ICS 17.160

VDI-RICHTLINIEN

Dezember 2014
December 2014

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Merkmale und Erkennbarkeit von nichtlinearen schwingungsfähigen Systemen

Freie, erzwungene und selbsterregte Schwingungen

Characteristics and recognition of non-linear vibratory systems

Free, forced and self-excited vibrations

VDI 2060

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

BESTÄTIGT
VDI
zuletzt
2023

Inhalt Seite

Vorbemerkung ... 2
1 Anwendungsbereich ... 2
2 Begriffe ... 3
3 Formelzeichen ... 8
4 Lineares und nichtlineares schwingungsfähiges System ... 9
4.1 Lineares schwingungsfähiges System ... 9
4.2 Nichtlineares schwingungsfähiges System ... 9
4.3 Besonderheiten nichtlinearer Kennlinien ... 10
5 Ursachen von Nichtlinearitäten ... 11
5.1 Übersicht ... 11
5.2 Geometrische Nichtlinearitäten ... 14
5.3 Nichtlineare Eigenschaften von Werkstoffen ... 14
5.4 Nichtlineare Eigenschaften von Bauteilen ... 22
6 Merkmale und Auswirkungen von Nichtlinearitäten ... 31
6.1 Übersicht ... 31
6.2 Auswirkungen von Nichtlinearitäten bei freien Schwingungen (AF) ... 32
6.3 Auswirkungen von Nichtlinearitäten bei erzwungenen Schwingungen (AZ) ... 42
6.4 Selbsterregung – reiberregte Schwingungen ... 45
7 Schwingungserregung, -messung und -analyse ... 46
7.1 Übersicht ... 46
7.2 Schwingungserregung ... 46
7.3 Schwingungsmessung ... 48
7.4 Schwingungsanalyse ... 48
8 Erkennen von Nichtlinearitäten aus Messergebnissen ... 48
8.1 Übersicht ... 48
8.2 Nichtlinearitäten des Systems bei freien Schwingungen (F) ... 49
8.3 Nichtlinearitäten des Systems bei erzwungenen Schwingungen (Z) ... 56
9 Begleitende rechnerische Untersuchungen ... 64
9.1 Übersicht ... 64
9.2 Linearisierungen ... 64
9.3 Freie und erzwungene Schwingungen ... 64
9.4 Quasieigenfrequenzen ... 64
9.5 Quasieigenschwingungsformen ... 65
9.6 Quasiübertragungsfunktionen (Quasiamplituden- und Quasiphasenfrequenzgänge) ... 65
Schrifttum ... 66

Contents Page

Preliminary note ... 2
1 Scope ... 2
2 Terms and definitions ... 3
3 Symbols ... 8
4 Linear and non-linear oscillatory system ... 9
4.1 Linear oscillatory system ... 9
4.2 Non-linear oscillatory system ... 9
4.3 Special features of non-linear characteristics ... 10
5 Causes of non-linearities ... 11
5.1 Overview ... 11
5.2 Geometric non-linearities ... 14
5.3 Non-linear properties of materials ... 14
5.4 Non-linear properties of components ... 22
6 Characteristics and effects of non-linearities ... 31
6.1 Overview ... 31
6.2 Effects of non-linearities with free vibrations (AF) ... 32
6.3 Effects of non-linearities with forced vibrations (AZ) ... 42
6.4 Self-excitation – friction-excited vibrations ... 45
7 Vibration excitation, measurement and analysis ... 46
7.1 Overview ... 46
7.2 Excitation of vibration ... 46
7.3 Vibration measurement ... 48
7.4 Vibration analysis ... 48
8 Detection of non-linearities from measurement results ... 48
8.1 Overview ... 48
8.2 Non-linearities in the system with free vibrations (F) ... 49
8.3 Non-linearities in the system with forced vibrations (Z) ... 56
9 Concurrent computational analyses ... 64
9.1 Overview ... 64
9.2 Linearizations ... 64
9.3 Free and forced vibrations ... 64
9.4 Quasi-natural frequencies ... 64
9.5 Quasi-normal modes of vibration ... 65
9.6 Quasi-transfer functions (quasi-amplitude response and quasi-phase spectra) ... 65
Bibliography ... 66

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)
Fachbereich Schwingungstechnik

VDI-Handbuch Schwingungstechnik

Frühere Ausgabe: 08.12 Entwurf, deutsch
Former edition: 08/12 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2014

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted