17359 Beiblatt 1
Normen der Reihe ISO 13373	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 13373
ISO 17359	siehe	DIN ISO 17359
ISO/TR 19201	siehe	DIN ISO 10816 Beiblatt 1

Die Deutschen Normen sind im nationalen Anhang NA aufgeführt.

ISO 13373 mit dem Titel *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring* besteht aus folgenden Teilen:

— *Part 1: General procedures*

— *Part 2: Processing, analysis and presentation of vibration data*

— *Part 3: Guidelines for vibration diagnosis*

— *Part 9: Diagnostic techniques for electric motors*

Die folgenden Teile sind in Vorbereitung:

— *Part 4: Diagnostic techniques for steam turbines*

— *Part 5: Diagnostic techniques for fans and blowers*

- Part 6: Diagnostic techniques for gas turbines
- Part 7: Diagnostic techniques for machine sets in hydraulic power generating and pump-storage plants
- Part 8: Diagnostic techniques for industrial pumps
- Part 10: Diagnostic techniques for generators
- Part 11: Diagnostic techniques for gearboxes

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 1925, *Mechanische Schwingungen — Auswuchttechnik — Begriffe*

DIN ISO 2954, *Mechanische Schwingungen von Hubkolbenmaschinen und von Maschinen mit rotierenden Bauteilen — Anforderungen an Schwingstärkemessgeräte*

DIN ISO 7919-1, *Mechanische Schwingungen von Maschinen mit Ausnahme von Kolbenmaschinen — Messung und Bewertung von Wellenschwingungen — Teil 1: Allgemeine Anleitungen*

DIN ISO 7919-2, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an rotierenden Wellen — Teil 2: Stationäre Dampfturbinen und Generatoren über 50 MW mit Nenn-Betriebsdrehzahlen von 1 500 min⁻¹, 1 800 min⁻¹, 3 000 min⁻¹ und 3 600 min⁻¹*

DIN ISO 7919-3, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an rotierenden Wellen — Teil 3: Gekuppelte industrielle Maschinen*

DIN ISO 7919-4, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an rotierenden Wellen — Teil 4: Gasturbinensätze mit Gleitlagern*

DIN ISO 7919-5, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an rotierenden Wellen — Teil 5: Maschinensätze in Wasserkraft- und Pumpenanlagen*

DIN ISO 10816-1, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 1: Allgemeine Anleitungen*

DIN ISO 10816-2, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 2: Stationäre Dampfturbinen und Generatoren über 50 MW mit Nenn-Betriebsdrehzahlen von 1 500 min⁻¹, 1 800 min⁻¹, 3 000 min⁻¹ und 3 600 min⁻¹*

DIN ISO 10816-3, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 3: Industrielle Maschinen mit einer Nennleistung über 15 kW und Nenndrehzahlen zwischen 120 min⁻¹ und 15 000 min⁻¹ bei Messungen am Aufstellungsort*

DIN ISO 10816-4, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 4: Gasturbinensätze mit Gleitlagern*

DIN ISO 10816-6, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 6: Hubkolbenmaschinen mit Leistungen über 100 kW*

DIN ISO 10816-7, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 7: Kreislumpen für den industriellen Einsatz (einschließlich Messung der Wellenschwingungen)*

DIN ISO 10816-8, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 8: Hubkolbenkompressoren*

DIN ISO 10816-21, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 21: Windenergieanlagen mit horizontaler Drehachse und Getriebe ^{*)}*

DIN ISO 10816 Bbl 1, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Beiblatt 1: Methodisches Vorgehen bei der Auswahl von Normen zu Maschinenschwingungen einschließlich der Wellenschwingungen (ISO/TR 19201)*

DIN ISO 10817-1, *Messeinrichtung für die Schwingungen rotierender Wellen — Teil 1: Erfassung der relativen und der absoluten Radialschwingungen*

DIN ISO 13373-1, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung — Teil 1: Allgemeine Anleitungen*

DIN ISO 13373-2, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung — Teil 2: Verarbeitung, Analyse und Darstellung von Schwingungsmesswerten*

DIN ISO 17359, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Allgemeine Anleitungen*

DIN ISO 17359 Bbl 1, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Beiblatt 1: Erläuterungen zu Fachbegriffen*

^{*)} z. Z. Entwurf

Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung — Teil 3: Anleitungen zur Schwingungsdiagnose

Einleitung

Dieser Teil von ISO 13373 wurde als allgemeine Anleitung für die zu berücksichtigenden Verfahren bei der Durchführung einer Schwingungsdiagnostik an Maschinen erarbeitet. Er ist für Personen auf dem Gebiet der Schwingungstechnik, Ingenieure und Techniker vorgesehen und stellt hilfreiche Diagnosewerkzeuge bereit. Diese Werkzeuge umfassen diagnostische Flussdiagramme, Prozesstabellen und Fehlertabellen. Das darin enthaltene Material stellt eine strukturierte Vorgehensweise in grundlegenden, logischen und intelligenten Schritten zur Diagnose von Schwingungsproblemen an Maschinen dar, jedoch schließt dies die Anwendung weiterer Diagnosetechniken nicht aus.

ISO 13373-1 enthält die grundlegenden Verfahren zur Analyse von Schwingungssignalen. Sie umfassen die Art der verwendeten Aufnehmer, ihre Bereiche und empfohlenen Anordnungen an verschiedenen Maschinenarten, Online- und Offline-Schwingungssysteme sowie potentielle Maschinenprobleme.

ISO 13373-2 führt zur Diagnostik an Maschinen und umfasst Beschreibungen der erforderlichen Signal-Anpassungseinheiten, Techniken für den Zeitbereich und den Frequenzbereich sowie Zeitverläufe und Signaturen zur Charakterisierung der geläufigsten Betriebserscheinungen oder Maschinenfehler, die bei der Durchführung einer Analyse von Schwingungssignaturen gefunden werden.

Der vorliegende Teil von ISO 13373 umfasst allgemeine Anleitungen für eine Vielfalt von Maschinen. Anleitungen für spezielle Maschinen sind in weiteren Teilen dieser Normenreihe (momentan in Vorbereitung) enthalten, wie im nationalen Vorwort angegeben.

ISO 13373 definiert keine Schwingungsgrenzwerte, solche sind in ISO 7919 (für rotierende Wellen) und ISO 10816 (für nicht-rotierende Teile) enthalten.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 13373 enthält Anleitungen für die zu berücksichtigenden allgemeinen Verfahren bei der Durchführung einer Schwingungsdiagnostik an rotierenden Maschinen. Er ist für Personen auf dem Gebiet der Schwingungstechnik, Ingenieure und Techniker vorgesehen und umfasst eine praktisch strukturierte Vorgehensweise bei der Fehlerdiagnose. Außerdem gibt er Beispiele von Fehlern an, die auf eine große Zahl von Maschinen zutreffen.

ANMERKUNG Anleitungen für spezielle Maschinen sind in weiteren Teilen von ISO 13373 enthalten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 1925, *Mechanical vibration — Balancing — Vocabulary* ¹⁾

ISO 2041, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring — Vocabulary*

ISO 7919-1, *Mechanical vibration of non-reciprocating machines — Measurements on rotating shafts and evaluation criteria — Part 1: General guidelines*

ISO 13372, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vocabulary*

ISO 13373-1, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 1: General procedures*

ISO 13373-2, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 2: Processing, presentation and analysis of vibration data*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 1925, ISO 2041 und ISO 13372.

4 Messungen

4.1 Schwingungsmessungen

Zuverlässige Messungen sind die wesentliche Grundlage für die Anwendung dieses Teils von ISO 13373, siehe [1].

Grundsätzlich gibt es folgende drei Methoden der Schwingungsmessung:

- Schwingungsmessungen an nicht rotierenden Maschinenteilen, wie etwa am Lagergehäuse, am Maschinengehäuse oder an der Grundplatte, z. B. mittels Beschleunigungsaufnehmer oder Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer (siehe ISO 2954);

¹⁾ Die neue Nummer nach der Überarbeitung ist ISO 21940-2.

- Messung der Relativbewegung zwischen dem Rotor und den feststehenden Lagern oder dem Gehäuse, z. B. mittels Wirbelstromaufnehmer (siehe ISO 10817-1);
- Messung der Absolutbewegung der rotierenden Bauteile, z. B. mit einer Gleitschuh-Vorrichtung oder durch Kombination der Ergebnisse der im ersten und zweiten Anstrich beschriebenen Verfahren (siehe ISO 10817-1).

Internationale Normen sind erstellt worden, um die Beurteilung der nach diesen Methoden ermittelten Schwingstärke zu erleichtern, insbesondere ISO 7919 und ISO 10816.

Es sollte beachtet werden, dass ein geeigneter Aufnehmer und ein geeignetes Messsystem für die Fehlerdiagnose unter Berücksichtigung spezieller Situationen und Maschinenarten verwendet werden sollten. Beispielsweise werden der erforderliche Frequenzbereich und die erforderliche Auflösung der Messung durch den jeweiligen Betriebseinsatz der Maschine bestimmt.

Eine Anleitung zur Auswahl eines geeigneten Aufnehmers und Messsystems sowie der Messverfahren ist in ISO 13373-1 und ISO 13373-2 angegeben.

4.2 Messungen der Betriebsparameter der Maschine

Die Betriebsparameter können sich auf die Schwingungssignatur signifikant auswirken und sollten deshalb zusammen mit den Schwingungswerten erfasst werden, um bei einem Diagnoseprozess eine Korrelation zu ermöglichen. Beispiele sind Drehzahl, Last, Druck und Temperatur.

Es ist eine bewährte Praxis, Bezugswerte der Schwingungsgrößen unter einer Reihe von Betriebsbedingungen und -konfigurationen zu ermitteln, um bei zukünftigen Schwingungsereignissen eine Basis für einen Vergleich zu haben.

Zusätzliche Anleitungen zur Verwendung von Betriebsparametern sind in ISO 13380 angegeben.

5 Strukturierte Vorgehensweise bei der Diagnostik

Die in diesem Teil von ISO 13373 verwendeten Werkzeuge, um durch den Diagnoseprozess zu führen, sind Flussdiagramme, Prozesstabellen und Fehlertabellen. Die Flussdiagramme und Prozesstabellen sind im Wesentlichen ein schrittweises Vorgehen mit Frage und Antwort, das den Anwender durch den Diagnoseprozess führt. Die Flussdiagramme werden für eine Übersicht über die Schwingungsereignisse verwendet und beschreiben ihre Merkmale, während die Prozesstabellen für eine detailliertere Analyse verwendet werden. Die Fehlertabellen dienen zur Erläuterung üblicher Vorkommnisse an der Maschine und wie sich diese äußern.

Anhang A beschreibt ein allgemeines Vorgehen:

- A.1 wird zum Erfassen von Hintergrundinformationen in Bezug auf die Maschine sowie Art und Stärke der Schwingungen verwendet.
- A.2 wird zum Beantworten einer Reihe von Fragen verwendet, die darauf abzielen, zu einer naheliegenden Diagnose von allgemeinen Fehlerzuständen zu kommen, wie Unwucht, Ausrichtfehler und Wellen-Anstreifen.
- A.3 wird zum Anstellen bestimmter Überlegungen verwendet, wenn im Anschluss an eine naheliegende Diagnose Maßnahmen empfohlen werden.

Außerdem werden Vorgehensweisen bei Fehlerzuständen, die bei vielen Maschinen vorkommen, in weiteren Anhängen dargestellt:

- Installationsfehler und Beispiele sind in Anhang B beschrieben,
- Fehlerzustände an radialen hydrodynamischen Gleitlagern und Beispiele sind in Anhang C beschrieben,

— Fehlerzustände an Wälzlagern und Beispiele sind in Anhang D beschrieben.

Anleitungen für spezielle Maschinen sind in weiteren Teilen von ISO 13373 enthalten (siehe nationales Vorwort).

Dieses Vorgehen, das von erfahrenen Anwendern zusammengestellt wurde, gilt als bewährte Praxis. Es ist jedoch bekannt, dass es auch andere Vorgehensweisen geben kann.

Ein Wort der Vorsicht an alle Anwender: In einigen Fällen kann die Schwingungsdiagnose auf verschiedene Ursachen hinweisen. In solchen Fällen wird empfohlen, den Hersteller zu Rate zu ziehen.

6 Zusätzliche Analyse und Prüfung

6.1 Allgemeines

Nach der Anwendung der entsprechenden Flussdiagramme, Prozesstabellen und Fehlertabellen können weitere Prüfungen erforderlich sein, um den Mechanismus von Ursache und Wirkung zu ergründen. Unter bestimmten Umständen kann es erforderlich sein, mit dem Einverständnis des Anlagenbetreibers eine gezielte Änderung an der Maschine vorzunehmen, um einen Einfluss festzustellen.

Typische Prüfungen und Analysetechniken sind nachstehend beschrieben.

6.2 Keine Änderungen an Betriebsparametern erforderlich

6.2.1 Allgemeines

Diese Prüfungen können während des üblichen Betriebs durchgeführt werden, d. h. es sind keine Änderungen der Maschinenparameter erforderlich.

6.2.2 Zeittrendanalyse

Das Ziel einer Zeittrendanalyse besteht darin, Änderungen des Maschinenzustands zu ermitteln, die mit der Zeit auftreten. Das kann durch kontinuierliche oder periodische Messungen erreicht werden. Die Zeittrendanalyse erfolgt sowohl anhand von Betriebsparametern als auch anhand von Schwingungsparametern. Der Zeittrend der Gesamtschwingungen wird als Spitzenwert oder Effektivwert in einem bestimmten Frequenzband oder als gefilterter Wert in einer Reihe von schmalen Frequenzbändern verfolgt. Eine ausführlichere Analyse kann in der Regressionsanalyse der durch die Trendverfolgung erhaltenen Daten sowie in einer möglichen Extrapolation bestehen.

6.2.3 Phasenanalyse

Die Phase ist ein wichtiges Diagnosewerkzeug, für das ein Bezugssignal erforderlich ist. Die Phase ist beispielsweise ein wichtiges Werkzeug zur Unterscheidung von Ausrichtfehlern, Resonanz, Wellen-Anstreifen und Unwucht.

6.2.4 Resonanzprüfung

Bei einer Resonanzprüfung, z. B. durch Anschlagen (Stoßanregung) oder Anregen mit einem Schwingungserreger, geht es darum, die Eigenfrequenzen oder Resonanzdrehzahlen zu finden, die von der Maschine angeregt werden könnten. Üblicherweise wird eine Prüfung mit Stoßanregung an einer Maschine ausgeführt, um die Eigenfrequenzen der stationären Teile zu ermitteln, während eine Prüfung der Resonanzdrehzahl notwendig ist, um die Eigenfrequenzen des Rotors oder des Rotorstrangs zu ermitteln. Eine Prüfung mit Stoßanregung wird üblicherweise ausgeführt, wenn die Maschine nicht läuft. Werden jedoch Informationen zur Resonanzdrehzahl gesucht, empfiehlt sich eine Prüfung beim Hochlauf oder Auslauf (siehe 6.3.1).

6.2.5 Messung der Betriebsschwingungsform

Die Messung der Betriebsschwingungsform (ODS, en. operational deflection shape) liefert eine fortlaufende Visualisierung des Maschinenverhaltens bei jeder Frequenz (üblicherweise jedoch bei der Betriebsdrehzahl) unter den üblichen Betriebsbedingungen. Es ist von Bedeutung, nicht nur die Amplitude der Schwingungen, sondern auch die Phase an allen Punkten der Maschine zu messen. Das ermöglicht die Visualisierung der tatsächlichen relativen Schwingungsform der Maschine im Betriebszustand.

6.2.6 Erfassung des Zeitverlaufs über größere Zeitabschnitte

Diese Technik wird angewendet, um Rohdaten des Zeitverlaufs zu erfassen, die bei den gewöhnlichen Schwingungsmessungen nicht erfasst werden. Der Zeitabschnitt hängt von der jeweiligen Anwendung ab. Üblicherweise werden mehrere Messungen gleichzeitig durchgeführt, einschließlich der Messung von Betriebsparametern. Diese Messung kann zur Erfassung schneller Ereignisse beitragen oder die nachträgliche Analyse eines Rohsignals ermöglichen.

6.3 Änderungen an Betriebsparametern erforderlich

6.3.1 Änderungen von Betriebsbedingungen

Änderungen von Betriebsbedingungen sollten immer mit dem Anlagenbetreiber besprochen werden. Betriebsbedingungen außerhalb der vom Hersteller empfohlenen Grenzen sollten mit besonderer Vorsicht behandelt werden und erfordern das Einverständnis aller beteiligten Parteien.

Beispiele sind:

- Änderung der Maschinendrehzahl, z. B. Hochlauf, Auslauf;
- Schwingungsmessungen während einer Parameteränderung, z. B. Änderung der Öltemperatur, Änderung der Belastung.

6.3.2 Vollständige experimentelle Modalanalyse

Die Modalanalyse ist ein sehr wirksames Werkzeug, um die modalen Parameter von Maschine und Struktur zu erhalten, einschließlich der Eigenfrequenzen, Dämpfungsgraden und Schwingungsformen. Hierbei handelt es sich um eine teure und zeitaufwändige Prüfung, die eine umfangreiche Messeinrichtung und Erfahrung erfordert, und sie sollte nur angewendet werden, wenn es unbedingt notwendig ist. Üblicherweise muss die Maschine für diese Prüfung ausgeschaltet werden. Die Eigenschaften der Maschine, die bei einer Prüfung im Ruhezustand ermittelt wurden, können sich von den Eigenschaften der Maschine bei Betriebsdrehzahl unterscheiden, insbesondere bei Maschinen mit Gleitlagern.

6.4 Gezielte Änderungen am Zustand der Maschine

Gezielte Änderungen am Zustand der Maschine werden als Eingriff betrachtet und können eine Änderung von Position, Masse oder Steifigkeit nach sich ziehen. Es ist ratsam, vor und nach jeglichen gezielten Änderungen am Zustand der Maschine eine Messung an der Maschine sowie eine Risikobeurteilung durchzuführen.

Beispiele für gezielte Änderungen am Zustand sind:

- Prüfung auf Unwucht,
- Verdrehen der Kupplung um 180°,
- Betrieb der Maschine in ausgekuppeltem Zustand,
- zusätzliche Messungen, z. B. Ausrichtung, Position des Rotors im Lager, Temperatur des Stators.

7 Zusätzliche Diagnosetechniken

Der Schwerpunkt dieses Teils von ISO 13373 ist ein logisches Rahmenwerk, das auf Erfahrung beruht. Es gibt jedoch auch andere Diagnosetechniken, wie etwa:

- künstliche Intelligenz,
- wissensbasiert,
- Mustererkennung,
- neuronales Netz,
- weitere Techniken.

Diese Techniken sind in ISO 13379 angegeben.

8 Erwägungen zur Empfehlung von Maßnahmen

Abhilfe schaffende oder korrigierende Maßnahmen werden von mehreren Faktoren beeinflusst, einschließlich:

- Sicherheit,
- Wirtschaftlichkeit,
- fehlerhafte Konstruktion.

Selbstverständlich ist (sind) bei einer bestimmten Diagnose die geeignete(n) Maßnahme(n) von einzelnen Umständen abhängig, und es liegt nicht mehr im Anwendungsbereich dieses Teils von ISO 13373, spezifische Empfehlungen zu geben. Dennoch ist es für den Diagnose-Ingenieur von Bedeutung, aufgrund einer Diagnose mögliche Maßnahmen sowie die Umsetzung dieser Maßnahmen zu erwägen.

Empfohlene Maßnahmen sind vom Grad des Vertrauens auf die Fehlerdiagnose abhängig (Wurde z. B. diese Diagnose schon einmal für diese Maschine gestellt?), von Typ und Ausmaß des Fehlers sowie von sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Erwägungen. Es ist weder möglich noch Ziel dieser Internationalen Norm, Maßnahmen für sämtliche Umstände zu empfehlen. Dennoch bestehen verschiedene Fragestellungen, die bei der Empfehlung von Maßnahmen berücksichtigt werden sollten; einige davon sind in A.3 angegeben.

Anhang A (normativ)

Prozesstabellen für die systematische Vorgehensweise zur Schwingungsanalyse an Maschinen

A.1 Grundsätzliche Fragestellungen

Grundsätzliche Fragen, die das Erfassen und Nachprüfen von Informationen umfassen, sind in Tabelle A.1 zusammengestellt.

Tabelle A.1 — Grundsätzliche Fragestellungen

Schritt	Beschreibung	Einzelheiten	Nächster Schritt
1	Um welchen Maschinentyp handelt es sich?	Erfassen der Maschinenteile (Antrieb, Abtrieb, Kupplung, Lager, feste oder veränderbare Drehzahl usw.) Ist dem Bediener dieser Maschinentyp vertraut? Ist Erfahrung mit dem Betrieb dieser oder einer ähnlichen Ausführung der Maschine/Anlage vorhanden? Wo befindet sich die Anlage, und wie lautet die Nummer der Maschineneinheit?	2
2	Bestehen Befürchtungen in Bezug auf die Unversehrtheit der Maschine?	Ist die Maschine augenblicklich in Betrieb? Ist es ratsam, den Betrieb aufrechtzuerhalten? Ist es ratsam, die Maschine erneut zu starten? Wurde eine Risikoanalyse durchgeführt, um zu beurteilen, ob die Maschine während des weiterlaufenden Betriebs unversehrt bleibt, solange der Diagnoseprozess läuft?	3
3	Gibt es eine Schwingungsanomalie?	Lassen sich Schwingungsmesswerte ermitteln? Wie ist das übliche Schwingungsverhalten dieser Maschine im Betrieb?	4
4	Wie wurde die Anomalie festgestellt?	Ist ein Schwingungs-Alarm vorhanden? Zeigten Online-Schwingungsmesswerte eine signifikante Änderung? Besteht eine signifikante Abweichung von einer früheren Offline-Schwingungsmessung? Hat die Maschine ein unübliches Geräusch von sich gegeben? Hat die Sichtprüfung einen Schaden aufgezeigt, z. B. eine Gas-, Öl-, Dampf-, Wasserundichtigkeit?	5

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Schritt	Beschreibung	Einzelheiten	Nächster Schritt
5	Sind die angezeigten Schwingungswerte richtig?	Prüfen der Signalkennwerte im Zeit- und Frequenzbereich. Sind diese wie erwartet? Zeigen sich Symptome von Signalfehlern (z. B. Nullsignal, Gleichspannungsversatz, falsche niederfrequente Komponenten)? Ist der Aufnehmer richtig angekoppelt? Ist der Zustand der Kabel akzeptabel? Arbeitet die Signalanpassungseinheit richtig? Unabhängige Messungen mit handgehaltenen Aufnehmern erwägen, z. B. am Lagerständer oder am Gleitschuh. Prüfen, ob andere Symptome als Schwingungen vorhanden sind (z. B. Änderungen der Öl-/Lager-temperatur, Positionsänderungen der Welle, unübliche Geräusche usw.). Ist die Schwingungsanomalie auf nur einen Aufnehmer beschränkt (siehe Schritt 6)?	6
6	Ist die Schwingungsanomalie auf nur einen Aufnehmer beschränkt?	Überprüfen der orthogonalen Ausrichtung. Prüfung weiterer axialer Positionen. Vergleich der Schwingungen am Lagerständer und an der Welle. Überprüfen von Aufnehmer und Messkette. Vertauschen der Kanäle oder Komponenten der Messkette in Erwägung ziehen.	7
7	Bestehen Befürchtungen hinsichtlich der Schwingstärke?	Wo liegen die (breitbandigen) Gesamtschwingungswerte im Vergleich mit den Zonen der zutreffenden Normen, z. B. ISO 7919 oder ISO 10816? Wenn diese Werte übermäßig (z. B. in Zone C oder D) und anormal sind, sind rasche Maßnahmen an der Anlage zu erwägen (vorbehaltlich den Schritten 5 und 6). Ist das nicht der Fall, zum nächsten Schritt gehen.	8
8	Kenngößen des Schwingungssignals: Was ist der Signalgehalt?	(Breitbandiger) Gesamtschwingungswert Amplitude und Phase der 1×-Komponente Amplitude und Phase der 2×-Komponente Spektralgehalt des Signals und Amplitude von anderen spektralen Komponenten (z. B. Schaufel-Passierfrequenz, Rotorsteg-Passierfrequenz, subsynchrone Frequenzen) entsprechend dem Maschinentyp Position der Welle/Lage des Wellenmittelpunkts/Wellenorbit	9
9	Wurde diese Art der Anomalie bereits früher beobachtet?	Welche Erfahrung liegt dazu vor, z. B. wie lange hielt die Anomalie an, wurde die Ursache ermittelt, gab es einen Ausfall?	10