

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.

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