

DIN ISO 13373-9

ICS 17.160; 29.160.30

**Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen –
Schwingungs-Zustandsüberwachung –
Teil 9: Verfahren zur Diagnostik an Elektromotoren (ISO 13373-9:2017)**

Condition monitoring and diagnostics of machines –
Vibration condition monitoring –
Part 9: Diagnostic techniques for electric motors (ISO 13373-9:2017)

Surveillance et diagnostic d'état des machines –
Surveillance des vibrations –
Partie 9: Techniques de diagnostic pour moteurs électriques (ISO 13373-9:2017)

Gesamtumfang 29 Seiten

DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	4
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich.....	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Messungen.....	9
4.1 Schwingungsmessungen	9
4.2 Messungen der Betriebsparameter der Maschine	10
5 Erstanalyse.....	10
6 Motorspezifische Analyse.....	10
Anhang A (normativ) Systematische Vorgehensweise zur Schwingungsanalyse bei Elektromotoren.....	11
Anhang B (informativ) Vorgehensweise zur Schwingungsdiagnose von Fehlern bei Elektromotoren.....	16
Anhang C (informativ) Beispiele für Schwingungsprobleme bei Elektromotoren	22
Literaturhinweise.....	29

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 13373-9:2017 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 von DIN geführt wird, erarbeitet worden. Die deutsche Mitarbeit erfolgte durch den Ausschuss NA 001-03-05 AA (NALS/VDI C 5) „Schwingungs- und Zustandsüberwachung von Maschinen“ im DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärm-minderung und Schwingungstechnik (NALS).

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

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 13372	siehe	DIN ISO 17359 Beiblatt 1
Normen der Reihe ISO 13373	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 13373
ISO 13379-1	siehe	DIN ISO 13379-1
ISO 17359	siehe	DIN ISO 17359
Normen der Reihe ISO 20816	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 20816
Normen der Reihe ISO 21940	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 21940
IEC 60034-14	siehe	DIN EN 60034-14

Die Deutschen Normen sind in Anhang NA aufgeführt. IEC 60050 ist in der IEC Electropedia enthalten (siehe Abschnitt 3), die unter www.dke.de/dke-iev auch auf Deutsch eingesehen werden kann.

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 7: Diagnostic techniques for machine sets in hydraulic power generating and pump-storage plants*
- *Part 9: Diagnostic techniques for electric motors*

Die folgenden Teile sind in Vorbereitung:

- *Part 4: Diagnostic techniques for gas and steam turbines with fluid-film bearings*
- *Part 5: Diagnostic techniques for fans and blowers*
- *Part 6: Diagnostic techniques for gas turbines with rolling element bearings*
- *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 EN 60034-14 (VDE 0530-14), *Drehende elektrische Maschinen — Teil 14: Mechanische Schwingungen von bestimmten Maschinen mit einer Achshöhe von 56 mm und höher – Messung, Bewertung und Grenzwerte der Schwingstärke*

DIN IEC/TS 60034-32 (VDE V 0530-32), *Drehende elektrische Maschinen — Teil 32: Messung von Wickelkopfschwingungen an Formspulen im Ständer ^{*)}*

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

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 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 13373-3:2015-12, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung — Teil 3: Anleitungen zur Schwingungsdiagnose (ISO 13373-3:2015)*

DIN ISO 13379-1, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Verfahren zur Dateninterpretation und Diagnostik — Teil 1: Allgemeine Anleitungen*

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

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

DIN ISO 20816-1, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anleitungen*

DIN ISO 21940-2, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 2: Begriffe*

DIN ISO 21940-11, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 11: Verfahren und Toleranzen für Rotoren mit starrem Verhalten*

DIN ISO 21940-12, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 12: Verfahren und Toleranzen für Rotoren mit nachgiebigem Verhalten*

DIN ISO 21940-12 Beiblatt 1, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 12: Verfahren und Toleranzen für Rotoren mit nachgiebigem Verhalten — Beiblatt 1: Verfahren zum Auswuchten bei mehreren Drehzahlen*

^{*)} Z. Z. Entwurf

DIN ISO 21940-13, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 13: Kriterien und Sicherheitshinweise für das Auswuchten von mittleren und großen Rotoren am Aufstellungsort*

DIN ISO 21940-14, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 14: Verfahren zur Ermittlung von Abweichungen beim Auswuchten*

DIN ISO 21940-32, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 32: Behandlung von Passfederverbindungen*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1, beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen, sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde 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* erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 13373 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Einleitung

Dieses Dokument wurde als Anleitung für die zu berücksichtigenden Verfahren bei der Durchführung einer Schwingungsdiagnostik an Elektromotoren erarbeitet. Es ist für Anwender der Schwingungstechnik, Ingenieure und Techniker vorgesehen und stellt nützliche Diagnostikwerkzeuge bereit. Diese Werkzeuge umfassen diagnostische Flussdiagramme und Prozesstabellen sowie Fehlertabellen. Das in diesem Dokument enthaltene Material stellt die grundlegenden, logischen und vernünftigen Schritte dar, die unternommen werden sollten, wenn Schwingungsprobleme an diesen bestimmten Maschinentypen diagnostiziert werden.

Die internationalen Normenreihen ISO 7919 (für rotierende Wellen), ISO 10816 (für nicht-rotierende Teile) und ISO 20816 (sowohl für rotierende Wellen als auch für nicht-rotierende Teile) enthalten zulässige Schwingungen und Zonen für verschiedene Typen und Größen von Maschinen – von neuen und gut laufenden Maschinen bis hin zu Maschinen, die Gefahr laufen, zu versagen.

ISO 13373-1 enthält die grundlegenden Verfahren für die Analyse von Schmalband-Schwingungssignalen und umfasst die Arten der verwendeten Aufnehmer, ihre Bereiche und empfohlenen Anordnungen an verschiedenen Maschinentypen, Online-Schwingungsüberwachungssysteme und periodische Schwingungsüberwachungssysteme sowie potentielle Maschinenprobleme.

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

ISO 13373-3 enthält einige Verfahren zur Bestimmung der Ursachen von Schwingungsproblemen, die an allen Arten von rotierenden Maschinen auftreten. Das umfasst systematische Vorgehensweisen zur Beschreibung der Schwingungswirkungen, die verfügbaren Diagnostikwerkzeuge, welche Werkzeuge für bestimmte Anwendungen erforderlich sind sowie Empfehlungen, wie die Werkzeuge an unterschiedlichen Maschinentypen und Bauteilen anzuwenden sind. Jedoch schließt dies die Anwendung weiterer Diagnostik-techniken nicht aus.

Es sollte beachtet werden, dass ISO 17359 angibt, dass die Diagnostik

- nach der Feststellung einer Anomalie während der Überwachung als anschließende Maßnahme begonnen werden kann oder
- von Anfang an parallel zur Überwachung durchgeführt werden kann.

Das vorliegende Dokument berücksichtigt nur die erste Variante, nach der eine Diagnostik durchgeführt wird, nachdem eine Anomalie erkannt wurde. Darüber hinaus befasst sich dieses Dokument hauptsächlich mit der Anwendung von Flussdiagrammen, Prozesstabellen und Fehlertabellen als Diagnostikwerkzeuge, da davon ausgegangen wird, dass diese Werkzeuge am besten für die Nutzung durch Anwender, Ingenieure und Techniker vor Ort geeignet sind.

Die Vorgehensweise mit Flussdiagrammen und diagnostischen Prozesstabellen stellt ein strukturiertes Verfahren für eine Person vor Ort dar, um einen Fehler zu diagnostizieren und seine Ursache zu finden. Dieses schrittweise Vorgehen sollte den Bediener beim Finden der wahrscheinlichsten Ursache dieser Anomalie bei der Schwingungsdiagnostik der Maschinenanomalie anleiten.

Die Fehlertabellen enthalten eine Auflistung der häufigsten Fehlerzustände an Maschinen sowie ihre Erscheinungsformen in den Schwingungsdaten. Werden sie gemeinsam mit den Flussdiagrammen verwendet, tragen die Tabellen zur Erkennung von Maschinenfehlern bei.

Bei der Untersuchung eines Maschinenproblems, das sich als hohes oder falsches Schwingungssignal äußert, sollte die Diagnose des Problems auf gut durchdachte, systematische Weise erfolgen. Gemeinsam mit ISO 13373-3 erfüllt das vorliegende Dokument für die analysierende Person diesen Zweck durch Anleitung zur Auswahl der geeigneten Messwerkzeuge, Analysewerkzeuge und ihre Verwendung sowie die empfohlenen schrittweisen Vorgehensweisen zur Problemdiagnose im Zusammenhang mit verschiedenen Typen von Elektromotoren.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die zu berücksichtigenden Verfahren bei der Schwingungsdiagnostik an verschiedenen Typen von Elektromotoren fest. Die in diesem Dokument behandelten vier Motorentypen sind Asynchronmotoren mit Käfigläufer, mit Schleifringläufer, Schenkelpol- und Gleichstrommotoren.

ANMERKUNG Die ersten beiden Typen sind in ISO 20958 definiert.

Dieses Dokument gilt hauptsächlich für Motoren mit einer Leistung über 15 kW.

Dieses Dokument ist für die Nutzung durch Anwender, Ingenieure und Techniker bei Zustandsüberwachungen vorgesehen und umfasst eine praktische, schrittweise Vorgehensweise zur schwingungsbasierten Fehlerdiagnose. Zusätzlich sind mehrere Beispiele für zahlreiche Maschinen- und Bauteilarten und die entsprechenden Fehlersymptome angegeben.

Die in diesem Dokument dargestellten Verfahren können in einigen Fällen auf andere Arten elektrischer Maschinen, wie etwa Generatoren, angewendet werden. Im Zusammenhang mit diesen Maschinen können jedoch andere spezifische Techniken erforderlich sein, die in diesem Dokument nicht angegeben sind.

Die Verwendung von anderen Kenngrößen als Schwingungen, wie etwa Spannung und Strom, zur Ermittlung und Analyse von Fehlern bei Elektromotoren, die sich in Schwingungen bemerkbar machen, gehört nicht zum Anwendungsbereich dieses Dokuments.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 2041, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring — Vocabulary*

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

ISO 20958, *Condition monitoring and diagnostics of machine systems — Electrical signature analysis of three-phase induction motors*

ISO 21940-2, *Mechanical vibration — Rotor balancing — Part 2: Vocabulary*

IEC 60050, *International Electrotechnical Vocabulary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 2041, ISO 13372, ISO 20958, ISO 21940-2, IEC 60050 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1 Anker in Gleichstrommotoren
Welle mit einem geschichteten, genuteten Kern mit einer zweilagigen Wicklung, verbunden mit einem Kollektor, der über Bürsten mit Gleichstrom versorgt wird

3.2**Schenkelpolrotor**

Welle mit massiven oder geschichteten Polen mit einer Wicklung an jedem Pol

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Polwicklungen sind miteinander verbunden sowie an Schleifringe oder einen bürstenlosen Erreger angeschlossen, die/der den erforderlichen Gleichstrom liefern/liefert.

3.3**Versorgungsfrequenz**

Frequenz der Stromversorgung von Wechselstrommotoren

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Versorgungsfrequenz wird auch Netzfrequenz genannt.

3.4**Schlupffrequenz**

<Asynchronmotor> Unterschied zwischen den Frequenzen der synchronen Drehzahl und der Rotordrehzahl

3.5**Anzahl der Statorpole**

ganze Zahl, die durch die folgende Gleichung festgelegt ist

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

Dabei ist

n_{syn} die synchrone Drehzahl in min^{-1} ;

f_{supp} die Versorgungsfrequenz in Hz.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Anzahl der Polpaare ist die Anzahl der Pole, geteilt durch 2.

3.6**Polpassierfrequenz**

<Asynchronmotor> Schlupffrequenz des Rotors, multipliziert mit der Anzahl der Pole

3.7**Statornuten-Passierfrequenz**

Anzahl der Nuten im Stator, multipliziert mit der Rotordrehzahl

3.8**Rotornuten-Passierfrequenz**

Anzahl der Rotornuten, multipliziert mit der Rotordrehzahl

3.9**Rotorsteg-Passierfrequenz**

Anzahl der Stege an einem Käfigläufer, multipliziert mit der Rotordrehzahl

4 Messungen**4.1 Schwingungsmessungen**

Schwingungsmesswerte können durch die Verwendung von hauptsächlich zwei Kategorien von Aufnehmern ermittelt werden:

- berührungslos, z. B. werden Induktivaufnehmer, kapazitive Aufnehmer und Wirbelstromaufnehmer an rotierenden Wellen verwendet;
- seismische Aufnehmer, z. B. werden Beschleunigungsaufnehmer oder Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer an nicht-rotierenden Teilen, wie etwa am Lagergehäuse, verwendet.