DIN EN ISO 20270

ICS 17.140.20 Einsprüche bis 2022-09-08

Entwurf

Akustik – Charakterisierung von Körperschall- und Schwingungsquellen – Indirekte Messung von blockierten Kräften (ISO 20270:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 20270:2022

Acoustics – Characterization of sources of structure-borne sound and vibration – Indirect measurement of blocked forces (ISO 20270:2019); German and English version prEN ISO 20270:2022

Acoustique – Caractérisation des sources de bruit solidien et de vibrations – Mesurage indirect des forces bloquées (ISO 20270:2019); Version allemande et anglaise prEN ISO 20270:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-07-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

— vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;

— oder in Papierform an den DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NALS), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, 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 95 Seiten

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

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 20270:2019 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 43 „Acoustics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und vom Technischen Komitee CEN/TC 211 „Akustik“ als prEN ISO 20270:2022 übernommen, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 001-01-05 AA „Geräuschemissionsmessungen an Straßenfahrzeugen einschließlich Messungen im Fahrgastraum und am Arbeitsplatz“ im DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NALS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

– Entwurf –

Juni 2022

prEN ISO 20270

Akustik – Charakterisierung von Körperschall- und Schwingungsquellen – Indirekte Messung von blockierten Kräften (ISO 20270:2019)

Acoustics – Characterization of sources of structure-borne sound and vibration – Indirect measurement of blocked forces (ISO 20270:2019)

Acoustique – Caractérisation des sources de bruit solidien et de vibrations – Mesurage indirect des forces bloquées (ISO 20270:2019)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 4
Vorwort 5
Einleitung 6
1 Anwendungsbereich 8
2 Normative Verweisungen 8
3 Begriffe 8
4 Auswahl von Freiheitsgraden (DOFs) 15
4.1 Allgemeines 15
4.2 Quelle-Empfänger-Grenzfläche 15
4.3 Kontaktfreiheitsgrade 16
4.4 Indikatorfreiheitsgrade 16
4.4.1 Allgemeines 16
4.4.2 Alle Indikatorfreiheitsgrade im Kontaktbereich 16
4.4.3 Kein Indikatorfreiheitsgrad im Kontaktbereich 16
4.4.4 Einige Indikatorfreiheitsgrade im Kontaktbereich 17
4.5 Validierungsfreiheitsgrade 17
5 Prüfanordnung 17
5.1 Allgemeines 17
5.2 Repräsentativität des Empfängers 17
5.3 Auslegung des Prüfempfängers 18
5.4 Vermeidung von sekundären Geräuschquellen 18
6 Prüfmittel 18
6.1 Allgemeines 18
6.2 Multikanalanalysator 19
6.3 Schwingungssensoren 19
6.4 Anregungsmittel 19
7 Durchführung der Prüfung 19
7.1 Allgemeines 19
7.2 Prüfung im Betrieb 21
7.3 Übertragungsfunktionsprüfung 21
7.3.1 Allgemeines 21
7.3.2 Direkte Übertragungsfunktionsmessung 22
7.3.3 Reziproke Übertragungsfunktionsmessung 22
7.4 Vorversuch mit künstlicher Anregung 22
8 Analyseverfahren 22
9 Unsicherheiten und Validierung 24
9.1 Allgemeines 24
9.2 On-Board-Validierung 24
9.3 Vorläufige Validierung mittels künstlicher Anregung 25
10 Prüfbericht 25
Anhang A (informativ) Beispiel eines Prüfberichts: Elektrischer Hinterachsantrieb in einem Personenkraftwagen; Transferpfadanalyse (TPA) und Schätzung der *in situ* blockierten Kräfte nach ISO 20270:2019 27
A.1 Allgemeine Informationen 27
A.2 Prüfgegenstand 27
A.3 Betriebszustand der Quelle 27
A.4 Quelle-Empfänger-Grenzfläche 27
A.5 Instrumentierung 30
A.6 Ergebnisse 31
Anhang B (informativ) Prüfungen von Messdaten auf Gültigkeit 34
B.1 Prüfung auf gültige Betriebsdaten 34

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

B.2 Prüfung der Übertragungsfunktionsdaten auf Gültigkeit 34
B.3 Prüfung von Vektoren und Matrizen auf Selbstkonsistenz 35
Anhang C (informativ) **Fallstudien** 36
Anhang D (informativ) **Kriterien für die Auswahl von Indikator- und Validierungsfreiheitsgraden** 41
Anhang E (informativ) **Vorhersage von Schall und Schwingungen** 46
E.1 Allgemeines 46
E.2 Vorhersage von Schwingungen 46
E.3 Vorhersage des Schalldrucks 46
E.4 Erhebung von Übertragungsfunktions(FRF)-Daten für die Vorhersage 47
E.4.1 Allgemeines 47
E.4.2 Direkte Messung 47
E.4.3 Berechnung 47
E.4.4 Unter Anwendung experimenteller dynamischer Teilstrukturierung 47
Literaturhinweise 48

Bilder

Bild 1 — Prüfaufbau 11
Bild 2 — Durchführung der Prüfung 20
Bild A.1 — Bilder und schematische Draufsicht der Aufhängung des ERAD 28
Bild A.2 — Darstellung der Quelle-Empfänger-Grenzfläche einschließlich der Punkte, an denen die blockierten Kräfte bestimmt wurden (rote Kreuze) 29
Bild A.3 — Nahaufnahme der Quelle-Empfänger-Grenzfläche, die die Aluminiumwürfel an den Angriffspunkten 1 und 2 zeigt 29
Bild A.4 — Nahaufnahme der Quelle-Empfänger-Grenzfläche, die die Aluminiumwürfel an den Angriffspunkten 3 und 4 zeigt 29
Bild A.5 — FFT, Betrag und Phase, der blockierten Kräfte f_{bl1}, f_{bl2}, f_{bl3} und f_{bl4}, von oben nach unten 31
Bild A.6 — FFT, Betrag und Phase, des On-Board-Validierungsmikrofons obv1 (oben) und des für die On-Board-Validierung verwendeten Beschleunigungsaufnehmers obv2 (unten) . . . 32
Bild A.7 — Übertragungsfunktionen, Betrag, Phase und Kohärenz, zwischen den vier Quelle-Empfänger-Grenzflächenpunkten f_{bl1}, f_{bl2}, f_{bl3} und f_{bl4} (jeweils von oben nach unten) zu obv2 33
Bild C.1 — Beschreibung des Bildes und der Legende 37
Bild C.2 — Anschauungsmaterial 38
Bild C.3 — Anschauungsmaterial 39
Bild C.4 — Luftvakuumpumpe, montiert auf einer Stahlplatte mit Schwingungsisolatoren und instrumentierten Beschleunigungsaufnehmern in der Nähe der Schwingungsquelle . . . 40
Bild D.1 — Skizze eines Versuchsaufbaus zur Messung der *in situ* blockierten Kräfte im Kontaktbereich zwischen einer Schwingungsquelle (2) und der verbleibenden Empfängerstruktur (3) 44
Bild D.2 — Skizze des rotierten On-Board-Validierungsfreiheitsgrades, wie für die Validierung mehrerer senkrechter blockierter Kräfte vorgeschlagen 45

Tabellen

Tabelle 1 — Einheiten der Messgrößen 23
Tabelle A.1 — Informationen zu den Sensoren und zu ihrer Ausrichtung während der Prüfungen 30

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 20270:2019 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 43 „Acoustics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und vom Technischen Komitee CEN/TC 211 „Akustik“ als prEN ISO 20270:2022 übernommen, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 20270:2019 wurde von CEN als prEN ISO 20270:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

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 43, *Acoustics*, Unterkomitee SC 1, *Noise* erarbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

Einleitung

Dieses Dokument wurde als Reaktion auf den Bedarf der Maschinenbauindustrie an einem vereinbarten Verfahren zur Festlegung der „Quellstärke“ von Körperschall- und Schwingungsquellen entwickelt. Zu den Größen, die unabhängig voneinander eine Quelle charakterisieren, gehören die freie Schnelle und die blockierte Kraft: In ISO 9611 [2] ist ein Messverfahren für die erstere festgelegt, bei dem die Maschine, bei der es sich um eine Schwingungsquelle handelt, weich gelagert wird, um die freie Aufhängung näherungsweise darzustellen. Bei den blockierten Kräften handelt es sich um die Kräfte, die die in Betrieb befindliche und durch ein vollkommen starres Fundament eingeschränkte Maschine ausüben würde. Diese können möglicherweise direkt gemessen werden, indem Kraftaufnehmer zwischen die in Betrieb befindliche Maschine und das starre Fundament eingebracht werden. In diesem Dokument wird jedoch ein indirektes Verfahren zur Messung der blockierten Kräfte nach einem inversen Verfahren beschrieben. Während die Quelle für die Messung der freien Schnelle elastisch gelagert sein muss und die Maschinenlager für die direkte Messung der blockierten Kräfte blockiert sein müssen, kann die Quelle für die in diesem Dokument festgelegte indirekte Messung theoretisch an einer beliebigen Empfängerstruktur angebracht sein. Im Wesentlichen dieselben Messverfahren werden zur Körperschalldiagnose mittels „Transferpfadanalyse“ (TPA), auch „Source Path Contribution“(SPC)-Analyse genannt, eingesetzt.

In diesem Dokument wird ein Verfahren zur Charakterisierung von Körperschall- und Schwingungsquellen durch die indirekte Messung von blockierten Kräften an den Verbindungspunkten zu tragenden oder Empfängerstrukturen beschrieben. Das Messverfahren wird vor Ort angewendet, d. h. die Quelle ist während der Messung mit einer Empfängerstruktur verbunden. Theoretisch kann jede beliebige Empfängerstruktur verwendet werden, vorausgesetzt, die Schwingungsquellmechanismen des Prüflings sind repräsentativ für die Mechanismen in einer realen Anlage. Daher kann die Empfängerstruktur Teil einer realen Anlage, wie z. B. ein Maschinenfundament oder ein Gebäude, oder aber auch ein speziell dafür ausgelegter Prüfstand sein, sofern dieser eine repräsentative dynamische Belastung der Quelle ermöglicht.

Dieses Verfahren legt ein zweistufiges Messverfahren fest, das als erstes eine passive Prüfung, bei der die (frequenzabhängigen) Übertragungsfunktionen (FRF, en: frequency response functions) der zusammengebauten Quelle-Empfänger-Struktur gemessen werden, und als zweites die Messung der Schwingungen in einer Prüfung im Betrieb umfasst. Die blockierten Kräfte werden durch Lösung des inversen Problems ermittelt. Es ist bekannt, dass inverse Lösungen dieser Art zu sehr großen Fehlern führen können, was besonders dann zutrifft, wenn die Eingabedaten inkonsistent sind. Derartige Fehler weisen je nach Fall und Erfahrung der Bedienungsperson signifikante Unterschiede auf. Daher bildet ein Mittel zur Schätzung der Unsicherheiten in der blockierten Kraft durch einen Prozess, der als On-Board-Validierung bezeichnet wird, einen wesentlichen Bestandteil dieses Messverfahrens.

Die blockierten Kräfte werden in schmalen Frequenzbändern ermittelt, die anschließend näherungsweise in Oktav- oder Terzfrequenzbänder umgerechnet werden können.

Das Vor-Ort-Verfahren zur Messung der blockierten Kraft ist dazu vorgesehen, das Verfahren mit Empfangsplatten nach EN 15657 [3] zu ergänzen. Das Verfahren mit Empfangsplatten bietet einen vereinfachten Ansatz, bei dem die Kräfte und Schnellen effektiv über die Füße einer in Betrieb befindlichen Maschine gemittelt werden, die zuvor auf einer Normplatte montiert wurden. Die Näherungen ermöglichen eine Vereinfachung der Messungen, Informationen über die Verteilung und Phase der Kräfte und Schnellen gehen dabei jedoch verloren. Ziel dieses Dokuments ist, eine Alternative für Körperschallquellen zur Verfügung zu stellen, die mit dem Ansatz des Verfahrens mit Empfangsplatten nicht kompatibel sind oder bei denen mehr Einzelheiten über die Verteilung der Kräfte erforderlich sind.

Die nach diesem Dokument ermittelten blockierten Kräfte können für die folgenden Zwecke herangezogen werden:

a) Erhebung von Daten, um daraus technische Spezifikationen für schwingungsaktive Bauteile (Quellen) erstellen zu können;

b) Erhebung von Eingangsdaten für die Vorhersage von Schwingungen in mit der Quelle verbundenen Strukturen oder von Schall, der von diesen abgestrahlt wird;

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

c) Erhebung von diagnostischen Informationen über den Beitrag bestimmter blockierter Kräfte zu einer Zielschwingung oder zu einem Zielschalldruck (In-situ-Übertragungspfadanalyse).

Die Vorhersage von Schall und Schwingungen in einer neuen Baugruppe [wie im oben stehenden Aufzählungspunkt b)] gehört nicht zum normativen Teil dieses Dokuments, obgleich Anhang E Leitlinien für die Vorhersage enthält. Für die Vorhersage werden zusätzlich zu den gemessenen blockierten Kräften weitere Daten benötigt. Im Besonderen ist es notwendig, dass die Übertragungsfunktionen der neuen Baugruppe (die aus der Quelle in Verbindung mit der neuen Empfängerstruktur besteht) bekannt sind. Diese Übertragungsfunktionen können grundsätzlich gemessen (wenn die Baugruppe für die Messung zur Verfügung steht), berechnet (z. B. nach numerischen Verfahren) oder durch Kombination der Übertragungsfunktionen der getrennten Quell- und Empfängerstrukturen (dynamische Teilstrukturierung) berechnet werden, unabhängig davon, ob diese gemessen oder berechnet wurden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Verfahren fest, bei dem ein schwingendes Bauteil (eine Körperschall- oder Schwingungsquelle) an einer passiven Struktur (oder einem Empfänger) angebracht und zur Ursache für Schwingungen in der Baugruppe oder für deren Körperschallabstrahlung wird. Beispiele sind Pumpen in Schiffen, Servomotoren in Fahrzeugen oder Maschinen und Anlagen in Gebäuden. Fast jedes schwingende Bauteil kann in diesem Zusammenhang als Quelle betrachtet werden.

Aufgrund der Notwendigkeit, Schwingungen an allen Kontaktfreiheitsgraden (en: contact degrees of freedom) (Verbindungen zwischen Quelle und Empfänger) zu messen, kann dieses Dokument nur auf Baugruppen angewendet werden, bei denen eine solche Messung möglich ist.

Dieses Dokument gilt nur für Baugruppen mit linearer und zeitinvarianter Übertragungsfunktion (FRF).

Die Quelle kann in eine reale Baugruppe eingebaut oder an einem speziell dafür ausgelegten Prüfstand angebracht werden (wie in 5.2 beschrieben).

Das Normverfahren wurde für stationäre Signale validiert, so dass die Ergebnisse im Frequenzbereich dargestellt werden können. Das Verfahren ist jedoch nicht auf stationäre Signale beschränkt: Bei entsprechender Datenverarbeitung ist es auch auf zeitlich veränderliche Signale wie z. B. Transienten und Stöße, anwendbar (vorausgesetzt, die Linearität und Zeitinvarianz der Übertragungsfunktionen bleiben erhalten).

Dieses Dokument enthält ein Verfahren zur Messung und Darstellung von blockierten Kräften sowie Leitlinien zur Verringerung der Unsicherheit auf ein Mindestmaß. Es stellt ein Verfahren zur Bewertung der Qualität der Ergebnisse mit Hilfe einer On-Board-Validierung zur Verfügung, enthält jedoch keine Angaben zur Annehmbarkeit oder Nichtannehmbarkeit der Ergebnisse.

WICHTIG — Die elektronische Datei dieses Dokuments enthält Farben, die für das richtige Verständnis des Dokuments als nützlich erachtet werden. Die Benutzer sollten daher in Erwägung ziehen, dieses Dokument mit einem Farbdrucker auszudrucken.

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 7626-1, *Mechanical vibration and shock — Experimental determination of mechanical mobility — Part 1: Basic terms and definitions, and transducer specifications*

ISO7626-2, *Mechanical vibration and shock — Experimental determination of mechanical mobility — Part 2: Measurements using single-point translation excitation with an attached vibration exciter*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter https://www.iso.org/obp

— IEC Electropedia: verfügbar unter http://www.electropedia.org/

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

3.1
blockierte Kraft
dynamische Kraft, die von einer in Betrieb befindlichen *Quelle* (3.4) auf eine vollkommen starre *Empfänger*(3.5)struktur ausgeübt wird

3.2
Übertragungsfunktion
FRF
frequenzabhängiges Verhältnis der Fourier-Transformation der Bewegungsantwort zur Fourier-Transformation der Anregungskraft eines linearen Systems

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Anregung kann eine harmonische, zufällige oder transiente Funktion der Zeit sein. Die mit einer Anregungsart erzielten Prüfergebnisse können daher herangezogen werden, um die Systemantwort auf jede andere Anregungsart vorherzusagen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Bewegung kann als Schnelle, Beschleunigung oder Positionsveränderung ausgedrückt werden; die entsprechenden Bezeichnungen im Zusammenhang mit Übertragungsfunktionen sind mechanische Admittanz, Beschleunigung und dynamische Nachgiebigkeit oder Impedanz, effektive (d. h. scheinbare) Masse bzw. dynamische Steifigkeit.

[QUELLE: ISO 2041:2018, 3.1.53]

3.3
Vektor der *in situ* blockierten Kraft
$\overline{\boldsymbol{f}}_{\mathbf{c}}(f)$
komplexe *blockierte Kraft* (3.1) an den *Kontaktfreiheitsgraden (Kontakt-DOFs)* (3.8), die bei jeder Frequenz zu einem $n \times 1$-Vektor angeordnet ist, nach:

$$\overline{\boldsymbol{f}}_{\mathbf{c}}(f) = \begin{Bmatrix} \overline{f}_{c,1}(f) \\ \overline{f}_{c,2}(f) \\ \vdots \\ \overline{f}_{c,n}(f) \end{Bmatrix}$$

wobei $\overline{f}_{c,i}(f)$ die komplexe Fourier-Spektralkomponente der blockierten Kraft bei der Frequenz f und am Kontaktfreiheitsgrad i ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Kräfte können als verallgemeinerte Kräfte betrachtet werden, d. h. einschließlich Rotationskomponenten wie z. B. der Momente.

3.4
Quelle
aktive Teilstruktur, die die Mechanismen der Körperschall- oder Schwingungserzeugung enthält und alle Teile der *Baugruppe* (3.6) auf der aktiven Seite der *Quelle-Empfänger-Grenzfläche* (3.7) umfasst

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise handelt es sich bei der Quelle um ein trennbares Bauteil, obwohl dies keine Anforderung für die Anwendbarkeit dieses Verfahrens ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

3.5
Empfänger
passive Teilstruktur, die alle Teile der *Baugruppe* (3.6) auf der passiven Seite der *Quelle-Empfänger-Grenzfläche* (3.7) umfasst

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Empfänger darf alle anderen Teile einer zusammengebauten Maschine mit Ausnahme der Quelle, eines Prüfstandes oder einer Fundamentstruktur, z. B. eines Gebäudes, umfassen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Definition nach gibt es im Empfänger keine Quellmechanismen, so dass es sich dabei um eine rein passive Struktur handelt.

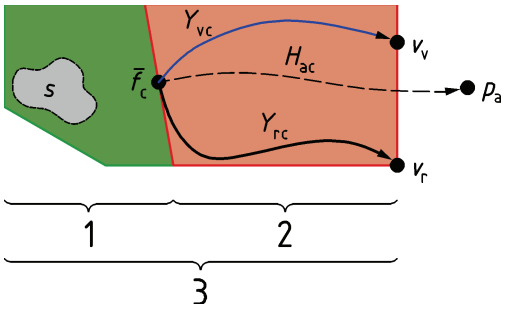
Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.6
Baugruppe
Anlage, bestehend aus der *Quelle* (3.4) und dem damit verbundenen *Empfänger* (3.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08



Legende

1 Quelle (aktive Struktur)
2 Empfänger (passive Struktur)
3 Baugruppe
s interne Anregungsquelle (nicht zugänglich)
$\bar{\boldsymbol{f}}_{\mathbf{c}}$ Vektor der *in situ* blockierten Kraft beim Satz der Kontaktfreiheitsgrade *c*
$\boldsymbol{v}_{\mathbf{v}}$ Validierungsschnelle(oder Validierungsbeschleunigungs)-Vektor beim Satz der Validierungsfreiheitsgrade *v*
$\boldsymbol{v}_{\mathbf{r}}$ Indikatorschnelle(oder Indikatorbeschleunigungs)-Vektor beim Satz der Validierungsfreiheitsgrade *r*
$\boldsymbol{Y}_{\mathbf{vc}}$ typische Struktur-Übertragungsfunktion zwischen den Validierungsfreiheitsgraden *v* und den Kontaktfreiheitsgraden *c*
$\boldsymbol{Y}_{\mathbf{rc}}$ typische Struktur-Übertragungsfunktion zwischen den Indikatorfreiheitsgraden *r* und den Kontaktfreiheitsgraden *c*
$\boldsymbol{H}_{\mathbf{ac}}$ typische vibroakustische Übertragungsfunktion zwischen den Vorhersagefreiheitsgraden *a* und den Kontaktfreiheitsgraden *c* (siehe ANMERKUNG 3)
$\boldsymbol{p}_{\mathbf{a}}$ bei den Freiheitsgraden *a* vorhergesagter Körperschall in dem den Empfänger umgebenden Fluid (siehe ANMERKUNG 3)

ANMERKUNG 1 Die Indikatorfreiheitsgrade können sich an jeder beliebigen Stelle des Empfängers, einschließlich der Quelle-Empfänger-Grenzfläche, befinden.

ANMERKUNG 2 Der erhaltene Vektor der blockierten Kraft kann zur Vorhersage von Schwingungen in der Empfängerstruktur und des davon abgestrahlten Schalls herangezogen werden (siehe Anhang E).

ANMERKUNG 3 Eine Schwingungsquelle (1), die mit einem passiven Empfänger (2) verbunden ist, verursacht an den Grenzflächen (r, v) bzw. (a) Schwingungen ($\boldsymbol{v}_{\mathbf{r}}$) in der Baugruppe (3) bzw. Körperschall ($\boldsymbol{p}_{\mathbf{a}}$), der von dieser abgestrahlt wird. Die interne Anregung s ist unbekannt, weswegen es erforderlich ist, die Quelle an der Grenzfläche zwischen Quelle und Empfänger durch blockierte Kräfte $\bar{\boldsymbol{f}}_{\mathbf{c}}$ zu charakterisieren, die aus $\boldsymbol{v}_{\mathbf{r}}$ und der Übertragungsfunktionsmatrix der Baugruppe, $\boldsymbol{Y}_{\mathbf{rc}}$, abgeleitet wurden. Für Validierungs- und Vorhersagezwecke können zusätzliche Struktur-Übertragungsfunktionen $\boldsymbol{Y}_{\mathbf{vc}}$ und vibroakustische Übertragungsfunktionen $\boldsymbol{H}_{\mathbf{ac}}$ herangezogen werden.

Bild 1 — Prüfaufbau

3.7
Quelle-Empfänger-Grenzfläche
hypothetische Fläche, die die *Quell*(3.4)struktur von der *Empfänger*(3.5)struktur trennt

3.8
Kontaktfreiheitsgrade
Kontakt-DOFs
an der Quelle-Empfänger-Grenzfläche befindliche Freiheitsgrade, über die Körperschall oder Schwingungen von der *Quell*(3.4)- auf die *Empfänger*(3.5)struktur übertragen wird bzw. werden

Anmerkung 1 zum Begriff: n ist die Anzahl der Freiheitsgrade, und c ist der für die Kontaktfreiheitsgrade verwendete Index.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

Anmerkung 2 zum Begriff: Für eine vollständige Definition siehe 4.3.

3.9
Indikatorfreiheitsgrade
Indikator-DOFs
Freiheitsgrade am *Empfänger* (3.5), an denen die Schwingungsantworten gemessen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: *m* ist die Anzahl der Freiheitsgrade, und r ist der für die Indikatorfreiheitsgrade verwendete Index.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe 4.4.

3.10
Validierungsfreiheitsgrade
Validierungs-DOFs
Freiheitsgrade an der *Empfänger*(3.5)struktur (nicht im Kontaktbereich), an denen „Ersatz"-Schwingungsantworten gemessen werden, um einen Vergleich für die On-Board-Validierung zu ermöglichen

Anmerkung 1 zum Begriff: p ist die Anzahl der Freiheitsgrade, und v ist der für die Validierungsfreiheitsgrade verwendete Index.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe 4.5.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Validierung wird in Abschnitt 9 beschrieben.

3.11
Indikatorschnellevektor
$\boldsymbol{v}_{\mathrm{r}}(f)$
komplexe Schnelle (oder Beschleunigung) an den *Indikatorfreiheitsgraden* (3.9), die bei jeder Frequenz zu einem $m \times 1$-Vektor angeordnet wird, nach:

$$\boldsymbol{v}_{\mathrm{r}}(f) = \begin{Bmatrix} v_{r,1}(f) \\ v_{r,2}(f) \\ \vdots \\ v_{r,m}(f) \end{Bmatrix}$$

wobei $v_{r,j}(f)$ die komplexe Fourier-Spektralkomponente der Schnelle (oder Beschleunigung) bei der Frequenz f und am Indikatorfreiheitsgrad j ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Es sind durchgängig einheitliche Größen zu verwenden: entweder Schnelle und mechanische Admittanz oder Beschleunigung und Akzeleranz.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

3.12
gemessener Validierungsschnellevektor
$v_{\mathrm{v}}(f)$
komplexe Schnelle (oder Beschleunigung) an den *Validierungsfreiheitsgraden* (3.10), die bei jeder Frequenz zu einem $p \times 1$-Vektor angeordnet ist, nach:

$$\boldsymbol{v}_{\mathrm{v}}(f) = \begin{Bmatrix} v_{v,1}(f) \\ v_{v,2}(f) \\ \vdots \\ v_{v,p}(f) \end{Bmatrix}$$

wobei $v_{v,k}(f)$ die komplexe Fourier-Spektralkomponente der Schnelle (oder Beschleunigung) bei der Frequenz f und am Indikatorfreiheitsgrad k ist

3.13
vorhergesagter Validierungsschnellevektor
$\boldsymbol{v}_{\mathrm{v}}'(\boldsymbol{f})$
komplexer Schnelle(oder Beschleunigungs-)vektor, der die gleiche Form hat wie der *gemessene Validierungsschnellevektor* (3.12), jedoch anstelle von Messdaten Vorhersagedaten enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Er wird nach Abschnitt 8 berechnet.

3.14
Prüfung im Betrieb
Prüfung, bei der die Schwingungsantworten am *Indikatorfreiheitsgrad* (3.9) und am *Validierungsfreiheitsgrad* (3.10) gemessen werden, während die *Quelle* (3.4) unter einem bestimmten Satz von *Betriebsbedingungen* (3.16) betrieben wird

3.15
Prüfung im Betrieb mit künstlicher Anregung
Prüfung, bei der die Schwingungsantworten am *Indikatorfreiheitsgrad* (3.9) und am *Validierungsfreiheitsgrad* (3.10) wie bei einer *Prüfung im Betrieb* (3.16) gemessen werden, mit dem Unterschied, dass die *Quelle* (3.4) ausgeschaltet ist und die Anregung durch einen instrumentierten Hammer oder Rüttler erfolgt

3.16
Betriebsbedingungen
festgelegte Bedingungen, unter denen die *Quelle* (3.4) für die *Prüfung im Betrieb* (3.14) arbeitet, einschließlich Drehzahl, Last und anderer für die Quelle spezifischer Einstellungen oder Bedingungen, die den Betrieb der Quelle beeinflussen können

3.17
künstliche Anregung
Reihe von Umständen, die den *Betriebsbedingungen* (3.16) ähnlich sind, mit der Ausnahme, dass die *Quelle* (3.4) ausgeschaltet ist und die Quellstruktur künstlich durch eine mittels eines instrumentierten Hammers oder Rüttlers aufgebrachte geregelte Kraft angeregt wird

3.18
Hintergrundgeräuschbedingungen
Bedingungen, die den *Betriebsbedingungen* (3.16) ähnlich sind, mit der Ausnahme, dass die *Quelle* (3.4) ausgeschaltet ist, während andere Zusatzeinrichtungen, die für den Betrieb oder die Belastung der Quelle erforderlich sind, z. B. Hydraulikpumpen, Generatoren oder Stellantriebe, und/oder andere sekundäre Geräuschquellen, z. B. Windgeräusche, aktiv sind

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

3.19
On-Board-Validierung
Verfahrensweise zur Bestimmung der Qualität der Daten der *blockierten Kraft* (3.1)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die On-Board-Validierung ist in Abschnitt 9 beschrieben.

3.20
Übertragungsfunktionsprüfung
FRF-Prüfung
Prüfung, bei der die Matrix der Erregungsantwort auf eine bei ausgeschalteter *Quelle* (3.4), d. h. im Passivzustand, auf einen Punkt wirkenden Kraft (die Matrix der mechanischen Admittanz oder Akzeleranz) gemessen wird

3.21
Matrix der inversen Übertragungsfunktion
Inversions-FRF-Matrix
Y_{rc}
$m \times n$-Matrix der *Übertragungsfunktionen* (3.2), wobei die Spalten den *Kontaktfreiheitsgraden* (3.8) und die Zeilen den *Indikatorfreiheitsgraden* (3.9) entsprechen, nach:

$$\boldsymbol{Y}_{\mathrm{rc}}(f) = \begin{bmatrix} Y_{r_1c_1}(f) & Y_{r_1c_2}(f) & \cdots & Y_{r_1c_n}(f) \\ Y_{r_2c_1}(f) & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ Y_{r_mc_1}(f) & Y_{r_mc_2}(f) & & Y_{r_mc_n}(f) \end{bmatrix}$$

wobei $Y_{r_jc_i}(f)$ die komplexe mechanische Admittanz (oder Akzeleranz) bei der Frequenz f für die Anregung am Kontaktfreiheitsgrad c_i und der Erregungsantwort am Indikatorfreiheitsgrad r_{j} ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Es sind durchgängig einheitliche Größen zu verwenden: entweder Schnelle und mechanische Admittanz oder Beschleunigung und Akzeleranz.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die mechanische Admittanz (Akzeleranz) muss maßlich mit den Kontaktfreiheitsgraden übereinstimmen, und besondere Sorgfalt ist erforderlich, falls Rotationskomponenten (Momente) in die Definition des Vektors der blockierten Kraft miteinbezogen werden.

3.22
Matrix der Validierungsübertragungsfunktion
Validierungs-FRF-Matrix
Y_{vc}
$p \times n$-Matrix der *Übertragungsfunktionen* (3.2), wobei die Spalten den *Kontaktfreiheitsgraden* (3.8) und die Zeilen den *Validierungsfreiheitsgraden* (3.10) entsprechen:

$$\boldsymbol{Y}_{\mathrm{vc}}(f) = \begin{bmatrix} Y_{v_1c_1}(f) & Y_{v_1c_2}(f) & \cdots & Y_{v_1c_n}(f) \\ Y_{v_2c_1}(f) & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ Y_{v_pc_1}(f) & Y_{v_pc_2}(f) & \cdots & Y_{v_pc_n}(f) \end{bmatrix}$$

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

wobei $Y_{v_k c_i}(f)$ die komplexe mechanische Admittanz (oder Akzeleranz) bei der Frequenz f für die Anregung am Kontaktfreiheitsgrad c_i und dem Indikator am Validierungsfreiheitsgrad v_k ist

3.23
direkte Anregung
Anregung der *Kontaktfreiheitsgrade* (3.8) für die *Übertragungsfunktionsprüfung* (3.20), im Gegensatz zur reziproken Anregung (7.3.3)

4 Auswahl von Freiheitsgraden (DOFs)

4.1 Allgemeines

Die Auswahl der geeigneten Freiheitsgrade ist ein wesentlicher Bestandteil der Verfahrensweise, der erheblichen Einfluss auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse haben kann. Es ist schwierig, umfassende Leitlinien hierfür zur Verfügung zu stellen, weil jeder Fall einzigartig ist, dennoch sind im Folgenden einige allgemeine Leitlinien angegeben.

Die Hauptfehlerquellen hängen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit mit der Inkonsistenz oder Unvollständigkeit des Datensatzes zusammen:

a) Unvollständigkeit aufgrund der Übertragung über Freiheitsgrade, die nicht in der Definition der Kontaktfreiheitsgrade enthalten sind;

b) Inkonsistenz aufgrund von Unterschieden in Bezug auf die Lage oder Richtung der Übertragungsfunktions(FRF)-Anregung im Vergleich zu den im Betrieb tatsächlich wirkenden Kräften.

Daher ist die Auswahl der geeigneten Freiheitsgrade wichtig.

Es ist ratsam, die Kontaktfreiheitsgrade, die Indikatorfreiheitsgrade und die Validierungsfreiheitsgrade vor der Prüfung mit dem Auftraggeber abzustimmen. Außerdem wird empfohlen, einen Vorversuch (wie in 7.4 beschrieben) durchzuführen, um die Auswahl der Kontaktfreiheitsgrade zu prüfen und bei Bedarf zu verfeinern.

Besondere Sorgfalt ist bei der Bestimmung der an der Grenzfläche zu berücksichtigenden Freiheitsgrade erforderlich, weil bereits geringfügige Einzelheiten starken Einfluss auf die Ergebnisse haben können. Beispiele für bestimmte Grenzflächentypen sind in Anhang C angegeben.

Bei jedem Freiheitsgrad ist es wichtig, eine Vorzeichenkonvention für die Richtung der Kraft und der Schnelle (oder der Beschleunigung) festzulegen, und diese Konvention muss bei den Prüfungen im Betrieb und den Übertragungsfunktionsprüfungen in genau gleicher Weise angewendet werden. Aus Vorzeichenfehlern können große Fehler resultieren.

ANMERKUNG Für Hinweise zur Polarität von Messwertaufnehmern siehe ISO 7626-1.

4.2 Quelle-Empfänger-Grenzfläche

Die Quelle-Empfänger-Grenzfläche ist eine hypothetische Oberfläche zwischen der Quell- und der Empfängerstruktur. Der Teil der Grenzfläche, an dem Festkörperkontakt zwischen der Quelle und dem Empfänger besteht, wird als Kontaktbereich bezeichnet. Der Kontaktbereich braucht nicht notwendigerweise durchgängig zu sein und besteht üblicherweise aus einem oder mehreren Punkten, Linien oder Kontaktbereichen, wie z. B. Flanschen. Der Kontaktbereich fällt üblicherweise mit den Verbindungen zwischen Bauteilen, die voneinander getrennt werden können, wie z. B. einer Pumpe und ihrer Tragstruktur, zusammen. Die Grenzfläche kann jedoch beliebig gewählt werden unter der Voraussetzung, dass sich alle Quellmechanismen, die Körperschall und Schwingungen erzeugen, auf der Quellenseite der Grenzfläche befinden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

4.3 Kontaktfreiheitsgrade

Der Kontaktbereich besteht üblicherweise aus einem bzw. einer oder mehreren Punkten, Linien oder Bereichen, an denen die Quellstruktur und die Empfängerstruktur physisch miteinander verbunden sind. Die *n* Kontaktfreiheitsgrade werden so gewählt, dass der Anregung und der Kopplung zwischen Empfänger und Quelle durch diese Verbindungen Rechnung getragen wird. Um die richtigen Freiheitsgrade auszuwählen, ist es wichtig zu verstehen, wie die Empfängerstruktur mit der Quelle gekoppelt ist und von ihr angeregt wird. Wichtige Freiheitsgrade können Momente und Kräfte in der Ebene sowie Normalkräfte sein. Werden wichtige Freiheitsgrade außer Acht gelassen, so kann das zu signifikanten Fehlern bei der Berechnung der blockierten Kräfte führen. Andererseits erhöht die Einbeziehung unnötiger Freiheitsgrade die Möglichkeit von Inversionsfehlern; das gilt besonders, wenn die betreffenden Übertragungsfunktionsdaten von geringer Qualität sind, was bei schwer anregbaren Freiheitsgraden, wie z. B. Momenten, wahrscheinlicher ist. Vor der Datenerfassung können Versuche zur Bestimmung von maßgeblichen Freiheitsgraden erforderlich sein, z. B. unter Anwendung des Verfahrens der künstlichen Anregung (siehe 7.4) in Kombination mit einer On-Board-Validierung (siehe 9.2). Zusätzlich darf zur Unterstützung der Bestimmung der Kontaktfreiheitsgrade der „Interface Completeness Coefficient“ [27] (etwa: Kennzahl der Vollständigkeit der betreffenden Grenzfläche) angewendet werden.

Bei Punktkontakt kann die Anregung im Allgemeinen in bis zu sechs Freiheitsgraden an jedem Punkt erfolgen (drei Kräfte und drei Momente auf rechtwinklig zueinander stehenden Achsen). Grenzflächen in Form durchgehender Linien können z. B. durch eine Reihe von entlang der Linie verteilten, diskreten Punkte dargestellt werden. Kleine Kontaktbereiche (klein im Vergleich zur Wellenlänge der Struktur) dürfen als einzelne äquivalente Punkte mit bis zu sechs Freiheitsgraden oder als Punktgitter dargestellt werden. In jedem Falle ist es notwendig, Beschleunigungsaufnehmer in ausreichender Anzahl einzusetzen, um die Dynamik der Strukturen in allen wichtigen Freiheitsgraden zu erfassen.

Jeder Kontaktfreiheitsgrad kann direkt einem Beschleunigungsaufnehmer entsprechen. Alternativ dürfen die Kontaktfreiheitsgrade durch Kombination der Signale mehrerer Beschleunigungsaufnehmer ermittelt werden, z. B. durch Subtraktion der Signale, um mit Hilfe der „Finite-Differenzen-Methode“ [30,18] Rotationsfreiheitsgrade zu erhalten. Weitere Verfahren zur Bestimmung von Kontaktfreiheitsgraden anhand von Kombinationen der Signale von Beschleunigungsaufnehmern sind unter anderem die “Virtual Point Transformation” (virtuelle Punkttransformation) [26] und die “Interface Mobilities” (etwa: mechanische Grenzflächenadmittanzen) [31].

4.4 Indikatorfreiheitsgrade

4.4.1 Allgemeines

Die Indikatorfreiheitsgrade dürfen ganz oder teilweise mit den Kontaktfreiheitsgraden (4.3) übereinstimmen. Die Indikatorfreiheitsgrade dürfen sich an jeder beliebigen Stelle des Empfängers befinden, im Idealfall auch an der Kontaktgrenzfläche. Das System muss „bestimmt“ oder „überbestimmt“ sein, d. h. es muss mindestens so viele Indikatorfreiheitsgrade wie Kontaktfreiheitsgrade geben (d. h. $m \geq n$). Die Indikatorfreiheitsgrade können vollständig oder teilweise oder gar nicht mit den Kontaktfreiheitsgraden übereinstimmen, d. h. dass sich alle, keine oder einige der Indikatorfreiheitsgrade im Kontaktbereich befinden können.

4.4.2 Alle Indikatorfreiheitsgrade im Kontaktbereich

In diesem Fall sind die Indikatorfreiheitsgrade die gleichen wie die Kontaktfreiheitsgrade. Die Matrix der inversen Übertragungsfunktion ist dann quadratisch und symmetrisch. Aus Gründen, die noch nicht vollständig geklärt sind [28], scheint diese Anordnung häufig bessere Ergebnisse zu liefern als wenn die Indikatorfreiheitsgrade von der Grenzfläche entfernt sind. Diese Option erfordert jedoch eine direkte Anregung an den Kontaktfreiheitsgraden während der Übertragungsfunktionsmessung und ist nicht immer möglich.

4.4.3 Kein Indikatorfreiheitsgrad im Kontaktbereich

In diesem Fall befinden sich sämtliche Indikatorfreiheitsgrade außerhalb des Kontaktbereichs. Es wird daher dringend empfohlen, das System überzubestimmen, indem mehr Indikatorfreiheitsgrade als Kontaktfreiheitsgrade hinzugefügt werden, üblicherweise um einen Faktor zwischen 2 und 3. Die gemessenen Erregungsant-

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

worten sollten so weit wie möglich linear unabhängig sein, weshalb es ratsam ist, Indikatorfreiheitsgrade auszuwählen, die verschiedene Aspekte der Strukturantwort erfassen, z. B. durch Verwendung von gut verteilten Positionen und unterschiedlichen Richtungen. Wenn die Übertragungsfunktionsmessung mit reziproker Anregung erfolgen soll, ist auch die Leichtigkeit, mit der diese Freiheitsgrade in der Übertragungsfunktionsprüfung angeregt werden können, ein zu berücksichtigender Faktor, weil in der Praxis Schwierigkeiten bei der Anregung ein häufiger Grund für mangelhafte Qualität der Übertragungsfunktionsdaten sind.

4.4.4 Einige Indikatorfreiheitsgrade im Kontaktbereich

Eine dritte Möglichkeit besteht darin, einige der Indikatorfreiheitsgrade an der Kontaktgrenzfläche und einige an anderen Stellen des Empfängers zu platzieren. Auch in diesem Fall ist es ratsam, das System zu überbestimmen.

4.5 Validierungsfreiheitsgrade

Die Validierungsfreiheitsgrade sind so auszuwählen, dass sie Erregungsantworten liefern, die so weit wie möglich linear unabhängig von den Erregungsantworten an den Indikatorfreiheitsgraden (4.4) sind, die für die Lösung (Abschnitt 8) verwendet werden. Diese dürfen sich nicht im Kontaktbereich befinden. Sondern sie müssen sich an anderen Stellen und/oder in anderen Richtungen als die Indikatorfreiheitsgrade befinden, um für eine möglichst große lineare Unabhängigkeit zu sorgen.

5 Prüfanordnung

5.1 Allgemeines

Die Prüfung kann *in situ*, d. h. vor Ort mit der in einer realen Anlage installierten Quelle, oder in einem speziell dafür ausgelegten Prüfstand durchgeführt werden. Bei der Wahl der Prüfanordnung sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

a) die Repräsentativität des Empfängers in Bezug auf seine Auswirkungen auf die Quellmechanismen;

b) die Gestaltung der Struktur des Prüfempfängers im Hinblick auf seine Erreichbarkeit, die Vermeidung von Resonanzen und Nichtlinearitäten;

c) die Notwendigkeit, sekundäre Geräuschquellen zu vermeiden.

5.2 Repräsentativität des Empfängers

Unter der Voraussetzung, dass die Quellmechanismen konstant bleiben, ist die blockierte Kraft theoretisch eine unabhängige Eigenschaft der Quelle und wird daher durch die Anlage im Prinzip nicht beeinflusst. Eine dynamische Belastung der Quelle durch die Empfängerstruktur kann jedoch die Quellmechanismen beeinflussen, z. B. durch eine quasistatische Verformung eines Getriebes unter Last, die sich auf die Fehlausrichtung des Getriebes auswirken kann. Es liegen nur wenige Informationen über derartige dynamische Belastungseffekte vor; es ist jedoch ratsam, sicherzustellen, dass die Prüfanordnung repräsentativ für jede vorgesehene Installation ist, um diese Effekte auf ein Mindestmaß zu verringern.

Bei der *In-situ*-Prüfung ist die Prüfumgebung schon ihrer Definition nach repräsentativ. Einige Quellen sind jedoch für eine Bandbreite von Empfängern ausgelegt; in diesem Fall kann es wünschenswert sein, dieselbe Quelle an einer Reihe von Empfängerstrukturen zu prüfen, die für die vorgesehenen Anlagen repräsentativ sind.

Unterscheidet sich der Prüfempfänger von dem der vorgesehenen Anlage, weil entweder ein spezieller Prüfstand genutzt wird oder die Eigenschaften der vorgesehenen Empfänger veränderlich sind, so ist es notwendig, die Repräsentativität des Empfängers zu berücksichtigen. In diesem Dokument wird von der Annahme ausgegangen, dass die Quellmechanismen nicht übermäßig beeinträchtigt werden, wenn die für die Prüfung genutzte Empfängerstruktur dynamisch ähnlich der der vorgesehenen Anlage ist. Ohne weitere Untersuchungen kön-

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

nen die Anforderungen an die dynamische Ähnlichkeit nicht genau festgelegt werden. Für die Anwendung dieses Dokuments gilt jedoch Folgendes:

a) Eine Quelle, die für eine elastische Lagerung vorgesehen ist, muss für die Prüfung der blockierten Kraft auf Halterungen mit ähnlicher dynamischer Steifigkeit elastisch gelagert werden; dafür muss festgelegt werden, ob die Halterungen als Teil der Quelle oder des Empfängers einzubeziehen sind.

b) Eine Quelle, die für eine starre Lagerung vorgesehen ist, muss für die Prüfung der blockierten Kraft starr montiert werden, vorzugsweise auf einer Struktur mit einer dynamischen Steifigkeit, die der der vorgesehenen Empfängerstruktur ähnlich ist. Prüfstände aus denselben Werkstoffen und mit einer Dicke, die der vorgesehenen Anlage ähnlich ist, werden als ausreichend ähnlich angesehen.

5.3 Auslegung des Prüfempfängers

Die Zuverlässigkeit der durch Inversion erhaltenen blockierten Kräfte wird weitgehend durch die Vollständigkeit und Konsistenz des gesamten Datensatzes bestimmt, einschließlich im Besonderen der Übertragungsfunktionsmatrix (FRF-Matrix). Daher sollte nicht nur, wie oben beschrieben, die Repräsentativität des Prüfaufbaus sichergestellt werden, sondern auch die Prüfstruktur so ausgelegt sein, dass die Messungen erleichtert werden. Im Besonderen ist es wünschenswert:

a) den Zugang zu den Kontaktfreiheitsgraden zu optimieren;

b) starke Resonanzen zu vermeiden; und

c) sekundäre Geräuschquellen zu vermeiden.

Mangelnde Erreichbarkeit der Anregungspunkte, besonders der Kontaktfreiheitsgrade, ist eine Hauptursache für Fehler in der Übertragungsfunktionsmatrix, die bei der Inversion verstärkt werden können. Wenn der Zugang zu den Kontaktfreiheitsgrade in einer realen Anlage eingeschränkt ist, kann es daher von Vorteil sein, einen speziell dafür ausgelegten Prüfstand zu nutzen.

In der Regel erschwert das Vorhandensein von starken, ungedämpften Resonanzen in der Baugruppe, die blockierten Kräfte zuverlässig durch Inversion zu ermitteln. Im Prüfstand kann zusätzlich eine Dämpfung erfolgen, ohne die dynamische Ähnlichkeit (5.2) zu beeinträchtigen, und daher ist es im Allgemeinen wünschenswert, für eine möglichst so starke viel Dämpfung im Prüfempfänger zu sorgen. An der Grenzfläche oder an der Quellenseite der Grenzfläche darf keine zusätzliche Dämpfung erfolgen.

Nichtlinearitäten im Empfänger sind möglichst zu vermeiden. Strukturen, die beim Anschlagen klappern, verhalten sich wahrscheinlich nichtlinear und sollten vermieden werden.

5.4 Vermeidung von sekundären Geräuschquellen

Sekundäre Geräuschquellen sind solche, die nicht Teil der zu prüfenden Quelle sind, aber dennoch zu der am Indikator- oder Validierungsfreiheitsgrad gemessenen Erregungsantwort beitragen. Beispiele hierfür sind Einrichtungen, die zur Belastung der Quelle verwendet werden, wie z. B. Dynamometer (ggf. Fahrleistungsprüfstände) oder Bremsen, und Quellen, die unter Betriebsbedingungen auftreten, wie z. B. Windgeräusche. Eine Überprüfung derartiger Geräuschquellen ist Teil des in Abschnitt 7 beschriebenen Prüfverfahrens. Die Prüfanordnung sollte nach Möglichkeit so ausgelegt sein, dass der Einfluss von sekundären Quellen auf ein Mindestmaß verringert wird, z. B. indem Prüfungen auf einem Fahrleistungsprüfstand statt auf einer Prüfstrecke durchgeführt werden, um Windgeräusche zu vermeiden.

6 Prüfmittel

6.1 Allgemeines

Es sollten die üblichen Prüfmittel und besonders die folgenden verwendet werden. Die Prüfmittel sind nach ISO 7626-1 und ISO 7626-2 zu kalibrieren.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

6.2 Multikanalanalysator

Der Multikanalanalysator muss mindestens zwei Kanäle und im Idealfall so viele Kanäle haben, dass eine gleichzeitige Messung an allen Indikator- und Validierungsfreiheitsgraden möglich ist, d. h. er muss mindestens $m + p$ Kanäle haben.

Die Abtastrate des Analysators muss ausreichen, um die für die blockierten Kräfte interessante Höchstfrequenz erhalten zu können.

6.3 Schwingungssensoren

Im Idealfall sollten Schwingungssensoren in ausreichender Anzahl vorhanden sein, um die gleichzeitige Messung aller Indikator- und Validierungsfreiheitsgrade zu ermöglichen, d. h. mindestens $m + p$ Sensoren. Die Empfindlichkeit und das Grundrauschen der Sensoren müssen eine Messung des Indikatorschnellevektors und des während der Prüfung im Betrieb gemessenen Validierungsschnellevektors und auch die Übertragungsfunktionsmessung während der Übertragungsfunktionsprüfung ermöglichen.

Werden nicht alle Erregungsantworten gleichzeitig gemessen, so sind die entsprechenden Messung nacheinander durchzuführen, wobei ein Sensor in einer festen Position zu halten ist, um eine Phasenreferenz zu erhalten. Derartige aufeinanderfolgende Messungen dürfen nur dann verwendet werden, wenn die Anregung der Quelle genau wiederholbar ist.

ANMERKUNG Hinweise hierzu enthält ISO 7626-1.

6.4 Anregungsmittel

Zur Messung der Übertragungsfunktionsmatrizen während der Übertragungsfunktionsprüfung ist es erforderlich, die Baugruppe anzuregen. Im Prinzip kann ein instrumentierter Hammer oder ein Rüttler verwendet werden, der Hammer hat jedoch erhebliche Vorteile in Bezug auf die Flexibilität und liefert nachweislich zuverlässige Ergebnisse.

Die Anregungseinrichtung muss Anregungskräfte über einen Frequenzbereich liefern, der ausreicht, um die Übertragungsfunktionen über den gewünschten Frequenzbereich messen zu können.

7 Durchführung der Prüfung

7.1 Allgemeines

Die Prüfung besteht aus zwei Teilen, der Prüfung im Betrieb und der Übertragungsfunktionsprüfung. Darüber hinaus wird ein Vorversuch im Betrieb mit künstlicher Anregung durchgeführt. Die einzelnen Schritte des Verfahrens sind im Ablaufplan in Bild 2 zusammenfassend dargestellt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

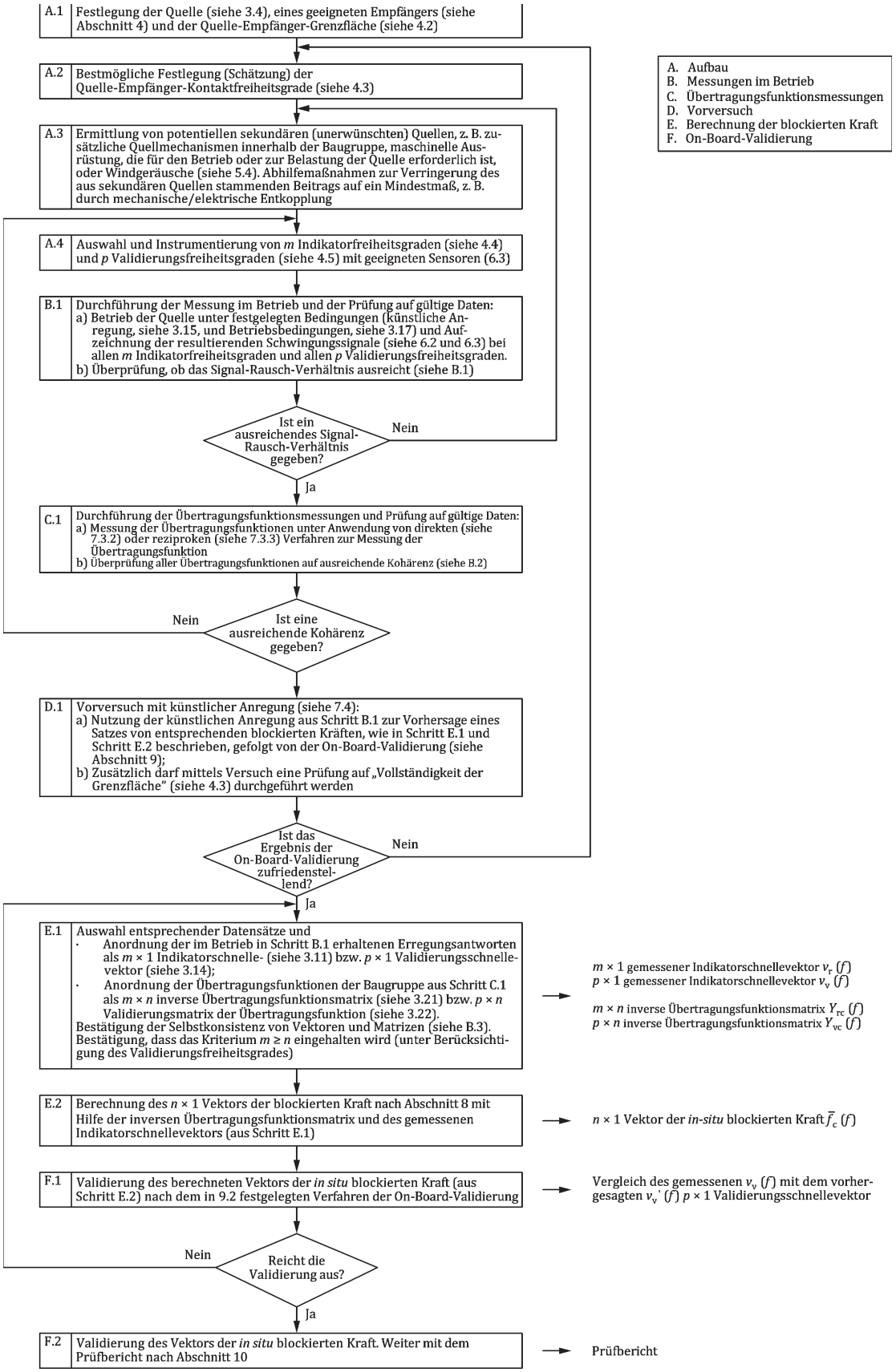


Bild 2 — Durchführung der Prüfung

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

Die Frequenzauflösung des Analysators muss bei der Prüfung im Betrieb und der Übertragungsfunktionsprüfung gleich sein.

Vor der Prüfung muss Folgendes festgelegt werden:

a) die Quelle-Empfänger-Grenzfläche;

b) die Kontaktfreiheitsgrade;

c) die Indikatorfreiheitsgrade;

d) die Validierungsfreiheitsgrade;

e) die Betriebsbedingungen;

f) die Hintergrundgeräuschbedingungen.

7.2 Prüfung im Betrieb

Die Prüfung im Betrieb umfasst die folgenden Schritte:

1) Am Empfänger sind an den Indikatorfreiheitsgraden und den Validierungsfreiheitsgraden Schwingungssensoren anzubringen.

2) Die Quelle ist unter den festgelegten Betriebsbedingungen zu betreiben.

3) Der Indikatorschnellevektor $\boldsymbol{v}_{\mathbf{r}}$ und der gemessene Validierungsvektor $\boldsymbol{v}_{\mathbf{v}}$ sind möglichst gleichzeitig an den entsprechenden Sensoren abzulesen und aufzuzeichnen.

4) Die Quelle ist auszuschalten, und das resultierende Hintergrundgeräusch ist an allen Indikator- und Validierungsfreiheitsgraden entsprechend den festgelegten Hintergrundgeräuschbedingungen zu messen.

5) Es ist nach B.1 zu bestätigen, dass der für den Betrieb geltende Indikatorvektor $\boldsymbol{v}_{\mathbf{r}}$ und der Validierungsschnellevektor $\boldsymbol{v}_{\mathbf{v}}$ aus Schritt 3 sowie die entsprechenden Vektoren des Hintergrundgeräuschs aus Schritt 4 ein ausreichendes Signal-Rausch-Verhältnis haben.

7.3 Übertragungsfunktionsprüfung

7.3.1 Allgemeines

Für die Übertragungsfunktionsprüfung muss die Quelle ausgeschaltet werden. Sofern eine für die Anregung an allen Kontaktfreiheitsgraden ausreichende Zugänglichkeit gegeben ist, sind die Sensoren an den Indikator- und Validierungsfreiheitsgraden zu belassen und ist eine direkte Übertragungsfunktionsmessung durchzuführen (wie in 7.3.2 festgelegt). Falls die Kontaktfreiheitsgrade nicht in ausreichendem Maße zugänglich sind, um dort eine zuverlässige Anregung zu ermöglichen, ist eine reziproke Übertragungsfunktionsmessung durchzuführen (wie in 7.3.3 festgelegt). Bei allen durchgeführten Übertragungsfunktionsmessungen ist (nach B.2) nachzuweisen, dass die Kohärenz ausreicht.

Üblicherweise wird die Übertragungsfunktionsmatrix gemessen, indem mit einem instrumentierten Hammer ein Freiheitsgrad nach dem anderen angeregt wird, um so die Spalten der Übertragungsfunktionsmatrix aufzubauen. Andere Ansätze für die Messung werden damit jedoch nicht ausgeschlossen, sofern durch die On-Board-Validierung nachgewiesen werden kann, dass auch sie zuverlässige Ergebnisse liefern.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

7.3.2 Direkte Übertragungsfunktionsmessung

Die Anregung muss an den Kontaktfreiheitsgraden erfolgen, und die Erregungsantworten sind an den Indikator- und Validierungsfreiheitsgraden zu messen. Die daraus resultierenden Punkt-zu-Punkt-Übertragungsfunktionen sind zu den Übertragungsfunktionsmatrizen $\boldsymbol{Y}_{\mathbf{rc}}$ und $\boldsymbol{Y}_{\mathbf{vc}}$ zusammenzusetzen.

7.3.3 Reziproke Übertragungsfunktionsmessung

Wenn eine direkte Anregung der Kontaktfreiheitsgrade für die Übertragungsfunktionsprüfung nicht möglich ist, darf eine reziproke Anregung verwendet werden, bei der die Positionen von Anregung und Erregungsantwort vertauscht sind. Die Anregung erfolgt dann an allen Indikator- und Validierungsfreiheitsgraden, und die Erregungsantwort wird an den Kontaktfreiheitsgraden gemessen. Die daraus resultierenden Matrizen haben den Indikator- und Validierungsfreiheitsgraden entsprechende Spalten und den Kontaktfreiheitsgraden entsprechende Zeilen und müssen transponiert werden, um die geforderten Übertragungsfunktionsmatrizen $\boldsymbol{Y}_{\mathbf{rc}}$ und $\boldsymbol{Y}_{\mathbf{vc}}$ zu erhalten, entsprechend:

$$\boldsymbol{Y}_{\mathrm{cr}}^{\mathrm{T}} = \boldsymbol{Y}_{\mathrm{rc}}$$

$$\boldsymbol{Y}_{\mathrm{cv}}^{\mathrm{T}} = \boldsymbol{Y}_{\mathrm{vc}}$$

wobei T die Transposition der Matrix darstellt. Für eine reziproke Übertragungsfunktionsmessung müssen die Schwingungssensoren von den Indikator- und Validierungsfreiheitsgraden abgenommen und an den Kontaktfreiheitsgraden angebracht werden. Die Anregung muss an den Indikator- und Validierungsfreiheitsgraden erfolgen, und die Erregungsantworten an den Kontaktfreiheitsgraden sind zu messen. Die daraus resultierenden Punkt-zu-Punkt-Übertragungsfunktionen sind in Matrizen zusammenzufassen und zu transponieren, um die Übertragungsfunktionsmatrizen $\boldsymbol{Y}_{\mathrm{rc}} = \boldsymbol{Y}_{\mathrm{cr}}^{\mathrm{T}}$ und $\boldsymbol{Y}_{\mathrm{vc}} = \boldsymbol{Y}_{\mathrm{cv}}^{\mathrm{T}}$ zu erhalten.

7.4 Vorversuch mit künstlicher Anregung

Der Vorversuch muss unter Befolgung derselben Schritte, wie in 7.2 und 7.3 für die vollständige Prüfung beschrieben, durchgeführt werden mit der Ausnahme, dass die Quelle während der Prüfung im Betrieb nicht betrieben, sondern künstlich zu Schwingungen angeregt wird, üblicherweise durch Anregung der Quellstruktur mit einem instrumentierten Hammer oder Rüttler. Die On-Board-Validierung für diese Prüfung (siehe Abschnitt 9) kann nützlich sein, um die Ergebnisse der Inversion zu verbessern, z. B. durch Optimierung der Position der Indikator- oder Validierungspunkte, um die Vorzeichenkonvention auf Konsistenz zu überprüfen und besonders um die Beschreibung der Kontaktgrenzfläche und der Kontaktfreiheitsgrade zu verfeinern.

Anhang B enthält verschiedene Prüfungen zur Feststellung der Gültigkeit von Messdaten.

Anhang D enthält Kriterien für die Auswahl von Indikator- und Validierungsfreiheitsgraden.

Anhang E enthält eine Erweiterung des Verfahrens zur Vorhersage von Schall und Schwingungen.

8 Analyseverfahren

Der Vektor der *in situ* blockierten Kraft wird durch Lösen von Gleichung (1) bei jeder Frequenz ermittelt:

$$\boldsymbol{v}_{\mathrm{r}} = \boldsymbol{Y}_{\mathrm{rc}}\overline{\boldsymbol{f}_{\mathrm{c}}} \tag{1}$$

Dabei ist

$\boldsymbol{v}_{\mathrm{r}}$ der Indikatorschnelle(oder Indikatorbeschleunigungs)-Vektor;

$\overline{\boldsymbol{f}_{\mathrm{c}}}$ der Vektor der blockierten Kräfte an den Kontaktfreiheitsgraden;

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

$\boldsymbol{Y}_{rc}$ die Matrix der mechanischen Admittanz, die die Indikator- und Kontaktfreiheitsgrade miteinander verbindet.

Üblicherweise wird die Gleichung (1) mit Hilfe der inversen Matrix oder der Pseudoinversen gelöst:

$$\overline{\boldsymbol{f}_c} = \boldsymbol{Y}_{rc}^{+}\boldsymbol{v}_r \tag{2}$$

Dabei ist $\boldsymbol{Y}_{rc}^{+}$ die Pseudoinverse von $\boldsymbol{Y}_{rc}$.

ANMERKUNG Die Einheiten für die gemessenen Größen sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Einheiten der Messgrößen

Einheiten der Erregungsantwort		
Erregungsantwort	**Einheiten**	
Schnelle	ms^{-1}	
Winkelgeschwindigkeit	s^{-1}	
Beschleunigung	ms^{-2}	
Winkelbeschleunigung	s^{-2}	
Schalldruck	Pa	
Einheiten der Kraft		
Anregungs-	**Einheiten**	
Kraft	N	
Moment	Nm	
Übertragungsfunktionseinheiten		
Anregungs-	**Erregungsantwort**	**Einheiten**
Kraft	Schnelle	$ms^{-1}N^{-1}$
Kraft	Winkelgeschwindigkeit	$s^{-1}N^{-1}$
Moment	Schnelle	$ms^{-1}(Nm)^{-1}$
Moment	Winkelgeschwindigkeit	$s^{-1}(Nm)^{-1}$
Kraft	Beschleunigung	$ms^{-2}N^{-1}$
Kraft	Winkelbeschleunigung	$s^{-2}N^{-1}$
Moment	Beschleunigung	$ms^{-2}(Nm)^{-1}$
Moment	Winkelbeschleunigung	$s^{-2}(Nm)^{-1}$
Kraft	Schalldruck	PaN^{-1}
Moment	Schalldruck	$Pa(Nm)^{-1}$

Die Selbstkonsistenz des verwendeten Indikatorschnellevektors und der Matrix der mechanischen Admittanz ist zu bestätigen, bevor der Vektor der *in situ* blockierten Kraft (wie in B.3 festgelegt) berechnet wird. Im Handel ist Software erhältlich, die zur Erleichterung einer konsistenten Anordnung der Matrizen und Vektoren und zur Lösung von Gleichung (1) verwendet werden kann.

Bei der Lösung inverser Probleme, wie z. B. Gleichung (1), ist es gängige Praxis, die mathematische Lösung durch „Regularisierung“ zu stabilisieren. Bei der Regularisierung wird der Einfluss der kleinsten Singulärwerte

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

der Matrix verringert, indem z. B. unterhalb einer bestimmten Toleranz liegende Werte gleich Null gesetzt werden. Die Regularisierung kann jedoch einen falschen Eindruck von der Zuverlässigkeit der invers ermittelten blockierten Kräfte vermitteln. Daher muss Gleichung (1) zunächst ohne Regularisierung gelöst und die nicht regularisierte Lösung bei der On-Board-Validierung verwendet und im Prüfbericht angegeben werden.

Die Lösung von Gleichung (1) darf als nicht regularisiert angesehen werden, wenn der Toleranzwert kleiner oder gleich $m\,|\boldsymbol{Y}|\,\epsilon$ ist, wobei $|\boldsymbol{Y}|$ die 2-Norm der Matrix der mechanischen Admittanz (oder Akzeleranz) und ϵ der Abstand der Gleitkommazahlen für den verwendeten Rechner ist.

9 Unsicherheiten und Validierung

9.1 Allgemeines

Es ist bekannt, dass die Unsicherheiten von blockierten Kräften von Fall zu Fall erheblich variieren können. Daher wird in diesem Dokument ein On-Board-Validierungsansatz gewählt, um einen Hinweis auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse im Einzelfall zu geben. Das Verfahren besteht darin, die gemessenen Validierungsschnellevektoren mit den vorhergesagten zu vergleichen. Nach dem derzeitigen Stand der Technik liefern die Differenzen zwischen der vorhergesagten und der gemessenen Schnelle die zuverlässigsten Hinweise auf einen möglichen Messfehler für den betreffenden Fall. Was als zufriedenstellende Übereinstimmung anzusehen ist, sollte von Fall zu Fall festgelegt werden, und zwar in der Regel durch den Endanwender. Die On-Board-Validierung ermöglicht keine vollständig unabhängige Validierung der Ergebnisse und stellt auch keine Garantie für die Übertragbarkeit der blockierten Kräfte dar, und selbst wenn eine zufriedenstellende On-Board-Validierung erhalten wurde, ist Vorsicht geboten.

Es wird auch empfohlen, die Messunsicherheit zu bewerten, wofür Verfahren vorgeschlagen wurden [29], obgleich es beim derzeitigen Stand der Technik nur wenige veröffentlichte Beispiele gibt.

9.2 On-Board-Validierung

Den Prüfergebnissen sind die Ergebnisse einer On-Board-Validierung beizufügen, bei der es sich um den Vergleich der vorhergesagten Validierungsschnelle(oder Validierungsbeschleunigungs)-Vektoren mit den und gemessenen handelt. Der Vorgang ist an Daten der Prüfung im Betrieb unter Anwendung sowohl der im Betrieb üblichen (7.2) als auch künstlicher (7.4) Anregung durchzuführen.

Der vorhergesagte Validierungsschnelle(oder Validierungsbeschleunigungs)-Vektor $\boldsymbol{v}_{\mathrm{v}}$ ist mit Hilfe von Gleichung (3) zu ermitteln:

$$\boldsymbol{v}_{\mathrm{v}}{}' = \boldsymbol{Y}_{\mathrm{vc}}\overline{\boldsymbol{f}_{\mathrm{c}}} \tag{3}$$

Dabei ist

$\boldsymbol{v}_{\mathrm{v}}{}'$ der vorhergesagte Validierungsschnelle(oder Validierungsbeschleunigungs)-Vektor (3.13);

$\boldsymbol{Y}_{\mathrm{vc}}$ die Übertragungsfunktionsmatrix der Validierungsfreiheitsgrade (3.22);

$\overline{\boldsymbol{f}_{\mathrm{c}}}$ der im Analyseverfahren nach Abschnitt 8 erhaltene Vektor der blockierten Kräfte.

ANMERKUNG 1 Die Einheiten für die Mess- und Vorhersagegrößen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Der gemessene Validierungsschnelle(oder Validierungsbeschleunigungs)-Vektor $\boldsymbol{v}_{\mathrm{v}}$ ist an den Validierungsfreiheitsgraden während der Prüfung im Betrieb, wie in 7.2 festgelegt, zu messen.

Die vorhergesagte Validierungsschnelle (oder Validierungsbeschleunigung) $\boldsymbol{v}_{\mathrm{v}}{}'$ ist mit der gemessenen Schnelle (oder Beschleunigung) $\boldsymbol{v}_{\mathrm{v}}$ zu vergleichen, indem sie auf derselben Achse in schmalen Frequenzbändern aufgetragen wird. Für jeden Validierungsfreiheitsgrad ist ein gesonderter Graph zu erstellen. Zusätzliche Vergleiche im Terzband oder bei anderen Bandbreiten werden ebenfalls empfohlen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

ANMERKUNG 2 Die Benennung „On-Board“ (bord- oder fahrzeugseitig) wird verwendet, um anzuzeigen, dass die Validierung für denselben Empfänger wie die Prüfung im Betrieb durchgeführt wird (und nicht notwendigerweise an Bord eines Fahrzeugs).

9.3 Vorläufige Validierung mittels künstlicher Anregung

Eine vorläufige Validierung ist anhand einer simulierten Prüfung im Betrieb durchzuführen. Ihre Vorteile bestehen darin, dass sie erstens eine Verifizierungsüberprüfung ermöglicht, bei der Fehler in der Vorzeichenkonvention, der Anordnung der Daten in Matrizen und Vektoren oder der Rechenverfahren aufgedeckt werden können. Zweitens liefert sie einen Hinweis auf die wahrscheinliche Qualität der Übertragungsfunktionsdaten im Hinblick auf die Ermittlung einer inversen Lösung.

Bei einer simulierten Prüfung im Betrieb ist die Quellstruktur durch kontrollierte Anregung mit Hilfe eines Rüttlers oder instrumentierten Hammers bei ausgeschalteter Quelle anzuregen. Die Anregung erfolgt im Idealfall breitbandig und muss den Erhalt einer zuverlässigen Phasenreferenz ermöglichen. Die Validierung ist nach Abschnitt 7 und die On-Board-Validierung nach 9.2 genau wie bei einer On-Board-Validierung durchzuführen, mit der Ausnahme, dass die Betriebsbedingungen durch simulierte Betriebsbedingungen ersetzt werden.

10 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

a) eine Verweisung auf dieses Dokument, d. h. ISO 20270:2019;

b) den Namen der Organisation, die die Prüfung durchgeführt hat;

c) das Datum der Prüfung;

d) eine Beschreibung der Quelle (Typ, Hersteller, Seriennummer, Auflager und alle sonstigen maßgeblichen Einzelheiten);

e) eine Beschreibung des Prüfaufbaus einschließlich der Einzelheiten der Empfängerstrukturen und seiner Verbindungen mit der Quelle;

f) die Betriebsbedingung(en) der Quelle (z. B. Drehzahl, Last und andere für diese Quelle spezifische Bedingungen);

g) eine Beschreibung der Quelle-Empfänger-Grenzfläche und der Kontaktfreiheitsgrade einschließlich der Vorzeichenkonvention;

h) die Lage, Ausrichtung, Befestigung und Masse der für die Prüfung im Betrieb verwendeten Schwingungssensoren;

i) die Lage, Ausrichtung, Befestigung und Masse der Schwingungssensoren sowie Lage und Ausrichtung der für die Übertragungsfunktionsprüfung verwendeten Anregungspositionen;

j) die verwendeten Messgeräte, einschließlich Typ, Seriennummer, Empfindlichkeit und Hersteller;

k) eine Beschreibung des Anregungsmittels für die Übertragungsfunktionsprüfung, einschließlich Typ, Seriennummer, Empfindlichkeit und Hersteller des Kraftaufnehmers;

l) eine graphische Darstellung der FFT (sowohl Betrag als auch Phase) der nicht regularisierten blockierten Kraft an jedem Kontaktfreiheitsgrad; die Bildunterschrift muss die folgende Angabe enthalten: *„FFT, Betrag und Phase, der blockierten Kraft für Kontaktfreiheitsgrad i. Auflösung xx Hz“*, wobei *i* und *xx* durch die tatsächlichen Werte ersetzt werden;

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

m) eine graphische Darstellung der FFT (sowohl Betrag als auch Phase) der gemessenen und der vorhergesagten (nicht regularisierten) Validierungsantwort; das Messergebnis ist als durchgezogene schwarze Linie und die vorhergesagte Erregungsantwort als gepunktete und/oder rote Linie darzustellen; die Bildunterschrift muss folgende Aussage enthalten: *„FFT, Betrag und Phase, der Schnelle (oder Beschleunigung) am Validierungsfreiheitsgrad i. Gemessene Erregungsantwort als durchgezogene schwarze Linie, vorhergesagte Erregungsantwort in Rot (und/oder gepunktet). Auflösung xx Hz“*, wobei *i* und *xx* durch die tatsächlichen Werte ersetzt werden;

n) wird eine regularisierte Lösung der Gleichung (1) dargestellt (zusätzlich zu der in Aufzählungspunkt l) geforderten nicht regularisierten Lösung), so ist eine Beschreibung der angewendeten Regularisierung beizufügen;

o) wird die Quelle an einer Empfängerstruktur geprüft, die nicht Teil einer realen Anlage ist, so sind die Gründe dafür anzugeben, warum sie als repräsentativ für eine reale Anlage angesehen wird (5.2).

Anhang A enthält ein Beispiel für einen möglichen Prüfbericht.

Anhang C enthält Beispiele für Prüffälle, die bei der Entwicklung dieses Verfahrens untersucht wurden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08

Anhang A
(informativ)

Beispiel eines Prüfberichts: Elektrischer Hinterachsantrieb in einem Personenkraftwagen; Transferpfadanalyse (TPA) und Schätzung der *in situ* blockierten Kräfte nach ISO 20270:2019

A.1 Allgemeine Informationen

Die Messungen wurden von der Volvo Car Corporation am 25. und 26. März 2014 im Forschungs- und Entwicklungszentrum von Volvo Torslanda durchgeführt.

A.2 Prüfgegenstand

Elektrischer Hinterachsantrieb (ERAD, en: electric rear axle drive) mit einer 50-kW-Permanentmagnet-Synchronmaschine und einem Planetengetriebe, der mittels vier Gummilagern von einem Achsträger gehalten wird, der seinerseits mittels ebenfalls vier Gummilagern von der Karosserie gehalten wird. Eingebaut in ein Volvo V60 D6 Plugin-Hybridfahrzeug[1]. Einzelheiten hierzu siehe Bild A.1.

A.3 Betriebszustand der Quelle

Aus dem Stillstand bis 15 km/h bergauf mit teilweise geöffneter Drosselklappe (langsame Beschleunigung), rein elektrischer Antriebsmodus. Die 30. Ordnung in Bezug auf die mechanische Drehzahl des Elektromotors wurde extrahiert.

A.4 Quelle-Empfänger-Grenzfläche

In Bild A.2 sind zwei der vier Quelle-Empfänger-Grenzflächenpunkte einschließlich des Koordinatensystems dargestellt. Die blockierten Kräfte wurden an der aktiven Seite der ERAD-Halterungen an den Schraubenköpfen der Schrauben bestimmt, die bis in Innere der Halterung durchgehen und an den Vorsprüngen des ERAD-Gehäuses befestigt sind. Um die Schraubenköpfe mit dem Impulshammer vorschriftsmäßig erreichen zu können, wurden auf jeden Schraubenkopf Aluminiumwürfel geklebt (Bild A.3 und Bild A.4). Zur Vereinfachung wurden bei diesem Modell nur translatorische Kräfte in Z-Richtung (vertikale Richtung) berücksichtigt.

1 Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung des genannten Produkts durch ISO.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20270:2022-08