

DIN EN 62643-1

ICS 31.140

Einsprüche bis 2011-09-11

Entwurf**Elektrostatische auf mikroelektromechanischen Systemen (MEMS) basierende Oszillatoren mit bewerteter Qualität –
Teil 1: Fachgrundspezifikation (IEC 49/939/CD:2011)**

Electrostatic Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) Oscillators of assessed quality –
Part 1: Generic specification (IEC 49/939/CD:2011)

Oscillateurs électrostatiques basés sur les systèmes micro électromécaniques (MEMS)
sous assurance de la qualité –
Partie 1: Spécification générique (CEI 49/939/CD:2011)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-07-11 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

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 167 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und allgemeine Angaben	8
3.1 Allgemeines	8
3.2 Begriffe	9
3.3 Bevorzugte Werte für Bemessungswerte und Eigenschaften	18
3.4 Kennzeichnung	19
4 Qualitätsbewertungsverfahren	19
4.1 Primäre Fabrikationsstufe	20
4.2 Baulich ähnliche Bauelemente	20
4.3 Untervergabe	20
4.4 Eingegliederte Bauelemente	20
4.5 Herstelleranerkennung	20
4.6 Anerkennungsverfahren	20
4.7 Verfahren zur Befähigungsanerkennung	21
4.8 Verfahren zur Bauartanerkennung	22
4.9 Prüfverfahren	22
4.10 Anforderungen zu Sortierungen	22
4.11 Nacharbeit und Reparatur	22
4.12 Bestätigte Prüfberichte	23
4.13 Gültigkeit der Freigabe	23
4.14 Freigabe zur Lieferung	23
4.15 Nicht geprüfte Parameter	23
5 Prüf- und Messverfahren	23
5.1 Allgemeines	23
5.2 Prüf- und Messbedingungen	23
5.3 Sichtprüfung	25
5.4 Maße und Lehrenverfahren	25
5.5 Elektrische Prüfverfahren	25
5.6 Mechanische und Umweltprüfverfahren	67
5.7 Verfahren der Dauerprüfung	75
Anhang A (normativ) Belastungsschaltungen für Logik-Betrieb	76
Anhang B (normativ) Prüfung des Latch-Up-Effektes	80
Anhang C (normativ) Klassifizierung der Empfindlichkeit gegen elektrostatische Entladungen	81
Literaturhinweise	82
 Bild 1 – Übliche Frequenzmodulations-Kennlinie	 13
Bild 2 – Eigenschaften einer Ausgangskurvenform	14

	Seite
Bild 3 – Oszillatorsignal mit Phasenjitter	15
Bild 4 – Phasenjitter-Messwerte	16
Bild 5 – Gaußverteilung des Jitters	16
Bild 6 – Jitteramplitude und Periode der Jitterfrequenz	17
Bild 7 – Jitter-Toleranzmaske nach ITU-T G.825, ANSI T1.105.03, Telcordia GR-253 und ETSI EN 300462	17
Bild 8 – Prüfschaltungen zur Messung des Isolationswiderstandes	26
Bild 9 – Prüfschaltung zur Messung der Spannungsfestigkeit	27
Bild 10 – Prüfschaltung zur Messung der Oszillator-Eingangsleistung	27
Bild 11 – Prüfschaltung zur Messung der Ausgangsfrequenz nach Verfahren 1	28
Bild 12 – Prüfschaltung zur Messung des Frequenz/Temperatur-Verhaltens	28
Bild 13 – Thermisches Überschwingverhalten eines typischen Oszillators	30
Bild 14 – Allgemeine Oszillatorschaltung	31
Bild 15 – Prüfschaltung zur Messung des Anschwingverhaltens und der Anschwingzeit	32
Bild 16 – Übliches Anschwingverhalten bei langsamem Anstieg der Versorgungsspannung	33
Bild 17 – Definition der Anschwingzeit	34
Bild 18 – Wellenform der Versorgungsspannung für die periodische t_{SU} -Messung	34
Bild 19 – Übliches Einlaufverhalten eines Oszillators	35
Bild 20 – Beispiel eines Wiedereinlauf-Verhaltens	36
Bild 21 – Prüfschaltung zur Messung der Ausgangsspannung	36
Bild 22 – Prüfschaltung zur Messung von pulsförmigen Ausgangsspannungen	37
Bild 23 – Prüfschaltung zur Messung der harmonischen Verzerrung	37
Bild 24 – Nahezu sinusförmige Ausgangskurvenformen	38
Bild 25 – Frequenzspektrum bei harmonischer Verzerrung	38
Bild 26 – Prüfschaltung zur Bestimmung der Entkopplung zwischen den Ausgangsklemmen	41
Bild 27 – Prüfschaltung zur Messung der Unterdrückung bei torgesteuerten Oszillatoren	41
Bild 28 – Prüfschaltung für den Ausgangsstrom im Tristate-Disable-Modus	42
Bild 29 – Prüfschaltung für die Ausgangsschaltzeit im Tristate-Modus	43
Bild 30 – Prüfschaltung zur Messung des Modulationsgrades	43
Bild 31 – Wellenform der Modulation zur Berechnung des Modulationsgrades	44
Bild 32 – Logarithmischer Amplitudenmaßstab des Signals	44
Bild 33 – Prüfschaltung zur Bestimmung der Amplitudenmodulationsempfindlichkeit	46
Bild 34 – Frequenzspektrum bei Amplitudenmodulationsverzerrung	46
Bild 35 – Prüfschaltung zur Bestimmung der Pulsamplitudenmodulation	47
Bild 36 – Pulsmodulationsverhalten	48
Bild 37 – Prüfschaltung zur Bestimmung der Modulations-Eingangsimpedanz	49
Bild 38 – Prüfschaltung zur Messung von Frequenzmodulationsabweichung	50
Bild 39 – Prüfschaltung zur Messung von Frequenzmodulationsempfindlichkeit	51
Bild 40 – Prüfschaltung zur Messung von Frequenzmodulationsverzerrung	52

	Seite
Bild 41 – Prüfschaltung zur Messung des Einseitenband-Phasenrauschens	54
Bild 42 – Übliches Grundrauschspektrum	55
Bild 43 – Prüfschaltung zur Messung der Störfrequenzmodulation	57
Bild 44 – Prüfschaltung für Verfahren 1	58
Bild 45 – Prüfschaltung für Verfahren 2	59
Bild 46 – Prüfungen zur Messung von Strahlungsstörungen	61
Bild 47 – Eigenschaften der Leitungsimpedanz der Netznachbildung	62
Bild 48 – Schaltbild der Leitungsimpedanz der Netznachbildung	62
Bild 49 – Phasenjitter-Messung mit Sampling-Oszilloskop	64
Bild 50 – Blockdiagramm eines Jitter- und Drift-Analysators nach ITU-T O.172	66
Bild 51 – Aufschmelztemperaturprofil	70
Bild A.1 – Schaltung für TTL	76
Bild A.2 – Schaltung für Schottky-Logik	76
Bild A.3 – Schaltung für PECL	78
Bild A.4 – Schaltung für LVDS	79
 Tabelle 1 – Bandbreiten der Messanordnungen	 63
Tabelle 2 – Fourier-Frequenzbereich für die Phasenrauschmessung	65
Tabelle 3 – Standard-Datenbitrate für verschiedene Anwendungen	66
Tabelle 4 – Zugkraft	67
Tabelle 5 – Druckbelastung	67
Tabelle 6 – Biegekraft	68
Tabelle 7 – Drehmomentkraft	68
Tabelle 8 – Aufschmelztemperaturprofil für das Benetzen – Bleifreie Lotlegierungen	70
Tabelle 9 – Aufschmelztemperaturprofil für Lötwärmebeständigkeit – Bleifreie Lotlegierungen	71
Tabelle A.1 – Zur Berechnung von R_1 und R_2 zu verwendende Werte	77
Tabelle A.2 – Betriebsbedingungen	78
Tabelle A.3 – Elektrische Gleichspannungskennwerte – Ausgangslast = 50 Ohm bei –2 V	78

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 49/939/CD:2011 „Electrostatic Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) Oscillators of assessed quality – Part 1: Generic specification“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 49 „Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 642 „Piezoelektrische Bauteile zur Frequenzstabilisierung und -selektion“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnitsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Anmerkungen

- a) Auf folgende Normen wird an keiner Stelle in IEC 49/939/CD Bezug genommen:
IEC 60068-2-31, IEC 60068-2-44, IEC 60679-1, -2, -3, -4 und -5, IECQ 001002-1, IECQ 001002-5, ANSI/TIA/EIA-644-A und JEDEC JESD8-2.
- b) IECQ 001002-5 wurde ersetzt durch IECQ 03-05:2010-05.
- c) IECQ 001002-3 wurde ersetzt durch die IECQ 02:2010-06 in Verbindung mit IECQ 03-01:2010-05, IECQ 03-02:2010-05 und IECQ 03-03:2010-05.

Elektrostatische auf mikroeletromechanischen Systemen (MEMS) basierende Oszillatoren mit bewerteter Qualität – Teil 1: Fachgrundspezifikation

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60***-^{N1)} legt die Prüfverfahren und allgemeinen Anforderungen an MEMS-Oszillatoren mit bewerteter Qualität fest, wobei entweder das Befähigungsanerkennungs- oder das Bauartanerkennungsverfahren angewendet wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60027, *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60050-561:1991, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 561: Piezoelectric devices for frequency control and selection*

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*
Amendment 1 (1992)

IEC 60068-2-1:2007, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-7:1983, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ga: Acceleration, steady state*
Amendment 1 (1986)

IEC 60068-2-10:2005, *Environmental testing – Part 2-10: Tests – Test J and guidance: Mould growth*

IEC 60068-2-13:1983, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test M: Low air pressure*

IEC 60068-2-14:1984^{N2)}, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*
Amendment 1 (1986)

IEC 60068-2-17:1994, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-21:2006, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

^{N1)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Dieser Teil von IEC 62643 ...“.

^{N2)} Nationale Fußnote: Hier gibt es eine aktuelle Ausgabe von 2009.

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-31:2008, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60068-2-44:1995, *Environmental testing – Part 2: Tests – Guidance on test T: Soldering*
Corrigendum 1 (1995)

IEC 60068-2-45:1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Xa and guidance: Immersion in cleaning solvents*
Corrigendum 1 (1981)
Amendment 1 (1996)

IEC 60068-2-52:1996, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*
Corrigendum 1 (1996)

IEC 60068-2-58:2005, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)*

IEC 60068-2-64:2008, *Environmental testing – Part 2-64: Tests – Test Fh: Vibration, broadband random and guidance*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60469-1:1987, *Pulse techniques and apparatus – Part 1: Pulse terms and definitions*

IEC 60617-DB:2001¹, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60679-1, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 1: Generic specification*

IEC 60679-2, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 2: Guide to the use of quartz crystal controlled oscillators*

IEC 60679-3, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 3: Standard outlines and lead connections*³

IEC 60679-4, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 4: Sectional specification – Capability approval*³

IEC 60679-5, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 5: Sectional specification – Qualification approval*³

IEC 61000-4-2:1995^{N2)}, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IECQ 01:2008, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Basic Rules*

IECQ 001002-1, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Rules of Procedure – Part 1: Administration*

IECQ 001002-2, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Rules of Procedure – Part 2: Documentation*
Amendment 2 (2004)

¹ „DB“ bezieht sich auf die Online-Datenbank der IEC.

³ Diese Fußnote wird in IEC 49/939/CD:2011 nicht erläutert.

^{N2)} Nationale Fußnote: Hier gibt es eine aktuelle Ausgabe von 2008.

IECQ 001002-3, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Rules of Procedure – Part 3: Approval procedures*

IECQ 001002-5:2008, *Rules of Procedure – Part 5: Hazardous Substance Process Management Requirements (IECQ HSPM)*

ISO 1000:2003, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

ITU-T G.825, *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH)*

ITU-T O.172, *Jitter and wander measuring equipment for digital systems which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH)*

ANSI/TIA/EIA-644-A:2001, *Electrical Characteristics of Low Voltage Differential Signaling (LVDS) Interface Circuits*

ANSI T1.101, *Synchronization Interface Standard*

ANSI T1.105.03, *Synchronous Optical Network (SONET) – Jitter and Wander at Network Equipment Interfaces*

ETSI EN 300 462, *Transmission and Multiplexing (TM); Generic requirements for synchronization networks*

Telcordia GR-253, *Synchronous Optical Network (SONET) Transport Systems: Common Generic Criteria*

JEDEC JESD8-2:1993, *Standard for Operating Voltages and Interface Levels for Low Voltage Emitter-Coupled Logic (ECL) Integrated Circuits*

Rangfolge

Wenn sich aus irgendwelchen Gründen Widersprüche ergeben, so gelten die Schriftstücke in folgender Rangfolge:

- Bauartspezifikation;
- Rahmenspezifikation;
- Fachgrundspezifikation;
- andere internationale Schriftstücke (z. B. von IEC), auf die Bezug genommen wird.

Die gleiche Rangfolge gilt auch für entsprechende nationale Schriftstücke.

3 Begriffe und allgemeine Angaben

3.1 Allgemeines

Einheiten, Schaltzeichen, Formelzeichen und Terminologie müssen, wo immer möglich, aus folgenden Normen entnommen werden:

IEC 60027

IEC 60050-561

IEC 60469-1

IEC 60617

ISO 1000

3.2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe:

3.2.1

elektrostatische mikroelektromechanische Systeme

Die Technologie der mikroelektromechanischen Systeme (MEMS) bezieht sich im Allgemeinen auf Bauelemente und Systeme, deren Maße im Submillimeterbereich liegen und die unter Verwendung spezifischer Verarbeitungswerkzeuge hergestellt werden. Die MEMS-Technologie kann als ein „Werkzeugkasten“ mit Prozessen betrachtet werden, die den Halbleiterprozessen gleichen, mit denen das Abscheiden, Ätzen, Strukturieren und die Werkstoffmodifizierung von Dünn- und Volumenschichten ermöglicht wird. Der meistverwendete Ausgangswerkstoff ist Silizium, doch nutzt die neuere MEMS-Technologie auch Glas, andere Halbleiter, piezoelektrische und ferroelektrische Substrate. Unter Verwendung der MEMS-Technologie können mechanische Resonatoren hergestellt werden, die unterschiedliche Wandlereffekte nutzen können, wie z. B. elektrostatische, magnetostatische, piezoelektrische, elektrostriktive, magnetostruktive und thermische Betätigung. Wird eine Oszillatorschaltung mit einem MEMS-Resonator versehen, entsteht ein MEMS-Oszillator.

3.2.2

MEMS-Resonator

Ein MEMS-Resonator ist eine mikromechanische Struktur, die unter Verwendung der MEMS-Technologie hergestellt wird. Ein MEMS-Resonator kann siliziumbasierte Resonatoren umfassen, kann aber auch unter Verwendung der MEMS-Technologie hergestellte quarzbasierte Resonatoren enthalten.

Beispiele für MEMS-Resonatoren.

3.2.3

MEMS-Oszillator

Oszillator, der einen MEMS-Resonator als wesentliches frequenzsteuerndes Element verwendet

3.2.4

einfacher MEMS-Oszillator (SPMO)

MEMS-Oszillator ohne Temperaturstabilisierung oder -kompensation mit einer Frequenz-Temperatur-Kennlinie, die im Wesentlichen durch den verwendeten Resonatorwerkstoff bestimmt wird

3.2.5

spannungsgesteuerter MEMS-Oszillator (VCMO)

MEMS-Oszillator, bei dem die Frequenz entsprechend einer festgelegten Kennlinie durch Anwendung einer Steuerspannung gestimmt oder moduliert werden kann

3.2.6

temperaturkompensierter MEMS-Oszillator

MEMS-Oszillator, dessen temperaturbedingte Frequenzabweichung mithilfe eines in der Baugruppe enthaltenen Kompensationssystems reduziert wird

3.2.7

temperaturstabilisierter MEMS-Oszillator (OCMO)

MEMS-Oszillator, in dem mindestens der MEMS-Resonator temperaturstabilisiert ist

ANMERKUNG Diese Betriebsart stellt sicher, dass die Oszillatorfrequenz über den Arbeits-Temperaturbereich des OCMO gleich bleibt und damit unabhängig von der Frequenz-Temperatur-Kennlinie des MEMS-Resonators ist.

3.2.8

Nennfrequenz

Frequenz, die zur Identifizierung eines MEMS-Oszillators verwendet wird

3.2.9

Frequenzgrenzabweichung

höchstzulässige Abweichung der Oszillatorfrequenz von einem festgelegten Nennwert bei Betrieb unter festgelegten Bedingungen

[IEV 561-04-07]

ANMERKUNG Frequenzgrenzabweichungen werden oft getrennt bestimmten Betriebsverhältnissen zugeordnet. Diese sind elektrischer, mechanischer und klimatischer Natur. Bei diesem Vorgehen müssen die Werte weiterer Betriebsparameter angegeben werden sowie der Bereich bestimmter Variablen wie:

- Abweichung der Oszillatorfrequenz von der Frequenz bei der festgelegten Bezugstemperatur infolge des Betriebes über den festgelegten Temperaturbereich, während die übrigen Bedingungen konstant bleiben;
- Abweichung der Oszillatorfrequenz von der Frequenz bei der angegebenen Versorgungsspannung infolge von Änderungen der Versorgungsspannung über den festgelegten Bereich, während die übrigen Bedingungen konstant bleiben;
- Abweichung der Oszillatorfrequenz von der ursprünglichen Frequenz infolge von Alterung, während die übrigen Bedingungen konstant bleiben;
- Abweichung der Oszillatorfrequenz von der Frequenz bei festgelegten Lastbedingungen infolge von Änderungen der Lastimpedanz über den festgelegten Bereich, während die übrigen Bedingungen konstant bleiben.

In einigen Fällen kann eine gesamte Frequenzgrenzabweichung für jede/alte Kombination(en) der Betriebsparameter während einer festgelegten Lebensdauer angegeben sein.

3.2.10

Abgleichfrequenz

Frequenz, auf die ein Oszillator unter einer bestimmten Kombination von Betriebsbedingungen abgeglichen werden muss, um der Spezifikation für die Grenzabweichung der Frequenz in dem festgelegten Bereich der Betriebsbedingungen zu entsprechen, d. h. Abgleichfrequenz = Nennfrequenz + Frequenzversatz

[IEV 561-04-09]

3.2.11

Frequenz-Ziehbereich

Bereich, über den die Oszillatorfrequenz mithilfe eines veränderbaren Elements geändert werden kann zwecks:

- a) Einstellung der Oszillatorfrequenz auf einen bestimmten Wert oder
- b) Korrektur der Oszillatorfrequenz nach Abweichung infolge Alterung oder sonstiger veränderter Bedingungen auf einen vorgeschriebenen Wert

[IEV 561-04-10]

3.2.12

Lagerungstemperaturbereich

Mindest- und Höchstwert der gemessenen Temperatur des Raums, in dem der MEMS-Oszillator ohne Verschlechterung oder Schaden an seiner Funktion gelagert werden darf

3.2.13

Arbeitstemperaturbereich

Temperaturbereich, über den der Oszillator unter Einhaltung der Frequenz und sonstiger Ausgangssignalkennwerte innerhalb festgelegter Grenzabweichungen funktioniert

[IEV 561-04-11]

3.2.14

Temperaturbereich der Betriebsfähigkeit

Temperaturbereich, über den der Oszillator ein Ausgangssignal, wenn auch nicht unbedingt innerhalb der festgelegten Grenzabweichungen von Frequenz, Pegel, Wellenform usw., bereitstellt

[IEV 561-04-12]

3.2.15

Bezugstemperatur

Temperatur, bei der bestimmte Betriebswerte des Oszillators gemessen werden, üblicherweise $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$

3.2.16

Bezugspunkttemperatur

Temperatur, die an einem definierten Punkt in Bezug auf den Oszillator gemessen wird

3.2.17

Frequenzstabilität bei thermischem Einschwingen

das Frequenz-Zeitverhalten des Oszillators, wenn die Umgebungstemperatur von einer festgelegten Temperatur zu einer anderen mit einer festgelegten Rate verändert wird

3.2.18

Einlaufzeit

Dauer, gemessen vom Einschalten der Versorgungsspannung, die ein MEMS-Oszillator benötigt, um seine Funktion innerhalb festgelegter Grenzwerte zu stabilisieren

[IEV 561-04-13]

3.2.19

Frequenz-Spannungs-Koeffizient

relative Änderung der Ausgangsfrequenz infolge einer Änderung der Versorgungsspannung um einen bestimmten Betrag, wobei die übrigen Parameter unverändert bleiben

[IEV 561-04-14]

3.2.20

Frequenz-Belastungs-Koeffizient

relative Änderung der Ausgangsfrequenz infolge einer Änderung der Lastimpedanz um einen bestimmten Betrag, wobei die übrigen Parameter unverändert bleiben

[IEV 561-04-15]

3.2.21

Langzeit-Frequenzstabilität (Frequenzalterung)

Zusammenhang zwischen Oszillatorfrequenz und Zeit. Diese Langzeitfrequenzdrift wird durch säkulare Änderungen im MEMS-Resonator und/oder anderer Bauelemente der Oszillatorschaltung hervorgerufen und sollte als Änderung der Mittenfrequenz für einen festgelegten Zeitraum angegeben werden

3.2.22

Kurzzeit-Frequenzstabilität

Maß für die statistischen Frequenzschwankungen eines Oszillators über kurze Zeiträume

[IEV 561-04-16]

3.2.23

Allan-Varianz der relativen Frequenzschwankungen

der statistische Erwartungswert der bevorzugten Definition im Zeitbereich für das Kurzzeit-Stabilitätsmaß der Oszillator-Ausgangsfrequenz:

$$\sigma_y^2(\tau) \cong \frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^{M-1} \frac{(Y_{k+1} - Y_k)^2}{2}$$

Dabei ist

Y_k die mittleren augenblicklichen Frequenzschwankungen, die sich aus aufeinanderfolgenden Messungen ohne dazwischenliegende Totzeit ergeben;

τ die Abtastzeit, über die die Messung gemittelt ist;

M die Gesamtanzahl der Messungen.

Die Sicherheit dieser Schätzung steigt mit zunehmendem M .

3.2.24

Effektivwert der Frequenzschwankungen

Maß im Zeitbereich für die Kurzzeit-Frequenzstabilität eines Oszillators, die auf den statistischen Eigenschaften einer Anzahl von Frequenzmessungen beruht, wobei jede den Mittelwert der augenblicklichen

Frequenz über einen bestimmten Abtastzeitraum τ darstellt. Die bevorzugte Definition der relativen Schwankung ist

$$\frac{\Delta F}{F_0}(\tau)_{\text{rms}} = \left[\frac{1}{2(M-1)} \sum_{k=1}^{M-1} (Y_{k+1} - Y_k)^2 \right]^{1/2} = [\sigma_y^2(\tau)]^{1/2}$$

3.2.25

Phasenrauschen

Maß im Frequenzbereich für die Kurzzeit-Frequenzstabilität eines Oszillators, üblicherweise als spektrale Leistungsdichte der Phasenschwankungen $S_\varphi(f)$ ausgedrückt, wobei die Phasenschwankungsfunktion $\varphi(t) = 2\pi Ft - 2\pi F_0 t$ ist. Die spektrale Dichte der Phasenschwankung kann direkt auf die spektrale Dichte der Frequenzschwankungen bezogen werden durch:

$$S_\varphi(f) = \left(\frac{F_0}{f} \right)^2 S_y(f) \quad \text{rad}^2/\text{Hz}$$

Dabei ist

F die Oszillatorfrequenz;

F_0 die mittlere Oszillatorfrequenz;

f die Fourier-Frequenz.

3.2.26

spektrale Reinheit

Maß für die Frequenzstabilität in der Frequenzebene, üblicherweise dargestellt durch das Einseitenband-Rauschleistungsspektrum, ausgedrückt in dB, bezogen auf die gesamte Signalleistung je Hz Bandbreite. Es enthält nicht-deterministische Rauschleistung, harmonische Verzerrungsanteile und nichtharmonische einzelne Frequenzstörungen.

3.2.27

Störfrequenzmodulation

zusätzliches Maß der Frequenzstabilität in der Frequenzebene. Störfrequenzmodulation wird am besten in der Form des Spektrums des resultierenden Basisbandsignals erhalten, indem das Oszillatorsignal auf einen idealen Diskriminator mit festgelegten Eigenschaften gegeben wird. Wenn die Demodulationsbandbreite entsprechend festgelegt ist, darf die Störfrequenzmodulation als Anteil der Ausgangsfrequenz ausgedrückt werden (z. B. 2×10^{-8} effektiv in einem 10-kHz-Band).

3.2.28

Amplituden-Modulationsverzerrung

nichtlineare Verzerrung, in der die relativen Höhen der spektralen Anteile der modulierenden Wellenform verändert sind. Sie ist allgemein auch als Frequenzverzerrung, Amplitudenverzerrung und Amplituden-Frequenz-Verzerrung bekannt.

3.2.29

Linearität der Frequenzmodulationsabweichung

Maß für die Übertragungseigenschaften eines Modulationssystems im Vergleich zu einer idealen (geradlinigen) Funktion, gewöhnlich als zulässige Nichtlinearität in Prozent der angegebenen Abweichung im gesamten Bereich ausgedrückt. Die Linearität der Modulation kann auch in Form der zulässigen Verzerrung des Basisbandsignals ausgedrückt werden, das aus der Modulationsanordnung resultiert (z. B. dürfen Intermodulations- und harmonische Verzerrungsprodukte nicht weniger als -40 dB unter der Gesamt-Modulationssignalleistung liegen).

Beispiel:

Bild 3^{N3)} ist eine Darstellung der Ausgangsfrequenz eines üblichen modulierten Oszillators, der eine Modulation von 133,3 Hz/V über einen Bereich von ± 3 V hat mit einer zulässigen Nichtlinearität von ± 5 %.

^{N3)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 1“.

Kurve D zeigt das tatsächliche Verhalten im Vergleich mit dem idealen Verhalten (Kurve A) und den Grenzen (Kurven B und C).

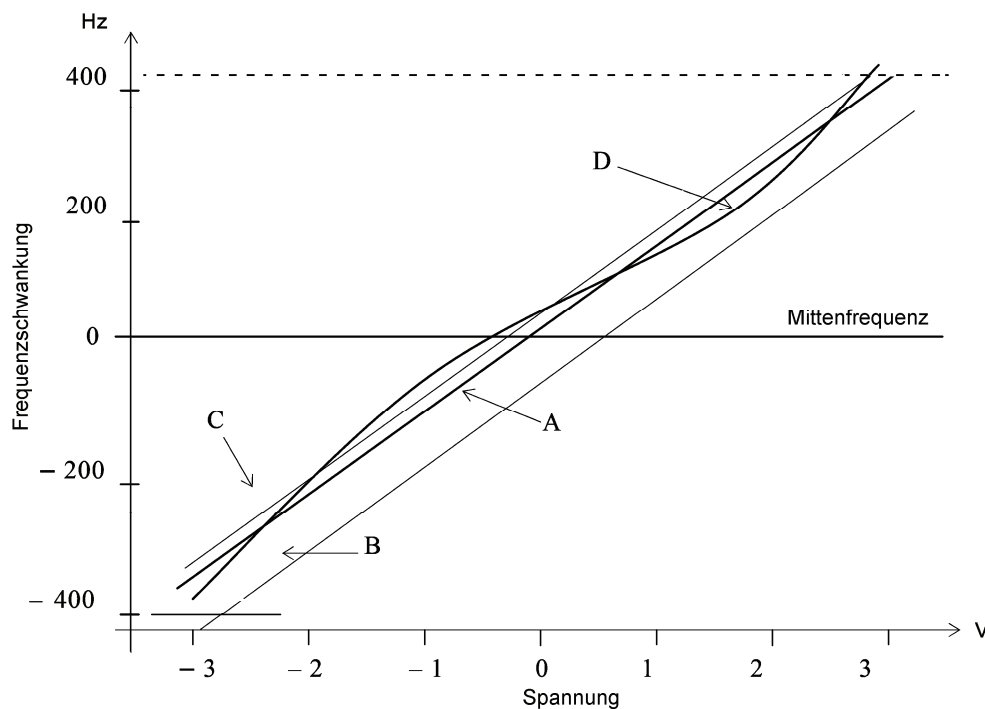


Bild 1 – Übliche Frequenzmodulations-Kennlinie

3.2.30

harmonische Verzerrung

nichtlineare Verzerrung, gekennzeichnet durch das Entstehen unerwünschter spektraler Anteile, die in harmonischer Beziehung zur gewünschten Signalfrequenz stehen. Jeder harmonische Anteil wird üblicherweise als Leistungsverhältnis (in dB) bezogen auf die Ausgangsleistung des gewünschten Signals dargestellt.

3.2.31

Nebenschwingungen

diskrete, zur erwünschten Ausgangsfrequenz nichtharmonische spektrale Frequenzanteile des Oszillator-Ausgangssignals. Diese Anteile dürfen je nach Art der Erzeugung als symmetrische Seitenbänder oder als einzelne spektrale Anteile auftreten. Unerwünschte Komponenten im Ausgangsspektrum werden üblicherweise als Leistungsverhältnis (in dB) bezogen auf die Ausgangsleistung des gewünschten Signals dargestellt.

3.2.32

Impulsdauer

Zeitspanne zwischen dem Beginn und dem Ende des Impulses (siehe Bild 4^{N4)})

[IEC 60469-1]

3.2.33

Anstiegszeit

erforderliche Zeitspanne, damit sich die ansteigende Flanke einer Wellenform zwischen zwei festgelegten Pegeln ändert. Diese Pegel können zwei logische Pegel U_{OL} und U_{OH} oder 10 % bis 90 % ihrer größten Amplitude ($U_{HI} - U_{LO}$) oder jedes andere in der Bauartspezifikation angegebene Verhältnis sein (siehe Bild 2).

^{N4)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 2“.

Dabei ist

U_{OL} der niedrige Pegel der Ausgangsspannung;

U_{OH} der hohe Pegel der Ausgangsspannung;

U_{HI} die Spannung des oberen flachen Teils der Wellenform des Impulses;

U_{LO} die Spannung des unteren flachen Teils der Wellenform des Impulses.

3.2.34

Abkling- (oder Abfall-)zeit

erforderliche Zeitspanne, damit sich die abfallende Flanke einer Wellenform zwischen zwei festgelegten Pegeln ändert. Diese Pegel können zwei logische Pegel U_{OH} und U_{OL} oder 90 % bis 10 % ihrer größten Amplitude ($U_{HI} - U_{LO}$) oder jedes andere in der Bauartspezifikation angegebene Verhältnis sein (siehe Bild 2).

3.2.35

Tristate-Ausgang

Ausgangsstufe, die durch das Anlegen eines Eingangssteuersignals entweder durchgeschaltet oder abgeschaltet wird. Im abgeschalteten Zustand wird die Ausgangsimpedanz hochohmig und lässt damit das Anlegen von Prüfsignalen an die nachfolgenden Stufen zu.

3.2.36

Symmetrie (Impuls-Pausen-Verhältnis oder Tastverhältnis)

Verhältnis zwischen der Zeitspanne (t_1), bei der die Ausgangsspannung größer als ein festgelegter Pegel ist, und der Zeitspanne (t_2), bei der die Ausgangsspannung kleiner als die des festgelegten Pegels ist, in Prozent der Dauer einer ganzen Signalperiode. Dieser festgelegte Pegel darf das arithmetische Mittel von U_{OL} und U_{OH} oder 50 % des Spitze-Spitze-Wertes der Amplituden sein (siehe Bild 4^{N5}).

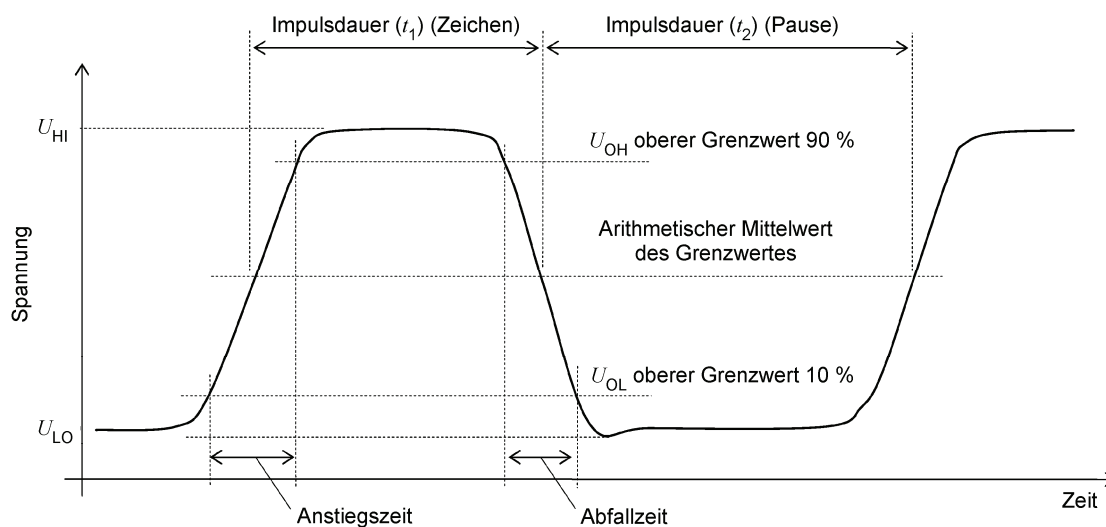


Bild 2 – Eigenschaften einer Ausgangskurvenform

Das Verhältnis wird angegeben als:

$$\frac{100 t_1}{t_1 + t_2} \cdot \frac{100 t_2}{t_1 + t_2}$$

^{N5}) Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 2“.

3.2.37

Wiedereinlauf-Verhalten

Fähigkeit eines Oszillators, nach einer festgelegten Zeitspanne auf eine ursprünglich stabilisierte Frequenz zurückzukehren, die im Anschluss an eine Zeitspanne im Betrieb erreicht wurde

3.2.38

Anschwingzeit

Zeitspanne t_{SU} zwischen dem Anlegen der Versorgungsspannung an den Oszillator und dem Zeitpunkt, zu dem das HF-Ausgangssignal der gewünschten durch den MEMS-Resonator gesteuerten Frequenz die unten festgelegten Bedingungen erfüllt

- a) quasi-sinusförmige Wellenformen

Die Hüllkurve des Signals beträgt 90 % des Spitze-Spitze-Wertes der Amplitude im eingeschwungenen Zustand (siehe Bild 18^{N6)}).

- b) impulsförmige Wellenformen

Die Folge der Ausgangsimpulse liegt nahe bei der eingeschwungenen Frequenz, wobei der niedrige Pegel U_{LO} ständig unterhalb von U_{OL} und der hohe Pegel U_{HI} ständig oberhalb von U_{OH} liegt. Dabei sind U_{OH} und U_{OL} in der entsprechenden Logikfamilie definiert.

Achtung:

Das Ausgangssignal kann nichtharmonische Nebenschwingungen vor dem Erscheinen des eingeschwungenen Signals anzeigen.

3.2.39

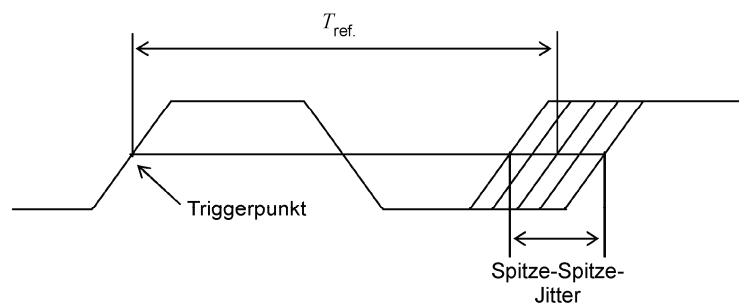
Phasenjitter

kurzzeitige Änderung des Nulldurchganges des Oszillator-Ausgangssignals gegenüber der idealen Position im Zeitbereich. Phasenjitter ist definiert als die Phasenänderung $\Delta\varphi$ mit Frequenzanteilen größer oder gleich 10 Hz. Langsamere Änderungen als 10 Hz werden als Driften („Phasenwandern“) bezeichnet. Extremes Jitter kann die Bit-Fehlerrate (BER) einer Nachrichtenübertragung durch unkorrekte Übertragung eines Datenstromes vergrößern und Synchronisationsprobleme verursachen.

Die entsprechende Änderung der Periodenlänge

$$\Delta T = \frac{\Delta\varphi}{(2\pi f_c)}$$

wird als Periodenjitter bezeichnet (f_c ist die Taktfrequenz).



Dabei ist:

T_{ref} die Periode eines idealen Referenzsignals.

Bild 3 – Oszillatorsignal mit Phasenjitter

^{N6)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 17“.

Die Jitteramplitude ist häufig auf das Einheitsintervall (Unit Interval (UI)), d. h. auf eine Datenbitlänge bezogen (also: UI = 6,43 ns für 155,52 Mbit/s STM-1/OC-3) oder als absolute Zeitveränderung (in Nano-sekunden, Pikosekunden oder Femtosekunden) definiert. Sie ist entweder als Spitze-Spitze-Wert oder als Effektivwert davon festgelegt.

Für einige Anwendungen werden höhere Vertrauensniveaus gefordert, sodass der Spitze-Spitze-Wert des Jitters in diesen Fällen als ein größerer Bereich von σ festgelegt werden kann.

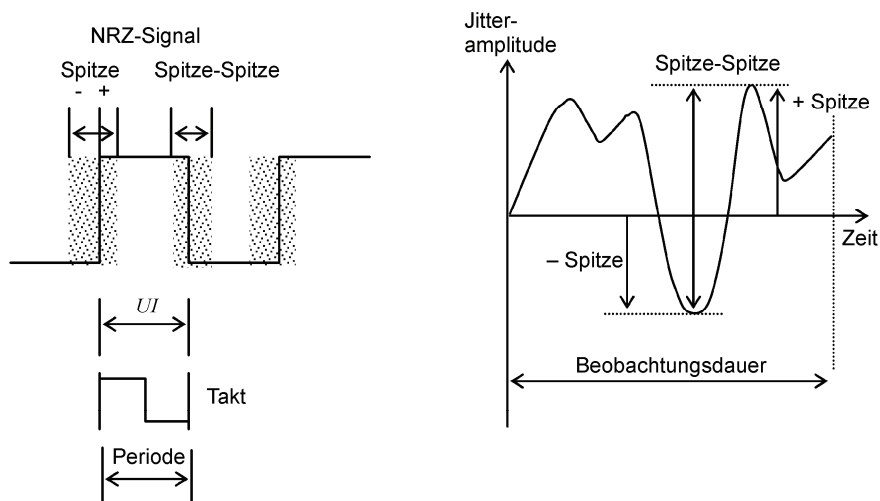


Bild 4 – Phasenjitter-Messwerte

Für Zufallsjitter ist der Effektivwert definiert als die Standardabweichung σ (sigma) von der zugrunde liegenden Gaußverteilung. Der Spitze-Spitze-Jitter liegt dann im Bereich von 7σ (d. h. $\pm 3,5\sigma$), entsprechend eines Vertrauensniveaus von 99,95348 % (d. h. 465×10^{-6} Rest).

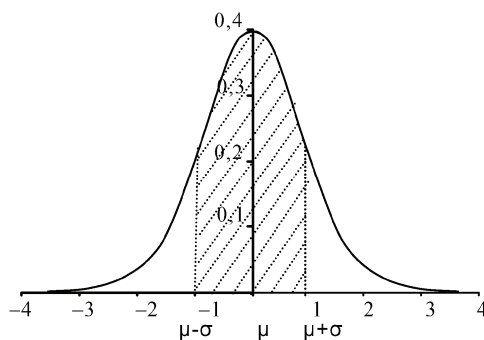


Bild 5 – Gaußverteilung des Jitters

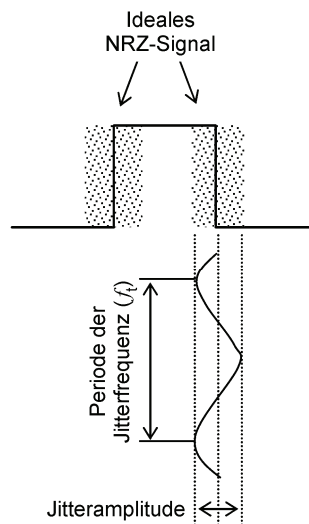


Bild 6 – Jitteramplitude und Periode der Jitterfrequenz

Falls Subharmonische an der Signalerzeugung beteiligt sind, kann Phasenjitter aufgrund von periodischen Änderungen des Tastverhältnisses nichtzufällige Spektralkomponenten enthalten. Dies führt zu einer nicht-gaußschen Verteilung, d. h. die 7σ -Regel für die Spitze-Spitze-Werte gilt nicht länger. In solchen Fällen sind nur die Spitze-Spitze-Werte von Bedeutung. Die Bestimmung der Spitze-Spitze-Werte aber beruht auf dem Beobachtungszeitraum. Die empfohlene Beobachtungsdauer für Spitze-Spitze-Jitter beträgt 1 min. Längere Zeiten sind bei höheren Vertrauensniveaus erforderlich (d. h., wenn ein größerer Bereich von σ für die Festlegung des Spitze-Spitze-Zufallsjitters angewendet wird).

Es ist für die Charakterisierung des Jitters wichtig, dass der betrachtete Fourier-Frequenzbereich, d. h. die Frequenzkomponenten des Jitters selbst, definiert sind. Dieser ist durch die Anwendung definiert (siehe ITU-T G.825, ANSI T1.105.03, Telcordia GR-253 und ETSI EN 300462).

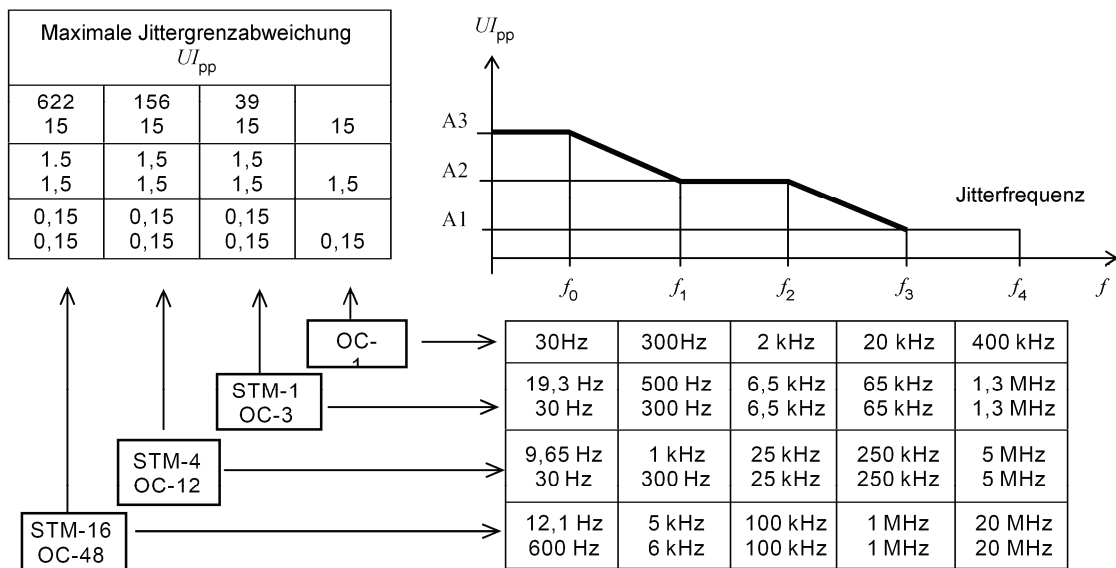


Bild 7 – Jitter-Toleranzmaske nach ITU-T G.825, ANSI T1.105.03, Telcordia GR-253 und ETSI EN 300462

In Verbindung mit Jitter und Driften werden folgende drei Parameter ebenfalls zur Beschreibung des Oszillatorsignals benutzt:

- TIE Zeitintervallfehler (in ns oder ps);
- MTIE maximaler Zeitintervallfehler (Spitze-Spitze-TIE);

– TDEV Zeitabweichung (Effektivwert).

TIE ist als die Zeitabweichung zwischen dem gemessenen Signal und dem Bezugssignal (üblicherweise in ns gemessen) definiert.

MTIE ist ein Maß, das Frequenzoffsets charakterisiert. $MTIE(\tau)$ ist als der größte Spitze-Spitze-TIE in einem Beobachtungszeitraum der Länge τ (in s) definiert.

TDEV charakterisiert den Spektralgehalt. $TDEV(\tau)$ ist der Effektivwert des gefilterten TIE, bei dem die Mittenfrequenz des Bandpassfilters gleich $0,42/\tau$ ist. Sie wird aus den TIE-Werten für jeden Messpunkt τ_i mit der Standardabweichung $\sigma(\tau_i)$ berechnet (siehe Anmerkung).

ANMERKUNG Für weitere Informationen wird auf die Normen ITU-T G.810 bis G.813 oder ANSI T1.101 und T1.105.03, Telcordia GR-253 und ETSI EN 300462 verwiesen.

3.3 Bevorzugte Werte für Bemessungswerte und Eigenschaften

Die Werte sollten vorzugsweise aus den folgenden Absätzen gewählt werden, wenn in der Bauartspezifikation nicht anders angegeben.

3.3.1 Klimakategorie

Für Metall-, Glas- und Keramikgehäuse gilt die Norm-Klimakategorie 40/085/56.

Für Anforderungen, bei denen der Arbeitstemperaturbereich des MEMS-Oszillators größer als -40 °C bis $+85\text{ °C}$ ist, muss eine Klimakategorie festgelegt werden, die dem Arbeitstemperaturbereich entspricht.

3.3.2 Schärfegrad der Prüfung Dauerschocken

$(4\,000 \pm 10)$ Dauerschocks mit einer Beschleunigung von 400 m/s^2 (Spitzenwert) in jede Richtung der drei senkrecht aufeinanderstehenden Achsen (siehe 5.6.6). Impulsdauer: 6 ms.

3.3.3 Schärfegrad der Schwingprüfung

Sinusförmig

10 Hz bis 55 Hz Verschiebungsamplitude: 0,75 mm (Spitzenwert) 55 Hz bis 500 Hz oder 55 Hz bis 2 000 Hz Beschleunigung: 100 m/s^2 (Spitzenwert)	30 min in jede Richtung der drei senkrecht aufeinanderstehenden Achsen mit 1 Oktave/min (siehe 5.6.7)
10 Hz bis 55 Hz Verschiebungsamplitude: 1,5 mm (Spitzenwert) 55 Hz bis 2 000 Hz Beschleunigung: 200 m/s^2 (Spitzenwert)	30 min in jede Richtung der drei senkrecht aufeinanderstehenden Achsen mit 1 Oktave/min (siehe 5.6.7)

Rauschförmig

$(19,2 \text{ m/s}^2)^2/\text{Hz}$ zwischen 20 Hz und 2 000 Hz Beschleunigung: 196 m/s^2 oder $(48 \text{ m/s}^2)^2/\text{Hz}$ zwischen 20 Hz und 2 000 Hz Beschleunigung: 314 m/s^2	30 min in jede Richtung der drei senkrecht aufeinanderstehenden Achsen mit 1 Oktave/min (siehe 5.6.7)
--	---

3.3.4 Schärfegrad der Schockprüfung

Beschleunigung $1\,000 \text{ m/s}^2$ (Spitzenwert) mit einer Impulsdauer von 6 ms; drei Schocks in jede Richtung der drei senkrecht aufeinander stehenden Achsen (siehe 5.6.8); wenn in der Bauartspezifikation nicht anders angegeben, ist die Impulsform ein Halbsinus.

3.3.5 Dichtheit

$10^{-1} \text{ Pa cm}^3/\text{s}$ ($10^{-6} \text{ bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$)

$10^{-3} \text{ Pa cm}^3/\text{s}$ ($10^{-8} \text{ bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$)

3.4 Kennzeichnung

3.4.1 Der MEMS-Oszillator muss deutlich und dauerhaft (siehe 5.6.21) mit den Angaben a) bis g) und so vielen weiteren Angaben, wie als notwendig erachtet werden, gekennzeichnet werden.

- a) Bauartbezeichnung wie in der Bauartspezifikation angegeben;
- b) Nennfrequenz in MHz oder GHz;
- c) Jahr und Woche der Fertigung;
- d) Konformitätszeichen (sofern keine Konformitätsbescheinigung verwendet wird);
- e) Kurzzeichen der Fertigungsstätte;
- f) Firmenname oder Firmenzeichen;
- g) Anschlusskennzeichnung;
- h) Anschlussbelegung;
- j) Versorgungsspannung und Polarität (falls zutreffend);
- k) Seriennummer (falls zutreffend).

Wo die zur Verfügung stehende Oberfläche von Miniatur-MEMS-Oszillatoren dem Kennzeichnungsumfang praktische Grenzen setzt, müssen Anweisungen zu der aufzubringenden Kennzeichnung in der Bauartspezifikation enthalten sein.

3.4.2 Die Umverpackung des (der) MEMS-Oszillators(-en) muss deutlich mit den Angaben aus 3.4.1 mit Ausnahme von g) und – wenn notwendig – mit einer ESD-Kennung (ESD = Electrostatic Sensitive Device) gekennzeichnet sein.

4 Qualitätsbewertungsverfahren

Für die Anerkennung von MEMS-Oszillatoren mit Qualitätsbewertung sind zwei Verfahren anwendbar. Diese sind die Bauartanerkennung und die Befähigungsanerkennung.

4.1 Primäre Fabrikationsstufe

Für MEMS-Oszillatoren gelten nach IECQ 001002-3^{N7)}, 3.1.1.2, folgende primäre Fabrikationsstufen:

- a) für Oszillatoren mit einem verschlossenen MEMS-Resonator:
 - der Zusammenbau des MEMS-Oszillators;
- b) für Oszillatoren mit einem nicht verschlossenen MEMS-Resonator:
 - die Fertigstellung der Oberfläche des MEMS-Elementes zusätzlich zum Zusammenbau des Oszillators.

4.2 Baulich ähnliche Bauelemente

Die Gruppierung baulich ähnlicher MEMS-Oszillatoren zum Zweck der Bauartanerkennung, der Befähigungsanerkennung und der Qualitäts-Konformitätsprüfung muss in der entsprechenden Rahmenspezifikation angegeben werden.

4.3 Untervergabe

Dieses Verfahren muss IECQ 001002-3^{N7)}, Anhang B zu Abschnitt 2, entsprechen.

Nach dem Einbau des MEMS-Elementes in die Oszillatorschaltung ist keine Untervergabe erlaubt, es sei denn, es werden verschlossene MEMS-Resonatoren eingesetzt. Hier ist eine Untervergabe für das Verschließen des Oszillatorgehäuses erlaubt.

4.4 Eingegliederte Bauelemente

Wenn das Endprodukt Bauelemente enthält, die durch eine Fachgrundspezifikation in der IEC-Reihe abgedeckt sind, müssen diese unter Verwendung der IEC-Freigabeverfahren hergestellt werden.

Wenn die eingegliederten Bauelemente keiner IEC-Bauartspezifikation unterliegen, muss der Hauptprüfer des anerkannten Herstellers die Qualität der Bauelemente überprüfen unter Verwendung

- einer Beschaffungsspezifikation, die alle notwendigen Anforderungen enthält, um ihre zufriedenstellende Qualität als Teil des Endprodukts sicherzustellen,
- eines entsprechenden Anerkennungs-Prüfprogramms, das einen Bericht der Ergebnisse enthält,
- geeigneter Verfahren der Wareneingangskontrolle, um die dauerhafte zufriedenstellende Qualität des Endprodukts sicherzustellen.

4.5 Herstelleranerkennung

Um die Herstelleranerkennung zu erhalten, muss der Hersteller die Anforderungen nach IECQ 001002-3^{N7)}, 2.3, erfüllen.

4.6 Anerkennungsverfahren

4.6.1 Allgemeines

Um MEMS-Oszillatoren anzuerkennen, dürfen entweder die Verfahren der Befähigungsanerkennung oder der Bauartanerkennung verwendet werden. Diese Verfahren entsprechen denen aus IECQ 01 und IECQ 001002-3^{N7)}.

^{N7)} Nationale Fußnote: Siehe Nationales Vorwort.

4.6.2 Befähigungsanerkennung

Die Befähigungsanerkennung ist dann anzuwenden, wenn strukturell ähnliche MEMS-Oszillatoren nach gleichen Konstruktionsregeln mit einer Anzahl gleicher Verfahren hergestellt werden.

Im Rahmen der Befähigungsanerkennung werden Bauartspezifikationen in die folgenden drei Klassen eingeteilt:

a) Prüfmuster für den Befähigungsnachweis (CQCs)

Für jedes CQC muss nach Absprache mit der NSI (Nationale Überwachungsstelle) eine Bauartspezifikation erstellt werden. Sie muss den Zweck des CQC darlegen und alle wichtigen Beanspruchungen und Prüfgrenzen enthalten.

b) Standard-Katalogteile

Wenn ein MEMS-Oszillator nach dem Verfahren der Befähigungsanerkennung als Standard-Katalogteil angeboten werden soll, ist eine Bauartspezifikation nach dem Vordruck für Bauartspezifikation zu erstellen. Diese Bauartspezifikationen müssen bei IECQ registriert werden.

c) Kundenspezifische MEMS-Oszillatoren

Die Inhalte der Bauartspezifikation müssen nach IEC QC 001002-3, 6.6.1, zwischen Hersteller und Kunde vereinbart werden.

Das Produkt und die Prüfmuster für den Befähigungsnachweis (CQCs) werden zusammen geprüft und die Anerkennung der Fertigungsanlagen erfolgt auf der Grundlage von bestätigten Konstruktionsregeln, Fertigungs- und Qualitätslenkungsverfahren. Weitere Angaben sind in 4.7 enthalten.

4.6.3 Bauartanerkennung

Die Bauartanerkennung ist für MEMS-Oszillatoren anzuwenden, die nach einer allgemeinen Konstruktionsrichtlinie und einem festen Fertigungsverfahren hergestellt werden und einer veröffentlichten Bauartspezifikation entsprechen.

Das in der Bauartspezifikation festgelegte Prüfprogramm für die entsprechende Bewertungsstufe und den Schärfegrad gilt unmittelbar für den anzuerkennenden MEMS-Oszillator, wie in 4.8 festgelegt.

4.7 Verfahren zur Befähigungsanerkennung

4.7.1 Allgemeines

Die Verfahren zur Befähigungsanerkennung müssen IEC QC 001002-3, 4.2, entsprechen.

4.7.2 Voraussetzungen für die Befähigungsanerkennung

Der Hersteller muss die Anforderungen nach IEC QC 001002-3, 4.2.1, und der primären Fabrikationsstufe, wie in 4.1 dieser Fachgrundspezifikation festgelegt, erfüllen.

4.7.3 Antrag auf Befähigungsanerkennung

Um die Befähigungsanerkennung zu erhalten, muss der Hersteller die Verfahrensregeln nach IEC QC 001002-3, 4.2.4, anwenden.

4.7.4 Erteilung der Befähigungsanerkennung

Die Befähigungsanerkennung muss erteilt werden, wenn die Verfahren nach IEC QC 001002-3, 4.2.7, erfolgreich abgeschlossen sind.

4.7.5 Befähigungshandbuch

Der Inhalt des Befähigungshandbuches muss den Anforderungen der Rahmenspezifikation entsprechen.

Die nationale Überwachungsstelle muss das Befähigungshandbuch als vertrauliches Schriftstück behandeln. Der Hersteller darf, wenn er es wünscht, das Befähigungshandbuch für Dritte ganz oder teilweise freigeben.

4.8 Verfahren zur Bauartanerkennung

4.8.1 Allgemeines

Die Verfahren zur Bauartanerkennung müssen IEC QC 001002-3 entsprechen.

4.8.2 Voraussetzungen für die Bauartanerkennung

Der Hersteller muss die Anforderungen nach IEC QC 001002-3, 3.1.1, und der primären Fabrikationsstufe, wie in 4.1 dieser Fachgrundspezifikation festgelegt, erfüllen.

4.8.3 Antrag auf Bauartanerkennung

Um die Bauartanerkennung zu erhalten, muss der Hersteller die Verfahrensregeln nach IEC QC 001002-3, 3.1.3, anwenden.

4.8.4 Erteilung der Bauartanerkennung

Die Bauartanerkennung muss erteilt werden, wenn die Verfahren nach IEC QC 001002-3, 11.3, erfolgreich abgeschlossen sind.

4.8.5 Qualitätskonformitätsprüfung

Der Vordruck für Bauartspezifikation muss zusammen mit der Rahmenspezifikation den Prüfplan für die Qualitätskonformitätsprüfung vorschreiben.

4.9 Prüfverfahren

Die zu verwendenden Prüfverfahren müssen aus dieser Fachgrundspezifikation ausgewählt werden. Wenn eine erforderliche Prüfung nicht enthalten ist, so muss sie in der Bauartspezifikation angegeben werden.

4.10 Anforderungen zu Sortierungen

Wenn vom Kunden Sortierprüfungen für die MEMS-Oszillatoren verlangt werden, so ist dies in der Bauartspezifikation anzugeben.

4.11 Nacharbeit und Reparatur

4.11.1 Nacharbeit

Nacharbeit ist die Berichtigung von Fertigungsfehlern und darf nicht durchgeführt werden, wenn sie in der Rahmenspezifikation untersagt ist. Die Rahmenspezifikation muss angeben, ob die Anzahl der Nacharbeiten an einem bestimmten Bauelement begrenzt ist.

Jede Nacharbeit muss vor der Bildung des Prüfloses, das zur Prüfung nach den Anforderungen der Bauartspezifikation vorgesehen ist, ausgeführt werden.

Derartige Nacharbeiten müssen vollständig in der entsprechenden Dokumentation, die vom Hersteller erstellt wird, beschrieben werden und müssen unter direkter Kontrolle des Hauptprüfers ausgeführt werden.

Untervergabe von Nacharbeiten ist nicht zulässig.

4.11.2 Reparatur

Unter Reparaturen wird die Ausbesserung von Fehlern an einem Bauteil nach Auslieferung an den Kunden verstanden.

Bauelemente, die repariert worden sind, können nicht länger als repräsentativ für die Produktion des Herstellers betrachtet werden und dürfen nicht unter dem IECQ-System freigegeben werden.

4.12 Bestätigte Prüfberichte

Die Anforderungen nach IEC QC 001002-2, Anhang B, müssen erfüllt werden. Wenn bestätigte Prüfberichte (CTR) in der Rahmenspezifikation für Bauartanerkennung vorgeschrieben sind und vom Kunden verlangt werden, dann sind die Ergebnisse dieser angegebenen Prüfungen zusammenzufassen.

4.13 Gültigkeit der Freigabe

MEMS-Oszillatoren, die mehr als zwei Jahre nach der Annahmeprüfung gelagert werden, müssen vor der Freigabe noch einmal den elektrischen Prüfungen nach 5.5.4 und 5.5.16 oder 5.5.17 unterzogen werden.

4.14 Freigabe zur Lieferung

MEMS-Oszillatoren müssen nach IEC QC 001002-3, 4.3, freigegeben werden.

4.15 Nicht geprüfte Parameter

Nur die Parameter eines Bauelementes, die in einer Bauartspezifikation festgelegt sind und überprüft wurden, können als innerhalb der angegebenen Grenzen liegend angenommen werden. Es darf nicht angenommen werden, dass ein nicht angegebener Parameter bei zwei Bauelementen gleich ist. Sollte es notwendig werden, weitere Parameter zu überprüfen, dann sollte eine neue erweiterte Bauartspezifikation angewendet werden. Die zusätzlichen Prüfverfahren müssen vollständig beschrieben werden und die entsprechenden Grenzwerte, AQLs und Prüfniveaus sind anzugeben.

5 Prüf- und Messverfahren

5.1 Allgemeines

Die Prüf- und Messverfahren sind nach der entsprechenden Bauartspezifikation durchzuführen.

5.2 Prüf- und Messbedingungen

5.2.1 Normprüfbedingungen

Wenn nicht anders angegeben, sind alle Prüfungen bei Normalklima für Prüfungen, wie in IEC 60068-1, 5.3, festgelegt, durchzuführen.

Temperatur	15 °C bis 35 °C
relative Luftfeuchte	25 % bis 75 %
Luftdruck	86 kPa bis 106 kPa (860 mbar bis 1 060 mbar)

In Zweifelsfällen gelten folgende Schiedsbedingungen:

Temperatur	(25 ± 2) °C
relative Luftfeuchte	48 % bis 52 %
Luftdruck	86 kPa bis 106 kPa (860 mbar bis 1 060 mbar)

Vor dem Beginn der Messung müssen die MEMS-Oszillatoren eine ausreichend lange Zeit bei Mess-temperatur gelagert werden, damit sich die MEMS-Oszillatoren im thermischen Gleichgewicht befinden. Kontrollierte Bedingungen für die Nachbehandlung und Normbedingungen für zusätzliche Trocknung sind in IEC 60068-1, 5.4 und 5.5, angegeben.

Die Umgebungstemperatur während der Messung muss aufgezeichnet und im Prüfprotokoll angegeben werden.

5.2.2 Gleichbleibende Bedingungen

Alle elektrischen Prüfungen müssen, falls nicht anders angegeben, unter gleichbleibenden Bedingungen durchgeführt werden.

Wenn die Prüfbedingungen eine wesentliche Veränderung der untersuchten Eigenschaft während der Prüfung verursachen, müssen Ausgleichsmaßnahmen für derartige Effekte angegeben werden, z. B. die Zeitspanne, während der der Oszillator bei den angegebenen Prüfbedingungen gehalten wird, ehe eine Messung erfolgt.

5.2.3 Bedingungen für Luftströmung bei Temperaturprüfungen

Wenn Bauelemente bei anderen Temperaturen als $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ gemessen werden sollen, müssen sie einer entsprechend erzwungenen Luftströmung ausgesetzt werden, die eine enge Temperaturüberwachung sichert.

Wenn die durch erzwungene Luftströmung bewirkte Wärmeabgabe das Verhalten des Oszillators beeinträchtigt, muss der Zustand ruhender Luft durch den Einbau des Oszillators in ein Schutzgehäuse, das aus einem wärmeleitenden Kasten mit einem inneren Wandabstand von (20 ± 5) mm zu allen Oberflächen des zu prüfenden Oszillators besteht, simuliert werden. Die Temperatur, bei der Messungen unter diesen Bedingungen gemacht werden, ist die Bezugspunkttemperatur an der Oberfläche der Schutzeinrichtung.

Wenn eine Schutzeinrichtung notwendig ist, muss sie bei Prüfungen bei hoher wie bei niedriger Temperatur benutzt werden.

5.2.4 Stromversorgungen

Gleichstromquellen zur Prüfung von MEMS-Oszillatoren dürfen keinen Störspannungsanteil haben, der so groß ist, dass er die gewünschte Messgenauigkeit beeinträchtigt; Wechselstromquellen dürfen keine Oberwellen haben. Wenn Störspannungsanteil und/oder Oberwellengehalt der Stromquelle für die durchzuführende Messung kritisch sein können, müssen ihre Auswirkungen vollständig in der Bauartspezifikation beschrieben werden.

5.2.5 Messgenauigkeit

Die in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzen sind wahre Werte. Bei der Auswertung der Ergebnisse müssen Messungenauigkeiten berücksichtigt werden. Um Messfehler so gering wie möglich zu halten, sollten entsprechende Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden.

5.2.6 Vorsichtsmaßnahmen

5.2.6.1 Messungen

Die gezeigten Messanordnungen für bestimmte elektrische Prüfungen sind Vorzugsanordnungen. In den Fällen, in denen das Messgerät die zu prüfenden Kennwerte verändert, müssen alle Belastungswirkungen hinreichend berücksichtigt werden.

5.2.6.2 Elektrostatisch gefährdete Bauelemente

Wenn das Bauelement als elektrostatisch gefährdet gekennzeichnet ist, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um eine Beschädigung durch elektrostatische Ladungen vor, während und nach der Prüfung zu verhindern (siehe IEC 61000-4-2).

5.2.7 Alternative Prüfverfahren

Messungen sind vorzugsweise unter Anwendung der festgelegten Verfahren durchzuführen. Jedes andere Verfahren, das gleichwertige Ergebnisse liefert, darf, mit Ausnahme in Streitfällen, angewendet werden.

ANMERKUNG „Gleichwertig“ bedeutet, dass der mit einem anderen Verfahren ermittelte Messwert innerhalb der für die Messung mit dem festgelegten Verfahren angegebenen Grenzen liegt.

5.3 Sichtprüfung

Wenn nicht anders angegeben, ist die Sichtprüfung bei üblicher Fabrikbeleuchtung und unter üblichen Sichtbedingungen durchzuführen.

5.3.1 Sichtprüfung A

Der MEMS-Oszillator ist einer Sichtprüfung zu unterziehen, um sicherzustellen, dass Zustand, Qualität und Oberflächengüte zufriedenstellend sind. Die Kennzeichnung muss lesbar sein.

5.3.2 Sichtprüfung B

Der MEMS-Oszillator ist einer Sichtprüfung bei 10-facher Vergrößerung zu unterziehen. Es dürfen keine Glasbrüche oder beschädigten Anschlüsse vorhanden sein. Geringfügiges Splittern an den Verlaufskanten eines Meniskus gilt nicht als Bruch.

5.3.3 Sichtprüfung C

Der MEMS-Oszillator ist einer Sichtprüfung zu unterziehen. Es dürfen keine Korrosion oder andere Beschädigungen vorhanden sein, die eine zufriedenstellende Funktion beeinträchtigen würden. Die Kennzeichnung muss lesbar sein.

5.4 Maße und Lehrenverfahren

5.4.1 Maßprüfung A

Die Abmessungen, die Abstände und die Ausrichtung der Anschlüsse müssen geprüft werden und den festgelegten Werten entsprechen.

5.4.2 Maßprüfung B

Die Abmessungen müssen gemessen werden und den festgelegten Werten entsprechen.

5.5 Elektrische Prüfverfahren

5.5.1 Isolationswiderstand

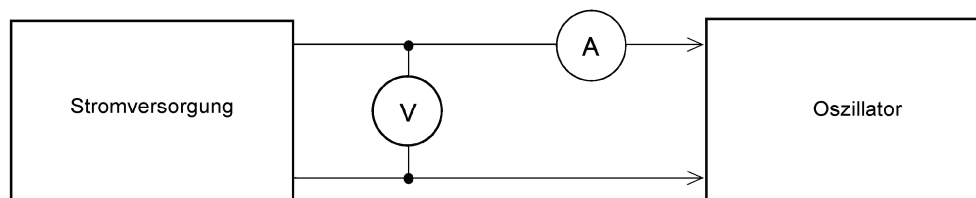
Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders angegeben, ist eine Spannung von höchstens 20 V an die angegebenen Prüfpunkte unter Verwendung der Prüfschaltung nach Bild 10a^{N8)} anzulegen. Der sich ergebende Strom ist zu messen. Er muss niedriger als der angegebene Höchstwert sein.

^{N8)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 8a“.

Alternativ darf der Widerstand direkt mit einem Widerstandsmessgerät gemessen werden (siehe Bild 10b)^{N9)}. Er muss größer als der angegebene Mindestwert sein.

Es müssen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass die Messungen zwischen den angegebenen Punkten mit einer Spannung richtiger Polarität durchgeführt werden, die den angegebenen Wert nicht übersteigt. Die Nichtbeachtung einer dieser Bedingungen kann zu einer Beschädigung des zu prüfenden Bauelements führen.

Nach der Prüfung müssen Messungen durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass der Oszillator noch funktioniert.



A: Strommessgerät

V: Spannungsmessgerät

Bild 8a – Strom-Spannungsverfahren

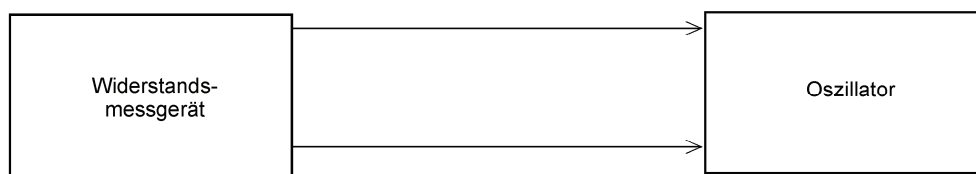


Bild 8b – Widerstandsverfahren

Bild 8 – Prüfschaltungen zur Messung des Isolationswiderstandes

5.5.2 Spannungsfestigkeit

Die festgelegte Spannung darf nur zwischen den angegebenen Anschlüssen unter Anwendung der Prüfschaltung nach Bild 11^{N10)} angelegt werden, nachdem alle festgelegten Vorbehandlungsverfahren durchgeführt worden sind. Der Quellenwiderstand und der höchstzulässige Strom müssen in der Bauartspezifikation angegeben sein.

Es darf keine Anzeichen einer Lichtbogenbildung oder eines elektrischen Durchschlags geben.

Nach der Prüfung müssen Messungen durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass der Oszillator noch funktioniert.

^{N9)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 8b“.

^{N10)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 9“.

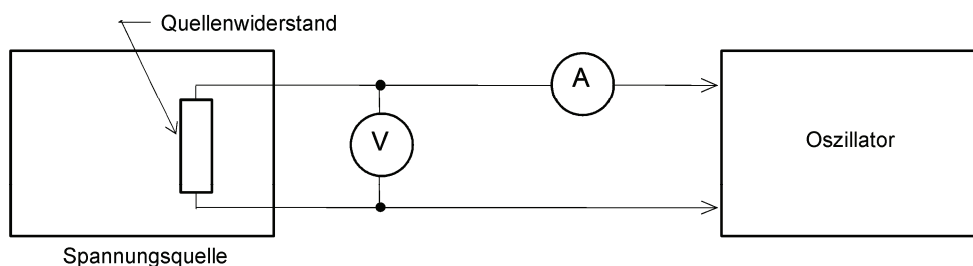


Bild 9 – Prüfschaltung zur Messung der Spannungsfestigkeit

5.5.3 Eingangsleistung

Der Oszillator ist an die Stromversorgung und an die angegebene elektrische Last, wie in Bild 12^{N11)} dargestellt, anzuschließen. Die festgelegte Spannung ist anzulegen und sie muss sich in der angegebenen Zeit stabilisieren können. Messungen von Spannung und Strom müssen bei der Bezugstemperatur durchgeführt werden, sofern in der Bauartspezifikation nicht anders angegeben. Die Eingangsleistung ist aus diesen Messungen zu errechnen.

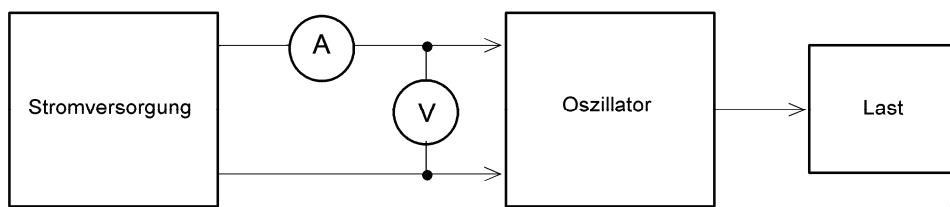


Bild 10 – Prüfschaltung zur Messung der Oszillator-Eingangsleistung

5.5.4 Ausgangsfrequenz

Messungen der Ausgangsfrequenz müssen nach Verfahren 1 vorgenommen werden.

Die folgenden Vorsichtsmaßnahmen sind zu beachten:

- Genauigkeit und Auflösung des Systems müssen immer mindestens eine Größenordnung besser sein als die Genauigkeit der zu bestimmenden Frequenz;
- der Oszillator muss mit der vorgeschriebenen Last abgeschlossen sein;
- Stabilität und Genauigkeit des Systems müssen durch periodische Überprüfungen des Frequenznormals gegen ein international anerkanntes Normal sichergestellt sein;
- für genaue Messungen ist es wesentlich, besonders darauf zu achten, dass die Umgebungsbedingungen nicht die Ergebnisse beeinflussen.

Verfahren 1

Der Oszillator ist nach Bild 13^{N12)} an die festgelegte Stromversorgung und Last anzuschließen. Er muss sich in der angegebenen Zeit unter üblichen Betriebsbedingungen stabilisieren können.

Die Frequenz ist dann mit einem Frequenzzähler zu messen. Die Frequenz kann direkt oder durch Perioden-Mittelwertbildung bestimmt werden. Die Messzeit liegt üblicherweise im Bereich von 0,1 s bis 10 s.

^{N11)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 10“.

^{N12)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 11“.

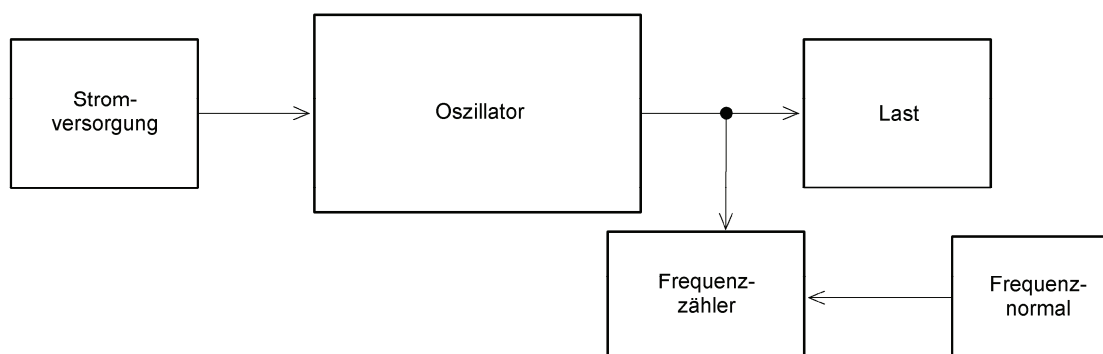


Bild 11 – Prüfschaltung zur Messung der Ausgangsfrequenz nach Verfahren 1

5.5.5 Frequenz-Temperatur-Kennlinie

5.5.5.1 Frequenz bei festgelegten Temperaturen

Der nicht eingeschaltete Oszillator ist in eine Klimakammer zu setzen und nach der Prüfschaltung in Bild 14^{N13)} mit der angegebenen Last zu verbinden. Dann ist die festgelegte Versorgungsspannung an den Oszillator anzulegen.

Wenn die Eingangsleistung des Oszillators durch erzwungene Luftströmungen beeinflusst wird, muss der Zustand ruhender Luft durch einen Schutzkasten nach 5.2.3 simuliert werden.

Die Prüfkammer muss sich bei der festgelegten Temperatur stabilisieren können, und wenn der Oszillator Gleichgewicht erreicht hat (siehe 5.2.2), sind die Messungen der Frequenz nach dem entsprechenden in 5.5.4 angegebenen Verfahren durchzuführen.

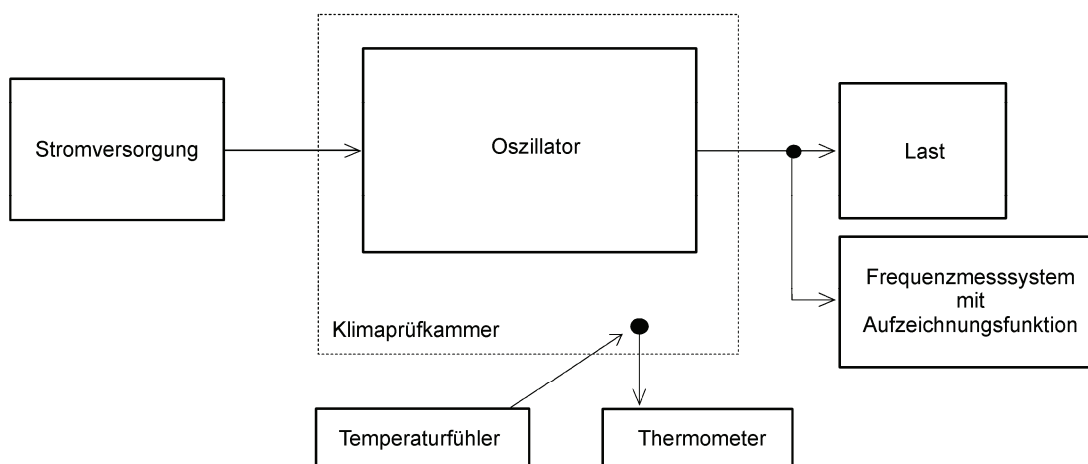


Bild 12 – Prüfschaltung zur Messung des Frequenz/Temperatur-Verhaltens

5.5.5.2 Gesamtes Frequenzverhalten

Der nicht eingeschaltete Oszillator ist in eine Klimakammer zu setzen und nach der Prüfschaltung in Bild 14^{N13)} mit der angegebenen Last zu verbinden. Dann ist die festgelegte Versorgungsspannung an den Oszillator anzulegen.

Wenn die Eingangsleistung des Oszillators durch erzwungene Luftströmungen beeinflusst wird, muss der Zustand ruhender Luft durch einen Schutzkasten nach 5.2.3 simuliert werden.

^{N13)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 12“.

Die Prüfkammer muss sich bei einer Extremtemperatur stabilisieren können, und wenn der Oszillator Gleichgewicht erreicht hat (siehe 5.2.2), sind Frequenz und Temperatur nach dem entsprechenden in 5.5.4 angegebenen Verfahren aufzuzeichnen.

Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders angegeben, muss die Prüfkammertemperatur in Schritten von 1,5 °C bis zur anderen Extremtemperatur geändert werden, wobei sichergestellt sein muss, dass nach jedem Temperaturschritt Gleichgewicht erreicht wird, oder die Temperatur muss mit einer Änderungsgeschwindigkeit von 0,5 °C/min verändert werden.

Während der Prüfung sind Temperatur und Frequenz aufzuzeichnen.

Wenn in der Bauartspezifikation die Bestimmung der Reproduzierbarkeit der Frequenz-Temperatur-Kennlinie gefordert wird, muss die Frequenz bei Temperaturveränderungen in beiden Richtungen aufgezeichnet werden.

ANMERKUNG Bei einigen Anwendungen kann gefordert sein, dass die Reproduzierbarkeit der Frequenz-Temperatur-Kennlinie bestimmt wird, indem zuerst die Temperatur vom kleinsten zum höchsten Wert erhöht wird und dann vom höchsten zum kleinsten Wert abgesenkt wird. Abweichungen im Verhalten bei ansteigender und fallender Temperatur heißen Rücklauffehler.

5.5.6 Frequenz-Belastungs-Koeffizient

Mit einer Frequenzmessenordnung nach 5.5.4 sind die Messungen der Oszillator-Ausgangsfrequenz bei der festgelegten Nenn-, Mindest- und Höchstlast des Oszillators durchzuführen. Bei der Messung werden alle anderen Parameter bei ihren festgelegten Werten konstant gehalten. Die Lastwerte sind dann zu berechnen, wobei die Einflüsse durch das an den Ausgang des Oszillators angeschlossene Messgerät zu berücksichtigen sind, die in die Gesamtlast einbezogen werden müssen.

5.5.7 Frequenz-Spannungs-Koeffizient

Mit einer Frequenzmessenordnung nach 5.5.4 sind die Messungen der Oszillatorfrequenz bei den festgelegten Nenn-, Mindest- und Höchstwerten der Versorgungsspannung durchzuführen. Bei der Messung werden alle anderen Parameter bei ihren festgelegten Werten konstant gehalten. In jedem Fall muss die festgelegte Einlaufzeit zwischen dem Einstellen der Versorgungsspannung und der Frequenzmessung eingehalten werden.

Ein vorübergehendes Überspringen der Frequenz kann unmittelbar nach dem Anlegen der Versorgungsspannung auftreten. Wenn die Höhe des Überspringens von Bedeutung ist, muss das Überspringen mit Aufzeichnungsgeräten erfasst werden. Die höchstzulässigen Abweichungen während der Einlaufzeit sind gesondert anzugeben.

Falls gefordert, ist eine Klimakammer zu benutzen, um die Umgebungstemperatur während der Prüfung auf ihrem festgelegten Wert zu halten.

5.5.8 Frequenzstabilität bei thermischem Einschwingen

Der nicht eingeschaltete Oszillator ist in die Klimakammer zu setzen und mit der angegebenen Last nach der Prüfschaltung in Bild 14^{N14)} zu verbinden. Die festgelegte Versorgungsspannung ist dann an den Oszillator anzulegen. Die Klimakammer muss sich stabilisieren und der Oszillator thermisches Gleichgewicht (siehe 5.2.2) bei der festgelegten Anfangstemperatur T_1 erreichen können. Die Ausgangsfrequenz des Oszillators ist aufzuzeichnen.

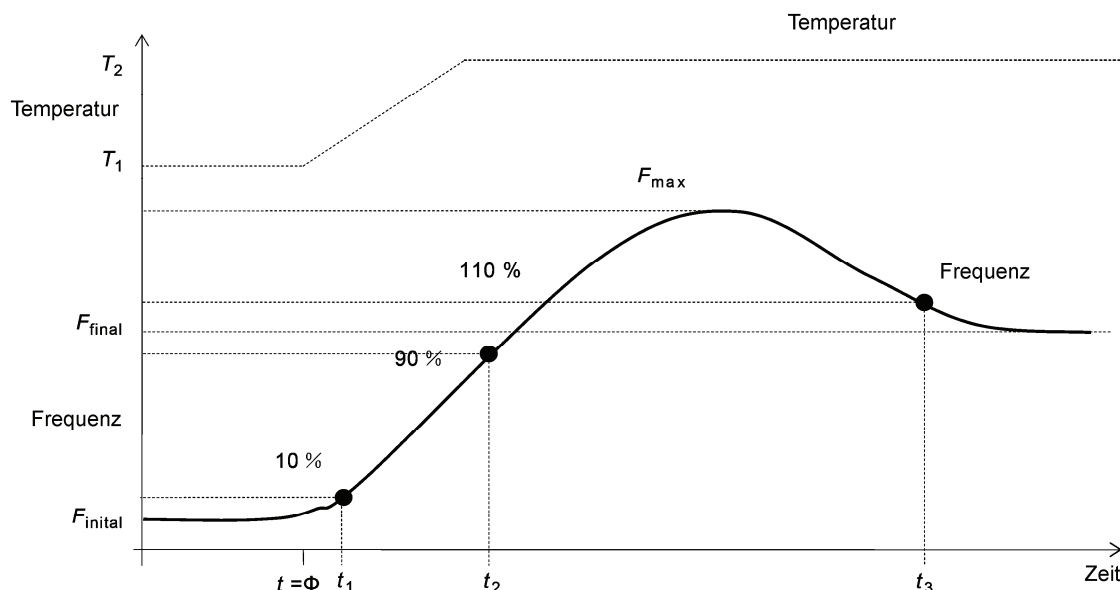
Die Temperatur der Klimakammer ist dann mit der festgelegten Änderungsgeschwindigkeit auf die Endtemperatur T_2 zu verändern.

^{N14)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 12“.

Die Oszillator-Ausgangsfrequenz und die Temperatur der Klimakammer (gemessen am Bezugspunkt) sollten ständig während und nach dieser Prüfung aufgezeichnet werden, sodass sich ein Diagramm der Frequenz- und der Temperatur-Änderungen entsprechend dem von Bild 15^{N15)} ergibt, aus dem thermische Antwortzeit und Überschwängen bestimmt werden können.

5.5.8.1 Das Überspringen muss als Bruchteil der Nennfrequenz angegeben werden (z. B. darf das Überspringen 2×10^{-7} nicht überschreiten):

$$\Delta F_{\text{os}} = \frac{F_{\text{max}} - F_{\text{final}}}{F_{\text{nomi}}}$$



t_{ϕ} : Ende der Einlaufzeit;

t_1 Zeit, in der die Frequenz 10 % des endgültigen Wertes ihrer Änderung erreicht;

t_2 Zeit, in der die Frequenz 90 % des endgültigen Wertes ihrer Änderung erreicht;

t_3 Zeit, in der die Frequenz 110 % des endgültigen Wertes ihrer Änderung bei der Rückkehr nach dem Überspringen erreicht (für alle Fälle, in denen das Überspringen größer als 10 % ist).

Bild 13 – Thermisches Überspringverhalten eines typischen Oszillators

5.5.8.2 Wenn nicht anders angegeben, ist die thermische Antwortzeit die Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt, in dem die Frequenz 10 % der Gesamtänderung erreicht hat, und dem Zeitpunkt, in dem die Frequenz einen Wert bis 10 % vom Endwert ihrer Gesamtänderung erreicht hat.

Es gibt zwei mögliche Fälle, wie in den Beispielkurven nach Bild 15^{N15)} gezeigt:

- Wenn das Überspringen kleiner als 10 % ist, ist die thermische Antwortzeit $t_2 - t_1$ min.
- Wenn das Überspringen größer als 10 % ist, ist die thermische Antwortzeit $t_3 - t_1$ min.

^{N15)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 13“.

5.5.9 Anschwingvorgang

Zweck ist, den zuverlässigen Anlauf der Schwingungsamplitude zu bestimmen und die Anschwingzeit zu messen.

Bild 16^{N16)} stellt eine allgemeine Oszillatorschaltung dar.

Das Anschwingverhalten eines MEMS-Oszillators hängt von den folgenden Hauptfaktoren ab:

Oszillatorstufe:

- Rauschfaktor des aktiven Bauteils;
- offene Schleifenverstärkung (bzw. überschüssige Negativimpedanz) der Schwingungsgeneratorstufe;
- die Amplitudenbegrenzung der aktiven Schaltung;
- Gütefaktor unter Last (bzw. die effektive Bandbreite des Resonators);
- Abhängigkeit des MEMS-Resonanzwiderstandes vom Belastungspegel.

Ausgangsstufe:

- analoger sinusförmiger Ausgang;
- Logik-Ausgang.

Interne Stromversorgung:

- Sperrkondensatoren;
- Spannungsregler.

Versorgungsspannung:

- Anstiegszeit, Haltezeit, Austastzeit;
- Ausgangsimpedanz.

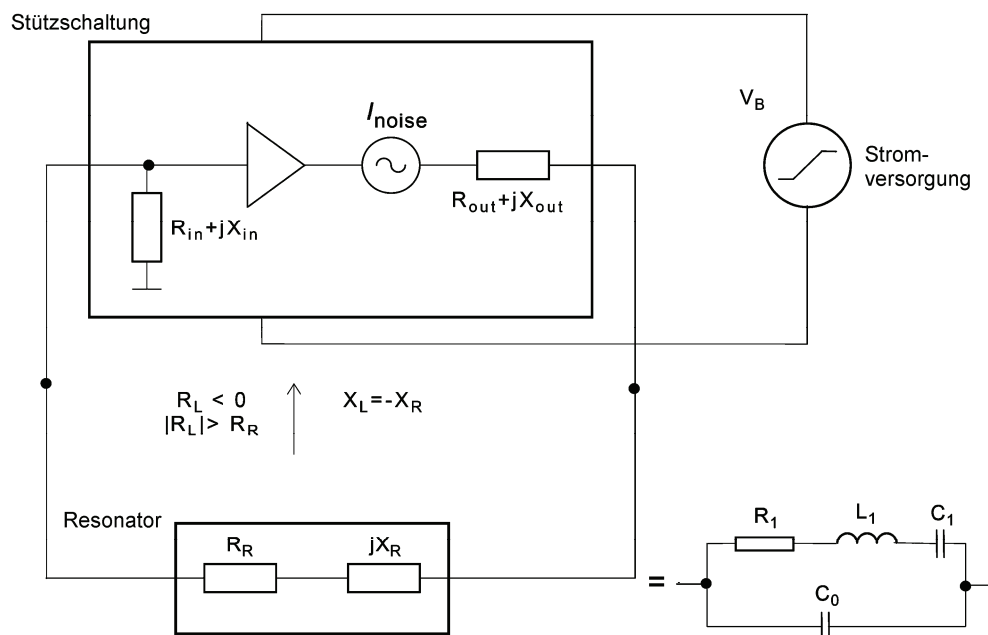


Bild 14 – Allgemeine Oszillatorschaltung

^{N16)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 14“.

5.5.9.1 Anschwingverhalten

Um zu bestimmen, ob der Oszillator zuverlässig anschwingt, muss der Oszillator mit der Prüfschaltung zur Messung des Anschwingverhaltens nach Bild 17^{N17)} verbunden werden.

Der Oszillator muss an eine programmierbare Stromversorgung angeschlossen werden. Das HF-Ausgangssignal und die Versorgungsspannung werden mit einem Oszilloskop aufgenommen, dessen Zeitablenkung so eingestellt wird, dass die gesamte Anschwingphase angezeigt wird.

Die Versorgungsspannung steigt linear von 0 auf die Nennbetriebsspannung an. Die dafür benötigte Zeit t_{ramp} wird so festgelegt, dass sie mindestens 100- bis 1 000-mal so groß ist wie die angegebene oder die erwartete Anschwingzeit des Oszillators.

Der Oszillator muss ein übliches und wiederholbares Anschwingverhalten innerhalb der Zeitspanne zeigen, in der die Versorgungsspannung hochgefahren wird, wie in Bild 18^{N18)} gezeigt ist.

Festgelegte Bedingungen:

Die folgenden Prüfbedingungen müssen in der Bauartspezifikation angegeben werden:

- Versorgungsspannung;
- Einzelheiten zur Last;
- Anschwingzeit;
- im Falle eines VCMO: Steuer-Gleichspannung.

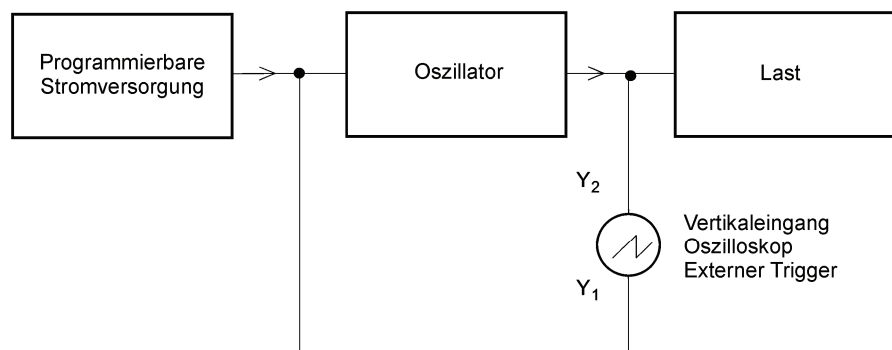


Bild 15 – Prüfschaltung zur Messung des Anschwingverhaltens und der Anschwingzeit

^{N17)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 15“.

^{N18)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 16“.

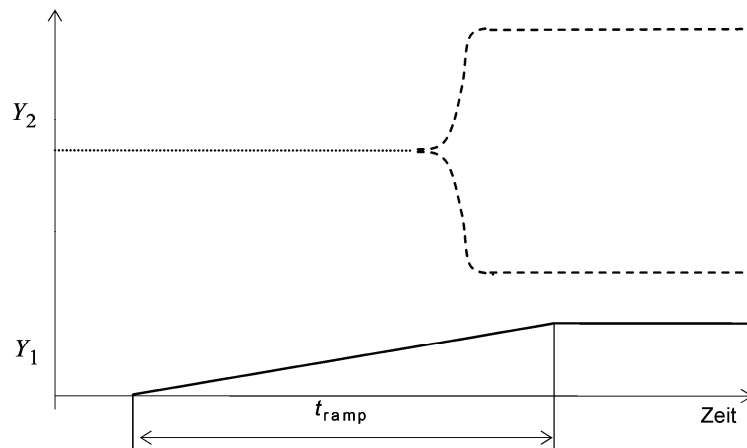


Bild 16 – Übliches Anschwingverhalten bei langsamem Anstieg der Versorgungsspannung

5.5.9.2 Anschwingzeit

Um die Anschwingzeit t_{SU} unter festgelegten Bedingungen zu messen, muss der Oszillator an eine programmierbare Stromversorgung angeschlossen werden (siehe Bild 17^{N19)}).

Das HF-Ausgangssignal und die Versorgungsspannung müssen mit einem Oszilloskop aufgenommen werden, dessen Zeitablenkung so eingestellt wird, dass die gesamte Einschwingphase angezeigt wird.

Die Versorgungsspannung steigt linear von 0 auf die Nennbetriebsspannung an. Die dafür benötigte Zeit t_{ramp} wird so festgelegt, dass sie weniger als ein Zehntel der angegebenen oder erwarteten Anschwingzeit des Oszillators beträgt.

Die Anschwingzeit t_{SU} wird als die Differenz gemessen zwischen dem Zeitpunkt, an dem die Versorgungsspannung anzusteigen beginnt, und dem Zeitpunkt, an dem das HF-Ausgangssignal bestimmte, nachfolgend genannte Bedingungen erfüllt:

- a) nahezu sinusförmige Wellenform:

Die Signalhüllkurve erreicht 90 % des Spitze-Spitze-Wertes der Amplitude im eingeschwungenen Zustand, wenn nicht anders angegeben.

- b) Impulswellenformen:

Die Ausgangsimpulsfolge ist periodisch mit einer Frequenz nahe dem eingeschwungenen Zustand, während ihr unteres Signalniveau U_{LO} unterhalb U_{OL} bleibt und ihr oberes Niveau U_{HI} beständig U_{OH} übersteigt; dabei sind U_{OH} und U_{OL} in der entsprechenden Logikfamilie definiert.

Achtung:

Der logische Ausgang kann vor dem Erreichen des eingeschwungenen Zustands des Ausgangssignals unkorrelierte Schwingungen aufweisen.

ANMERKUNG Die Entladung der internen Sperrkondensatoren ist vor Beginn der Messung sicherzustellen.

Ein Beispiel zeigt Bild 19^{N20)}.

Das beschriebene Verfahren kann entweder als Einzelmessung oder als periodische Messung angewendet werden. Im letzteren Fall müssen folgende Bedingungen erfüllt werden (siehe Bild 20^{N21)}):

^{N19)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 15“.

^{N20)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 17“.

^{N21)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 18“.

t_{ramp} wie oben beschrieben;

t_{hold} $\geq 100 t_{\text{SU}}$;

t_{off} Die Minstdauer muss so gewählt werden, dass eine weitere Erhöhung das Ergebnis für t_{SU} nicht mehr verändert, z. B. $t_{\text{off}} \geq 100 t_{\text{SU}}$.

Während der Zeitspanne t_{off} muss der Oszillatoranschluss für die Versorgungsspannung zur Masse kurzgeschlossen sein, um die internen Sperrkondensatoren vollständig zu entladen.

ANMERKUNG Der Faktor 100 in den Gleichungen für t_{hold} und t_{off} darf für kleinere Volumen verringert werden; es sollte jedoch überprüft werden, ob sich die gemessene Anschwingzeit nicht verändert, vor allen Dingen bei Resonatoren mit hohem Gütefaktor.

Achtung:

Die Stromversorgung muss einen ausreichenden Strom liefern können, damit der festgelegte Spannungsanstieg an den Versorgungsanschlüssen des Oszillators realisiert werden kann. Sie muss auch geeignet sein, den Entladungsstrom des Oszillators während t_{off} abfließen zu lassen.

Festgelegte Bedingungen:

Die folgenden Prüfbedingungen müssen in der Bauartspezifikation angegeben werden:

- Versorgungsspannung;
- Einzelheiten zur Last;
- Anschwingzeit;
- im Falle eines VCMO: Steuer-Gleichspannung.

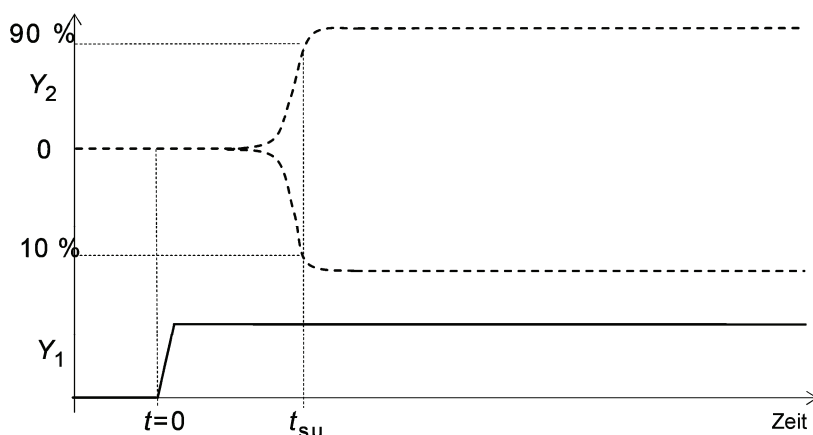


Bild 17 – Definition der Anschwingzeit

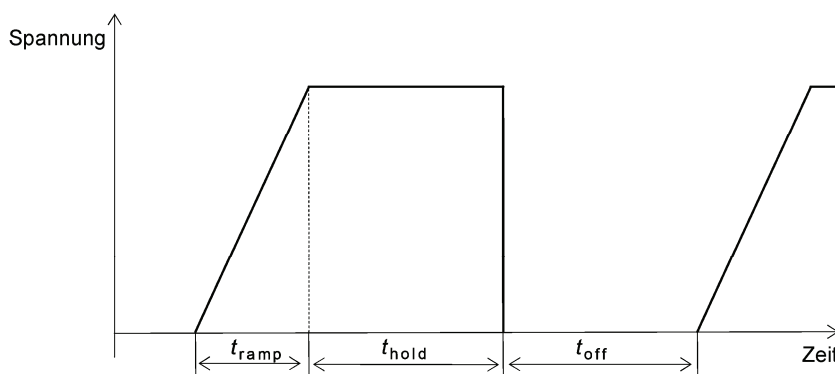


Bild 18 – Wellenform der Versorgungsspannung für die periodische t_{SU} -Messung

5.5.10 Einlaufzeit

Der nicht eingeschaltete Oszillator ist in die Klimakammer zu setzen und mit der angegebenen Last der Prüfschaltung nach Bild 14^{N22)} zu verbinden. Die Frequenzmessung muss nach 5.5.4 erfolgen. Die Kammertemperatur ist nach den Angaben in der Bauartspezifikation einzustellen. Der Oszillator ist dann einzuschalten und die Ausgangsfrequenz ist mit einem Aufzeichnungsgerät als Funktion der Zeit aufzuzeichnen. Die Einlaufzeit t_s ist die Zeit, nach der die Oszillator-Ausgangsfrequenz die festgelegte Grenzabweichung für ihren Langzeitwert einhält, der nach einer angegebenen Zeitspanne ermittelt wird (siehe Bild 21^{N23)}).

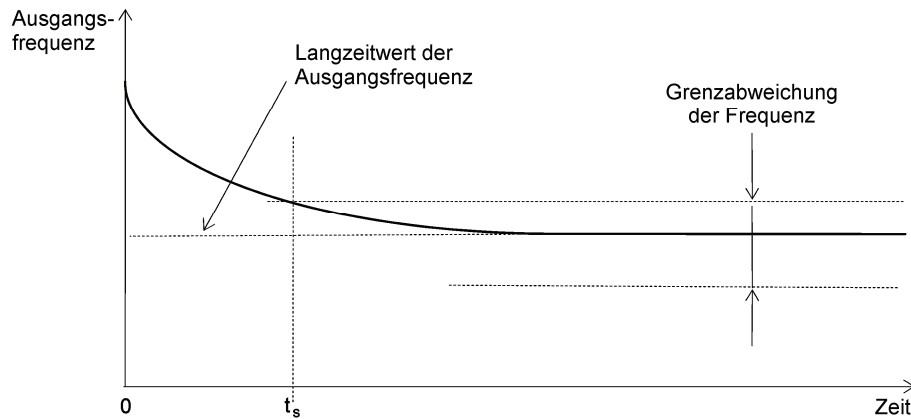


Bild 19 – Übliches Einlaufverhalten eines Oszillators

5.5.11 Frequenz-Ziehbereich

Der Oszillator ist nach 5.5.4 anzuschließen und, falls erforderlich, mit einer entsprechenden Steuerspannung zu verbinden. Der Oszillator ist einzuschalten und muss in der angegebenen Zeit unter normalen Betriebsverhältnissen einlaufen können. Die Abgleicheinrichtungen des Oszillators sind auf ihren niedrigsten und höchsten Wert einzustellen und die Ausgangsfrequenz ist zu messen, wenn nicht anders in der Bauartspezifikation angegeben.

5.5.12 Wiedereinlauf-Verhalten

Der nicht eingeschaltete Oszillator ist in die Klimakammer zu setzen und mit der angegebenen Last der Prüfschaltung nach Bild 14^{N24)} zu verbinden. Die Kammer muss bei einer Temperatur im Bereich zwischen 20 °C und 30 °C auf $\pm 0,5$ °C gehalten werden, wenn nicht anders in der Bauartspezifikation angegeben. Der Oszillator ist einzuschalten und alle Betriebswerte sind auf die angegebenen Werte einzustellen. Dann ist die Frequenz in Abhängigkeit von der Zeit zu messen.

Nach einer bestimmten Betriebszeit (t_1 , Bild 22^{N25)}, die größer als die Einlaufzeit sein muss) ist die Ausgangsfrequenz aufzuzeichnen. Dann wird der Oszillator abgeschaltet, sodass er die festgelegte Lagertemperatur in der angegebenen Zeit t_2 annehmen kann. Am Ende dieser Zeitspanne wird die Stromversorgung wieder eingeschaltet und die Frequenz in Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet. Die Wiedereinlaufzeit t_r ist die Zeitspanne vom Einschalten der Stromversorgung bis zur Rückkehr der Ausgangsfrequenz auf einen Wert innerhalb der festgelegten Grenzabweichung des Wertes, der vor dem Abschalten der Stromversorgung aufgezeichnet wurde.

Wird der Oszillator (während der Zeitspanne t_2) in einer anderen Umgebung als der Klimakammer gelagert, ist dem Oszillator eine angemessene Zeit zu lassen, sich auf die zur Frequenzmessung angegebene

^{N22)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 12“.

^{N23)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 19“.

^{N24)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 12“.

^{N25)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 20“.

Temperatur einzustellen, bevor irgendeine Frequenzmessung vorgenommen wird. Diese Einlaufzeit (bei abgeschaltetem Zustand) sollte als Teil der Lagerzeit t_2 gerechnet werden.

ANMERKUNG Es wird eine besondere Festlegung der Messtemperatur vorgenommen, weil die zulässige Grenzabweichung der Lagertemperatur beträchtlich größer sein darf als die der Messtemperatur, obwohl beide Temperaturen gleich sein können.

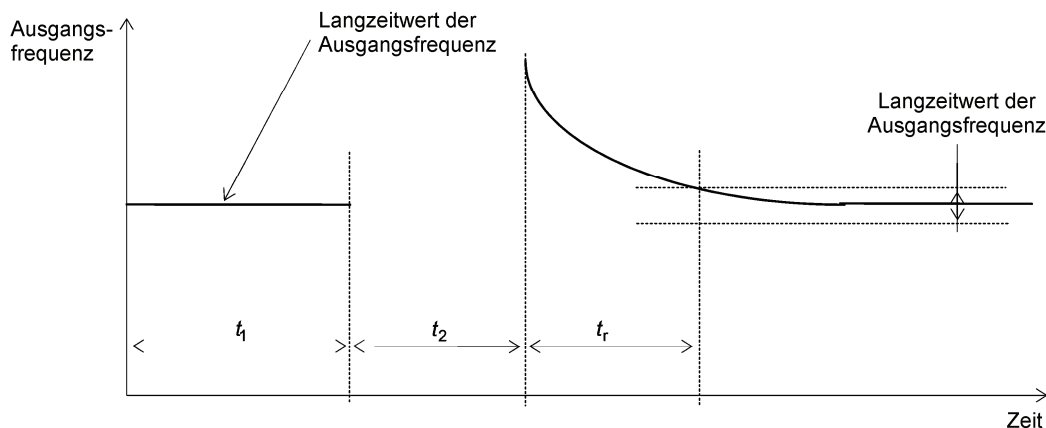


Bild 20 – Beispiel eines Wiedereinlauf-Verhaltens

5.5.13 Oszillator-Ausgangsspannung (sinusförmig)

Der Oszillator ist nach Bild 23^{N26)} an die angegebene Versorgungsspannung und Last anzuschließen. Er muss sich in der angegebenen Zeitspanne stabilisieren können. Die Ausgangsspannung ist über der Last zu messen und muss im angegebenen Abgleichbereich jeder Frequenz innerhalb der angegebenen Grenzen bleiben. Messungen müssen bei der Bezugstemperatur, dürfen aber auch im Arbeitstemperaturbereich durchgeführt werden, wenn die Bauartspezifikation es verlangt. Die Messungen sind mit einem Hochfrequenz-Spannungsmessgerät für Effektivspannungen und einem Oszilloskop für Spitze-Spitze-Spannungen durchzuführen.

Im Fall nahezu sinusförmiger Wellenformen ist die Messung der Ausgangsleistung immer mit einem direkt anzeigenden Leistungsmessgerät oder mit einem Echt-Effektivwert-Spannungsmessgerät durchzuführen.

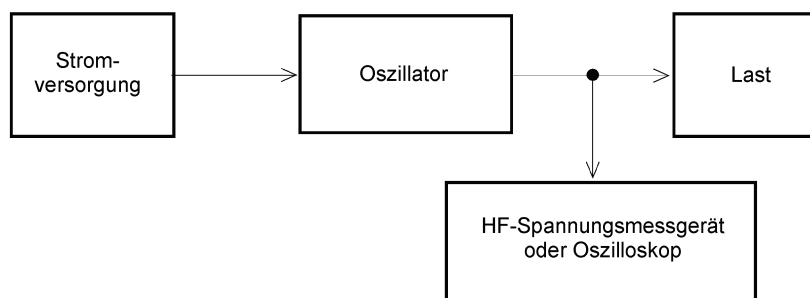


Bild 21 – Prüfschaltung zur Messung der Ausgangsspannung

^{N26)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 21“.

5.5.14 Oszillator-Ausgangsspannung (pulsförmig)

Der Oszillator ist nach Bild 24^{N27)} an die angegebene Last anzuschließen (siehe Anhang A bezüglich Einzelheiten zu Belastungsschaltungen für den logischen Betrieb).

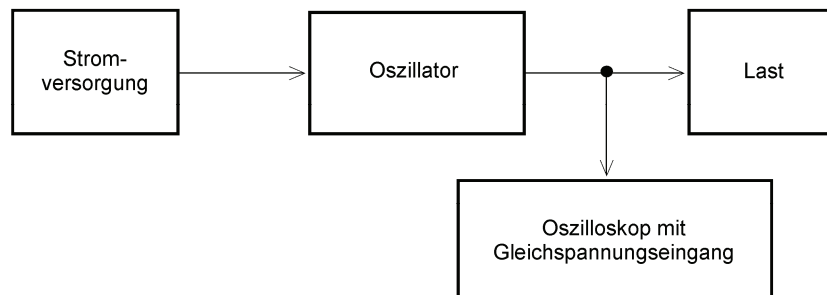


Bild 22 – Prüfschaltung zur Messung von pulsartigen Ausgangsspannungen

Die Spannungen des hohen und des niedrigen Pegels (siehe Bild 4^{N28)}) sind mit einem Oszilloskop zu messen und müssen innerhalb der in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzen liegen.

5.5.15 Oszillator-Ausgangskurvenform (sinusförmig)

Der Oszillator ist nach Bild 25^{N29)} an die angegebene Last anzuschließen.

Der Spektrumanalysator ist so einzustellen, dass er einen Frequenzbereich anzeigt, der die entsprechenden harmonischen Oberwellen des Oszillators einschließt. Übliche nahezu sinusförmige Kurvenformen sind in Bild 26^{N30)} und die entsprechenden Frequenzspektren in Bild 27^{N31)} dargestellt.

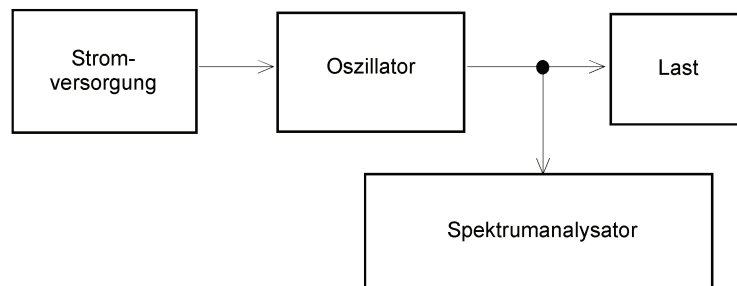


Bild 23 – Prüfschaltung zur Messung der harmonischen Verzerrung

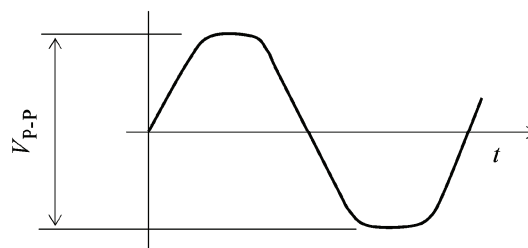


Bild 24a – Symmetrisch

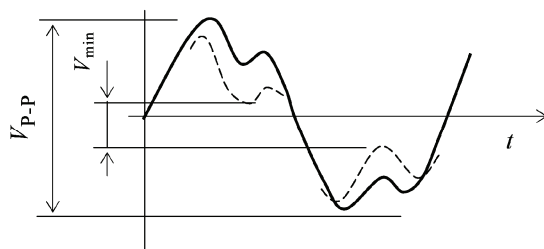
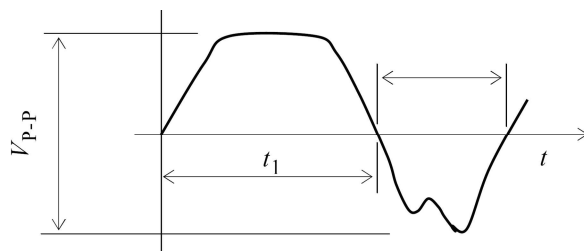
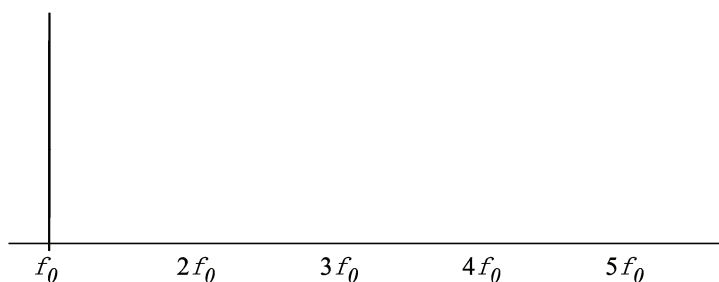
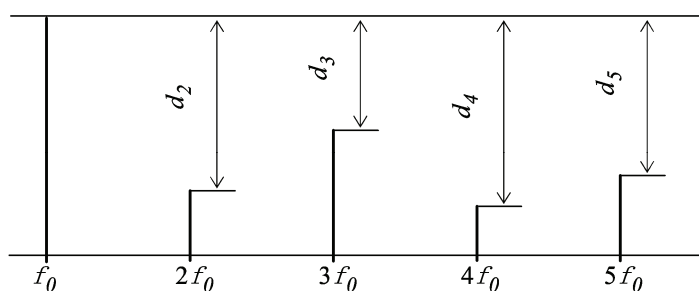
^{N27)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 22“.

^{N28)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 2“.

^{N29)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 23“.

^{N30)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 24“.

^{N31)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 25“.

**Bild 24b – Hoher ungeradzahliger harmonischer Gehalt****Bild 24c – Hoher geradzahliger harmonischer Gehalt****Bild 24 – Nahezu sinusförmige Ausgangskurvenformen****Bild 25a – Ideales Spektrum****Bild 25b – Spektrum mit großer harmonischer Verzerrung****Bild 25 – Frequenzspektrum bei harmonischer Verzerrung**

Die Spektren auf dem Spektrumanalysator werden üblicherweise direkt als Leistungsverhältnis bezüglich der Trägerleistung gemessen, ausgedrückt in dB, oder alternativ muss die prozentuale Verzerrung der harmonischen Oberwellen wie folgt berechnet werden:

$$D_x = \frac{100}{10^{\frac{d_x}{20}}}$$

Dabei ist

- D_x der Prozentsatz harmonischer Verzerrung;
- d_x die Pegeldifferenz zwischen Träger und harmonischer Oberwelle (in dB), gemessen am Spektrumanalysator;
- x die Ordnung der harmonischen Oberwelle.

Wenn dieses Prüfverfahren benutzt wird, müssen die folgenden Vorsichtsmaßnahmen beachtet werden:

- Es muss dafür gesorgt werden, dass keine Verzerrung im Eingangsmischer des Spektrumanalysators entsteht.
- Nichtlineare Verzerrung (die den Anschein harmonischer Verzerrung hat) entsteht, wenn der Eingangsmischer überlastet ist. Dies kann überprüft werden, indem ein Dämpfungsglied zwischen Oszillator und Spektrumanalysator eingefügt wird und Messungen bei verschiedenen Leistungspegeln durchgeführt werden. Das Dämpfungsglied sollte nicht das Verhältnis der harmonischen Verzerrungen beeinflussen.

ANMERKUNG Die gesamte harmonische Verzerrung ergibt sich aus der Summe der einzelnen relevanten harmonischen Verzerrungen.

$$D_{\text{total}} = 100 \left[10^{\frac{d_2}{10}} + 10^{\frac{d_3}{10}} + \dots + 10^{\frac{d_n}{10}} \right]^{-1/2}$$

5.5.16 Oszillator-Ausgangskurvenform (pulsförmig)

Der Oszillator ist nach Bild 23^{N32)} anzuschließen und mit der angegebenen Last zu verbinden (siehe Anhang A bezüglich Einzelheiten zu Belastungsschaltungen für den logischen Betrieb).

5.5.16.1 Anstiegs- und Abklingzeiten

Messungen müssen sowohl an der ansteigenden wie an der abfallenden Flanke zwischen den Grenzen der Eingangsspannung, innerhalb derer der Betrieb der bestimmten Logikfamilie garantiert wird, durchgeführt werden, z. B. für CMOS-Familien zwischen $U_{OH \text{ min.}}$ und $U_{OL \text{ max.}}$ oder an den 10-%- und 90-%-Punkten hinsichtlich des flachen Abschnitts des höchsten Amplitudenpegels. Überspringen muss bei dieser Messung nicht beachtet werden, wenn die Spitzen nicht die Grenzen, die für den eingeschwungenen Pegel festgelegt sind, überschreiten oder das Überspringen auf außerhalb von Oszillator oder Oszilloskop liegende Induktivitäten zurückgeführt werden kann. (Siehe 2.2.35 und 2.2.36^{N33)}.)

Wenn höhere Genauigkeit verlangt ist, ist folgende Korrekturgleichung anzuwenden:

$$t_a = \sqrt{(t_i)^2 - (t_s)^2}$$

Dabei ist

- t_i die gemessene Anstiegs- oder Abfallzeit;
- t_s die Anstiegs- oder Abfallzeit des Oszilloskops;
- t_a die tatsächliche Zeit.

^{N32)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 22“.

^{N33)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „(siehe 3.2.33 und 3.2.34)“.

5.5.16.2 Impulsdauer

Die Impulsdauer des Oszillators muss mit einem Oszilloskop zusammen mit den Anstiegs- oder Abklingzeiten gemessen werden. Wenn nicht anders angegeben, müssen die Messungen in der Mitte zwischen U_{OL} max. und U_{OH} min. oder bei dem 50%-Pegel durchgeführt werden. (Siehe 3.2.33^{N34}.)

5.5.16.3 Symmetrie

Wenn angegeben, muss die Symmetrie der Wellenform des Oszillators zusammen mit den Anstiegs- oder Abklingzeiten gemessen werden. Wenn nicht anders angegeben, müssen die Messungen in der Mitte zwischen U_{OL} max. und U_{OH} min. oder bei dem 50%-Pegel durchgeführt werden. (Siehe 3.2.38^{N35}.)

5.5.17 Oszillator-Ausgangsleistung (sinusförmig)

Das Prüfverfahren muss wie für die Ausgangsspannung nach 5.5.13 durchgeführt werden. Die Ausgangsleistung muss aus dem Effektivwert der Ausgangsspannung und der Lastimpedanz berechnet oder alternativ direkt mit einem geeigneten Leistungsmessgerät abgelesen werden. Im Falle nahezu sinusförmiger Wellenformen muss die Messung der Ausgangsleistung immer mit einem direkt anzeigenden Leistungsmessgerät oder einem Echt-Effektivwert-Spannungsmessgerät durchgeführt werden.

5.5.18 Oszillator-Ausgangsimpedanz (sinusförmig)

Der Oszillator ist nach Bild 23 anzuschließen, mit der Ausnahme, dass die Last ein Präzisionswiderstand R_L ($\pm 1\%$, reaktanzfrei) ist, der der angegebenen Last minus 10 % entspricht. Der Oszillator muss eingeschaltet werden und muss sich in der angegebenen Zeit stabilisieren können, nach der die Ausgangsspannung U_L zu messen ist. Anschließend muss die Last durch einen Präzisionswiderstand R_H ($\pm 1\%$, reaktanzfrei) ersetzt werden, der der angegebenen Last plus 10 % entspricht, und die Ausgangsspannung U_H wird gemessen. Die Ausgangsimpedanz muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$Z = \frac{R_L R_H (U_H - U_L)}{U_L R_H - U_H R_L}$$

ANMERKUNG Dieses Verfahren ist nur dann brauchbar, wenn die Ausgangsimpedanz des Oszillators ein ohmscher Widerstand ist; die Messung ist ungenau, wenn der Ausgangswiderstand beträchtlich kleiner als die Lastimpedanz ist.

5.5.19 Rückentkopplung

Der Oszillator ist nach der Prüfschaltung in Bild 28^{N36} anzuschließen. Die Klemmen, zwischen denen die Entkopplung zu messen ist, sind kurzzuschließen. Der Pegel und die Frequenz des Übersprechsignals sind am Signalgenerator, so wie festgelegt, einzustellen. Mit einem Spektrumanalysator (oder selektivem Spannungsmessgerät) ist der Ausgangspegel dieses Signals an der Klemme zu messen, an der das Signal nicht anliegt (oder an der festgelegten Klemme bei Oszillatoren mit mehreren Klemmen). Der Kurzschluss muss dann entfernt und der Ausgangspegel nochmals gemessen werden.

Das Verhältnis der beiden Signale aus der Messung mit und ohne Kurzschluss (üblicherweise in dB ausgedrückt) ist die Entkopplung zwischen den entsprechenden Klemmen bei dieser Frequenz. Das Verhältnis muss der Angabe in der Bauartspezifikation entsprechen.

Bei Durchführung dieser Prüfung sind folgende Vorsichtsmaßnahmen zu beachten:

^{N34} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „(siehe 3.2.32)“.

^{N35} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „(siehe 3.2.36)“.

^{N36} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 26“.

- die am Oszillator anliegenden Lasten sind eine Kombination aus der Ausgangsimpedanz des Signalgenerators, der Eingangsimpedanz des Spektrumanalysators (oder selektiven Spannungsmessgeräts) und irgendwelchen anderen von außen angelegten Lasten;
- am Spektrumanalysator (oder selektiven Spannungsmessgerät) ist Überlast zu vermeiden, weil dies zur Signalbegrenzung und zu einer offensichtlichen Verringerung der gemessenen Entkopplung führt;
- wenn die Entkopplung bei einer Frequenz, die eine Oberwelle des Oszillators ist, gemessen werden soll, wird ein ungünstiger Messwert für die Entkopplung erhalten. Ein brauchbares Ergebnis kann dennoch erhalten werden, wenn der Pegel der Oberwelle beträchtlich niedriger als die zu messende Entkopplung ist. Wenn der harmonische Gehalt des Ausgangssignals groß ist, ist es notwendig, den Oszillator abzuschalten (das bedeutet, das Bauelement zur Beendigung der Schwingungen zu bringen, während die Stromversorgung angeschaltet bleibt), bevor eine Messung erfolgt.

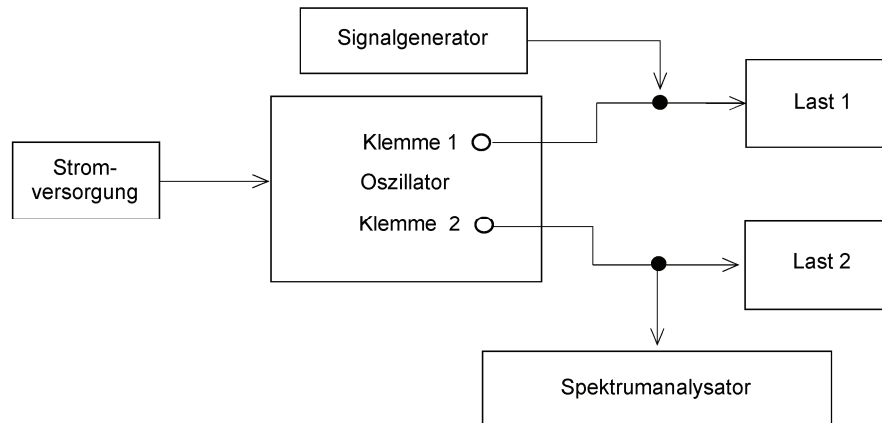


Bild 26 – Prüfschaltung zur Bestimmung der Entkopplung zwischen den Ausgangsklemmen

5.5.20 Ausgangsunterdrückung bei torgesteuerten Oszillatoren

Der Oszillator muss an die Prüfschaltung nach Bild 29^{N37)} angeschlossen werden und die Prüfung muss wie folgt durchgeführt werden:

Das angegebene Signal, das zur „ON“-Steuerung des Ausgangs des Oszillators benötigt wird, muss angelegt werden und der Pegel des Ausgangs muss mit dem Spektrumanalysator bei der Grundfrequenz und bei der (den) harmonischen Frequenz(en), wie festgelegt, gemessen werden. Das angegebene Signal, das zur „OFF“-Steuerung des Ausgangs des Oszillators benötigt wird, muss angelegt werden und der (die) neue(n) Ausgangspegel muss (müssen) gemessen werden.

Das Verhältnis der Ausgangspegel „ON“ und „OFF“, üblicherweise in dB ausgedrückt, ist die Ausgangsunterdrückung bei einer bestimmten Frequenz und muss den Angaben in der Bauartspezifikation entsprechen.

Am Spektrumanalysator ist Überlast zu vermeiden, weil dies zur Signalbegrenzung und zu einer offensichtlichen Verringerung der Ausgangsunterdrückung führt.

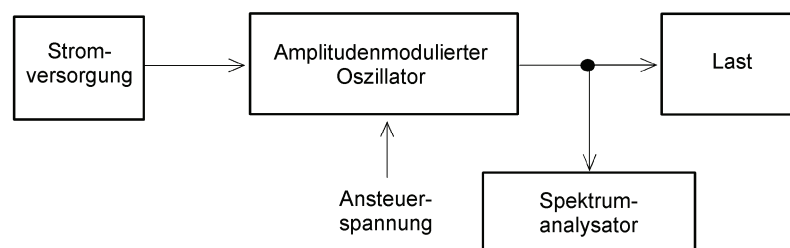


Bild 27 – Prüfschaltung zur Messung der Unterdrückung bei torgesteuerten Oszillatoren

^{N37)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 27“.

5.5.21 Tristate-Ausgangsverhalten

5.5.21.1 Ausgangsstrom im Tristate-Disable-Modus

Diese Prüfung dient zur Bestimmung des Ausgangskurzschlussstromes, der von einem Oszillator mit Tristate-Ausgang gezogen wird, wenn er zugesteuert (Disable-Modus) ist.

Der Oszillator ist nach Bild 30^{N38)} anzuschließen. Der Enable/Disable-Anschluss wird über Schalter 1 mit dem entsprechenden Gleichspannungspegel verbunden, d. h. mit der festgelegten Versorgungsspannung für Oszillatoren, die bei niedrigem Pegel aufsteuern, oder Masse für Oszillatoren, die bei hohem Pegel aufsteuern. Dann ist die Stromversorgung des Oszillators einzuschalten.

Die Steuerspannungspegel für Enable/Disable müssen den Angaben der Bauartspezifikation entsprechen. Dennoch muss darauf geachtet werden, dass die an den Enable/Disable-Steuereingang und den Ausgang angelegten Spannungen nicht die Spannung, die an den Oszillator gelegt wird, überschreiten.

Der Oszillatorausgang ist mit Schalter 2 wechselweise an Versorgungsspannung und an Masse zu legen und der Ausgangsstrom in beiden Fällen zu messen.

Der nach den Angaben in der Bauartspezifikation höchste zulässige Ausgangsstrom im Disable-Modus darf nicht überschritten werden.

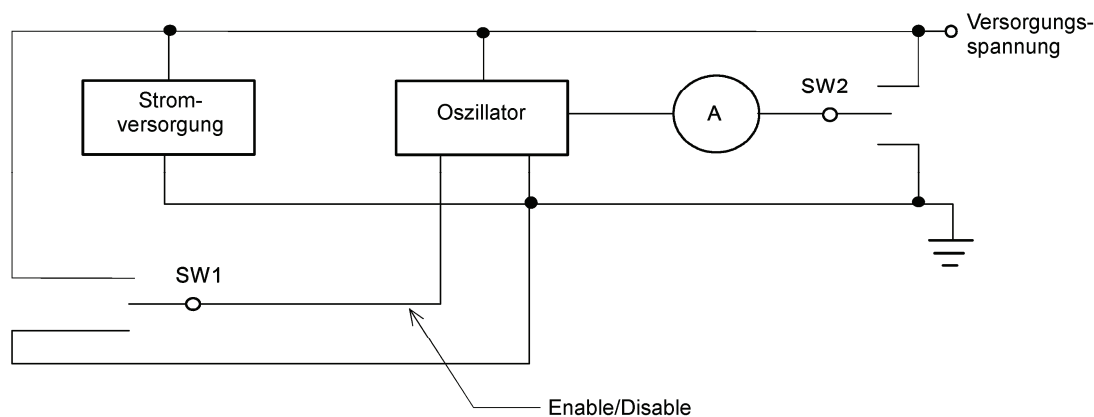


Bild 28 – Prüfschaltung für den Ausgangsstrom im Tristate-Disable-Modus

5.5.21.2 Ausgangsschaltzeit

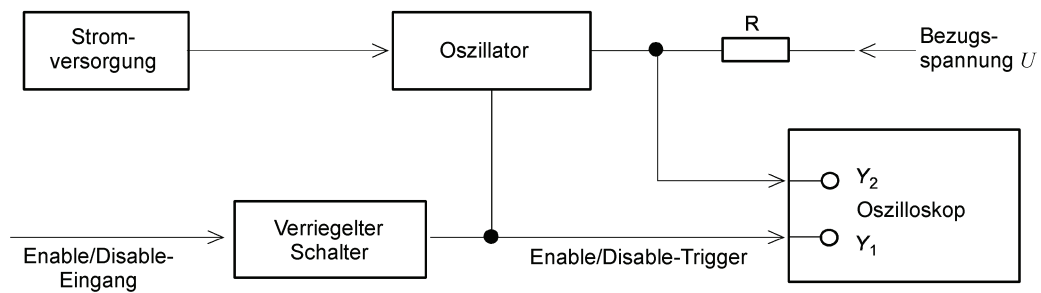
Um die Zeit zu messen, die die Oszillatorausgangsstufe benötigt, um zwischen Enable- und Disable-Modus umzuschalten, ist der Oszillator nach Bild 31^{N39)} anzuschließen. Der Wert des Widerstandes R ist so zu wählen, dass die Zeitkonstante aus R und der Eingangskapazität des Oszilloskops die Messgenauigkeit nicht beeinflusst.

Die angegebenen Versorgungs-, Bezugs- sowie Enable- und Disable-Steuerspannungen sind an den Oszillator anzuschließen, wobei darauf zu achten ist, dass die Enable- und Disable-Steuerspannungen nicht den Wert der Versorgungsspannung überschreiten.

Die Triggerung des Oszilloskops ist auf den Übergang vom Disable- auf den Enable-Modus oder umgekehrt – je nachdem, was geeignet ist – einzustellen und der zugehörige Übergang der Oszillatorspannung ist zusammen mit dem Übergang der Triggerspannung anzuzeigen; die Schaltzeit zwischen dem Übergang der Triggerspannung und dem Zeitpunkt, zu dem sich die Oszillator-Ausgangsspannung auf die Bezugsspannung stabilisiert, muss gemessen werden.

^{N38)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 28“.

^{N39)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 29“.



Dabei ist:

$$U = \frac{(U_{OH} - U_{OL})}{2} + U_{OL} \text{ die Bezugsspannung;}$$

U_{OL} die Ausgangsspannung des Oszillators bei niedrigem Pegel;

U_{OH} die Ausgangsspannung des Oszillators bei hohem Pegel.

Bild 29 – Prüfschaltung für die Ausgangsschaltzeit im Tristate-Modus

5.5.22 Amplitudenmodulationsverhalten

5.5.22.1 Amplitudenmodulationsgrad

Prüfung A

Diese Prüfung ist bei einem Modulationsgrad größer als 0,1 und kleiner als 1,0 anzuwenden. Der Oszillator ist nach Bild 32^{N40)} an die angegebene Last anzuschließen und das angegebene Modulationssignal ist anzulegen. Die Werte von x und y der Wellenform (siehe Bild 33^{N41)}) sind zu messen und der Modulationsgrad m ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$m = \frac{y - x}{y + x}$$

Der erreichte Modulationsgrad muss dem in der Bauartspezifikation angegebenen Wert entsprechen und der prozentuale Modulationsgrad muss 100 m % sein. Dieses Prüfverfahren darf nicht angewendet werden, wenn m kleiner als 0,1 ist, weil hier die Messgenauigkeit naturgemäß zu gering ist.

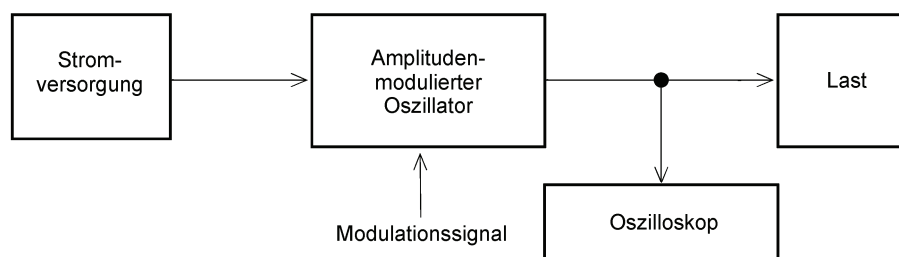


Bild 30 – Prüfschaltung zur Messung des Modulationsgrades

^{N40)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 30“.

^{N41)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 31“.

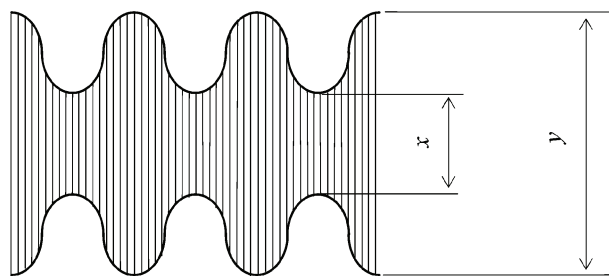


Bild 31 – Wellenform der Modulation zur Berechnung des Modulationsgrades

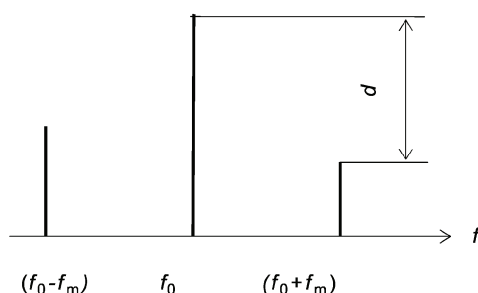
ANMERKUNG 1 Die Genauigkeit dieses Verfahrens wird nicht durch Frequenzmodulation beeinflusst.

ANMERKUNG 2 Dieses Verfahren gilt für nicht-sinusförmige Kurvenformen.

Prüfung B

Dieses Verfahren ist bei Modulationsgraden unter 0,1 anzuwenden.

Der Oszillator ist nach Bild 32^{N42)} an die angegebene Last anzuschließen, außer dass das Oszilloskop durch einen Spektrumanalysator mit ausreichend schmaler Zwischenfrequenzbandbreite ersetzt wird, um eine geeignet große Unterscheidung zwischen Oszillator-Ausgangssignal und seinen Seitenbandsignalen zu erhalten. Mit dem angegebenen Modulationssignal, das an den Oszillator angelegt wird, ist der Spektrumanalysator so einzustellen, dass eine Darstellung des Frequenzspektrums im Bereich der Ausgangsfrequenz des Oszillators erhalten wird, wobei ein logarithmischer Amplitudenmaßstab zu benutzen ist (siehe Bild 34^{N43)}).



- f_0 Ausgangsfrequenz des Oszillators;
- f_m Frequenz des Modulationssignals;
- $f_0 - f_m$ Frequenz des unteren Seitenbandsignals;
- $f_0 + f_m$ Frequenz des oberen Seitenbandsignals;
- d Differenz zwischen der Amplitude der Oszillator-Ausgangsfrequenz (f_0) und der Amplitude der beiden Seitenbandsignale in dB.

Bild 32 – Logarithmischer Amplitudenmaßstab des Signals

Der Modulationsgrad (m) ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$m = 10^{\frac{6-d}{20}} \quad (m < 0,1)$$

Dabei ist

^{N42)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 30“.

^{N43)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 32“.

d die Differenz zwischen der Amplitude der Oszillator-Ausgangsfrequenz (f_0) und der Amplitude der beiden Seitenbandsignale in dB.

Der Modulationsgrad muss den Angaben in der Bauartspezifikation entsprechen.

Es muss darauf geachtet werden, dass Überlastung des Spektrumanalysators vermieden wird, weil dadurch eine Signalbegrenzung verursacht wird. Dies kann überprüft werden, indem ein Dämpfungsglied zwischen Oszillator und Spektrumanalysator eingefügt wird und Messungen bei verschiedenen Pegeln durchgeführt werden. Das Dämpfungsglied sollte den erhaltenen Wert von d nicht beeinflussen.

ANMERKUNG 1 Dieses Verfahren kann nicht angewendet werden, wenn signifikante resultierende Frequenzmodulation auftritt (siehe 5.5.22.7), was meistens bewirkt, dass die beiden Seitenbandsignale unterschiedliche Amplituden haben. Dieser Effekt der resultierenden Frequenzmodulation in der Darstellung auf dem Spektrumanalysator kann durch Wahl einer hohen Modulationsfrequenz vermindert werden (Frequenzmodulationsgrad $\beta \propto \frac{1}{f_m}$).

ANMERKUNG 2 Dieses Verfahren kann nicht angewendet werden, wenn die Wellenform des Modulationssignals nicht-sinusförmig ist, sowohl wegen des Gehaltes an harmonischen Oberwellen als auch wegen amplitudenmodulierter nichtlinearer Verzerrungen (siehe 5.5.22.3).

5.5.22.2 Amplitudenmodulationsempfindlichkeit

Der Oszillator ist an die angegebene Last nach Bild 35^{N44)} anzuschließen. Der Signalgenerator, der ein Modulationssignal mit der angegebenen Frequenz liefert, ist an den externen Modulationsanschluss des Oszillators anzuschließen. Seine Ausgangsspannung ist auf die angegebene Amplitude einzustellen, die mit einem Oszilloskop oder einem HF-Spannungsmessgerät gemessen wird. Der Modulationsgrad des Ausgangssignals ist wie in 5.5.22.1 angegeben zu messen (wenn zutreffend).

Im Allgemeinen wird die Amplitudenmodulationsempfindlichkeit als prozentuale Modulations-Spitzen-Spitzen-Spannung des modulierenden Signals angesehen und muss den Angaben in der Bauartspezifikation entsprechen.

ANMERKUNG Dieses Verfahren darf angewendet werden, um die Unempfindlichkeit eines Oszillators gegen Netzbrummen usw. durch Überlagerung der Versorgungsspannung mit dem Modulationssignal zu bestimmen.

5.5.22.3 Amplitudenmodulationsverzerrung (nichtlinear)

Der Oszillator ist nach Bild 35^{N44)} an die angegebene Last anzuschließen, außer dass das Oszilloskop durch einen Spektrumanalysator mit ausreichend schmaler Zwischenfrequenzbandbreite ersetzt wird, um eine geeignet große Unterscheidung zwischen Oszillator-Ausgangssignal und seinen Seitenbandsignalen zu erhalten.

Ein sinusförmiges Modulationssignal der angegebenen Frequenz und eines Pegels, der beim Oszillator den festgelegten Modulationsgrad bewirkt, ist an den externen Modulationsanschluss des Oszillators anzuschließen. Der Spektrumanalysator ist so einzustellen, dass er das Frequenzspektrum im Bereich der Oszillator-Ausgangsfrequenz zeigt (siehe Bild 36^{N45)}).

Die zweite, dritte usw. harmonische Verzerrung wird üblicherweise als d_2 , d_3 usw. in dB geschrieben, kann aber auch als prozentuale Verzerrung $\frac{100}{10^{\frac{d}{20}}}$ für jede einzelne harmonische Oberwelle angegeben werden.

Die Verzerrung muss in den in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzen liegen.

^{N44)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 33“.

^{N45)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 34“.

Bei der Durchführung der Prüfung müssen folgende Vorsichtsmaßnahmen beachtet werden:

- Es muss darauf geachtet werden, dass Überlastung des Spektrumanalysators vermieden wird, weil dadurch die Modulationsverzerrung ansteigt. Dies kann überprüft werden, indem ein Dämpfungsglied zwischen Oszillator und Spektrumanalysator eingefügt wird und Messungen bei verschiedenen Pegeln durchgeführt werden.

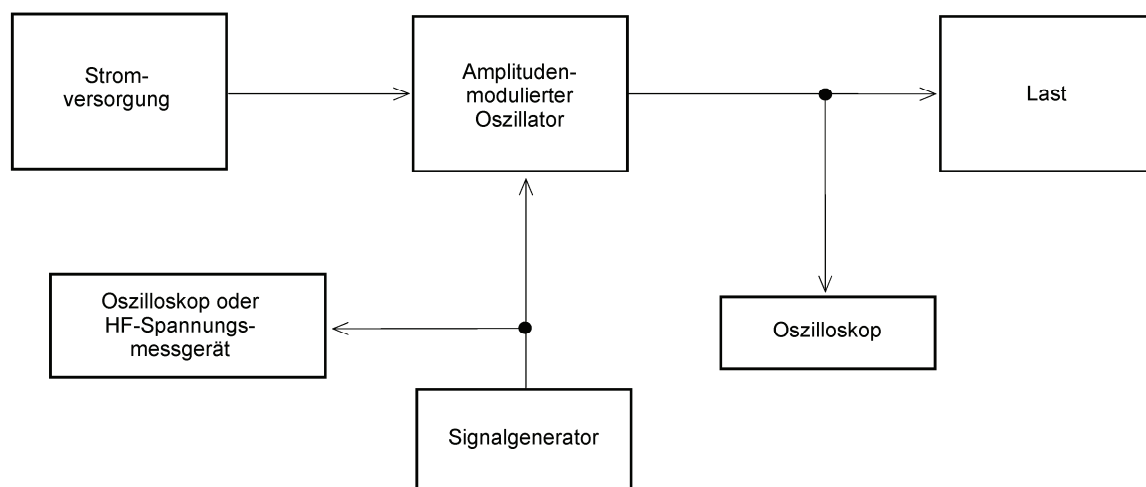
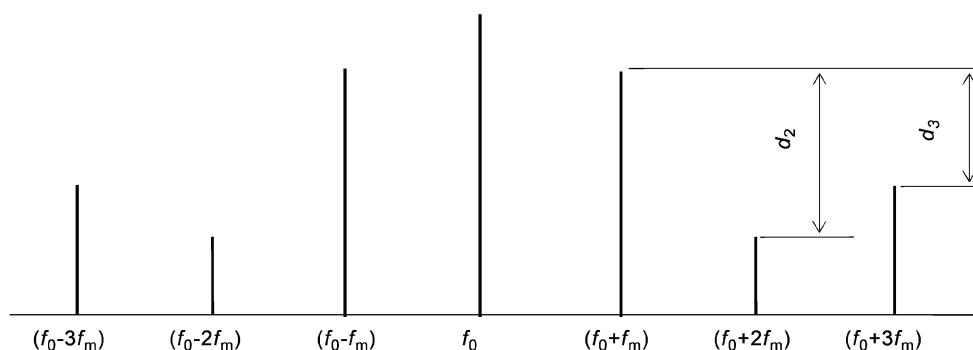


Bild 33 – Prüfschaltung zur Bestimmung der Amplitudenmodulationsempfindlichkeit



Dabei ist

- f_0 die Oszillator-Ausgangsfrequenz;
- f_m die Modulationsfrequenz;
- $(f_0 - f_m)$ die untere Seitenbandlinie infolge des Modulationssignals;
- $(f_0 - 2f_m)$ die untere Seitenbandlinie infolge zweiter harmonischer Oberwelle des Modulationssignals;
- $(f_0 - 3f_m)$ die untere Seitenbandlinie infolge dritter harmonischer Oberwelle des Modulationssignals.

Bild 34 – Frequenzspektrum bei Amplitudenmodulationsverzerrung

Das Dämpfungsglied sollte nicht die Messung der Modulationsverzerrung beeinflussen, d. h., die Werte von d_2 , d_3 usw. Wenn das Modulationssignal einen hohen Gehalt an harmonischen Oberwellen hat, müssen die gewonnenen Messergebnisse korrigiert werden oder es muss eine Filterung des Modulationssignals erfolgen, um den Gehalt an harmonischen Oberwellen zu reduzieren.

ANMERKUNG Die gesamte Modulationsverzerrung kann mit einem geeigneten Verzerrungsanalysator am Ausgang des Oszillators gemessen werden. Dieses Verfahren bestimmt den gesamten Seitenbandinhalt eines amplitudenmodulierten Signals. Das Ergebnis kann aus Messungen mit einem Spektrumanalysator durch Summation der Seitenbandsignale erhalten werden.

5.5.22.4 Frequenzgang der Amplitudenmodulation

Das Prüfverfahren nach 5.5.22.2 ist mit einem sinusförmigen Modulationssignal anzuwenden. Die Amplitudenmodulationsempfindlichkeit ist bei einer festgelegten Bezugsfrequenz zu messen. Dann sind Messungen bei den anderen festgelegten Frequenzen durchzuführen, die die Änderung der Modulationsempfindlichkeit ergeben, üblicherweise in dB angegeben. Sie muss in den in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzen liegen.

$$\text{Gesamte Verzerrung} = \frac{100}{\sqrt{\frac{d_2}{10^{10}} + \frac{d_3}{10^{10}} + \dots}}$$

5.5.22.5 Pulsamplitudenmodulation

Der Oszillator ist nach Bild 37^{N46)} an die angegebene Last anzuschließen.

An den Modulationseingang des Oszillators ist ein Pulsgenerator anzuschließen, welcher ein Modulationssignal einer festgelegten Wellenform und Wiederholfrequenz liefert, die nicht harmonisch zur Oszillatorfrequenz sein darf.

Das Signal und die Ausgangskurvenform des Oszillators müssen zusammen auf einem Oszilloskop dargestellt werden, wobei die Spitze-Spitze-Amplitude der Ausgangskurvenform so einzustellen ist, dass sie zweimal so groß ist wie die des Modulationssignals, wie in Bild 38^{N47)} dargestellt ist.

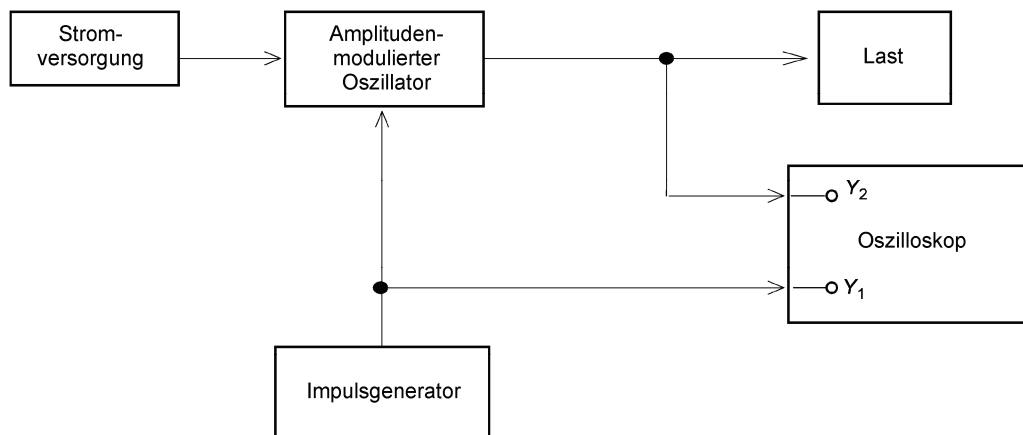


Bild 35 – Prüfschaltung zur Bestimmung der Pulsamplitudenmodulation

^{N46)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 35“.

^{N47)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 36“.

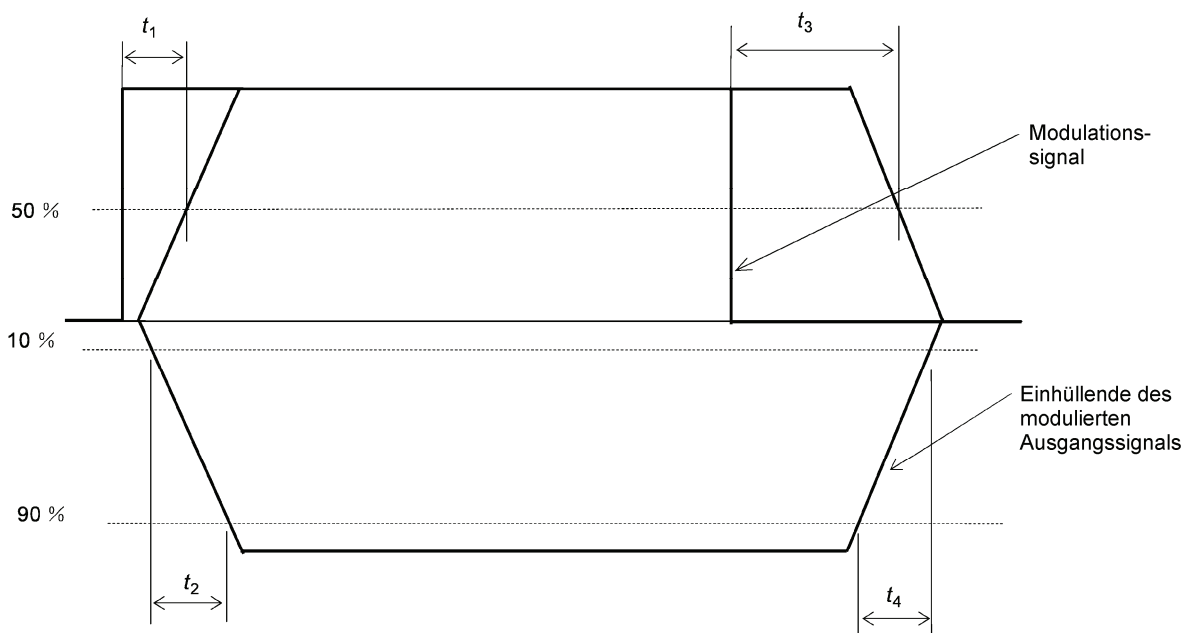


Bild 36 – Pulsmodulationsverhalten

Die folgenden Kennwerte sind zu bestimmen; sie müssen den in der Bauartspezifikation angegebenen Werten entsprechen.

- t_1 ist die Einschwingzeit, d. h. die Zeitspanne zwischen dem 50-%-Wert des Modulationssignals und dem 50-%-Wert der Ausgangskurvenform an der ansteigenden Flanke;
- t_2 ist die Anstiegszeit, d. h. die Zeitspanne zwischen dem 10-%- und dem 90-%-Wert an der ansteigenden Flanke der Ausgangskurvenform (unter der Annahme, dass die Anstiegszeit des Modulationssignals vernachlässigbar ist);
- t_3 ist die Ausschaltzeit, d. h. die Zeitspanne zwischen dem 50-%-Wert des Modulationssignals und dem 50-%-Wert der Ausgangskurvenform an der abfallenden Flanke;
- t_4 ist die Abfallzeit, d. h. die Zeitspanne zwischen dem 90-%- und dem 10-%-Wert an der abfallenden Flanke der Ausgangskurvenform (unter der Annahme, dass die Abfallzeit des Modulationssignals vernachlässigbar ist).

5.5.22.6 Amplitudenmodulations-Eingangsimpedanz

Ein Signalgenerator, der das Modulationssignal mit der angegebenen Frequenz liefert, ist über einen geschirmten Transformator an den externen Modulationseingang des Oszillators und an einen Widerstandssatz anzuschließen, wie in Bild 39^{N48)} dargestellt. Der Widerstandssatz muss bei der angegebenen Messfrequenz reaktanzfrei sein.

Ein Oszilloskop (oder ein geeignetes Wechselspannungsmessgerät) muss so angeschlossen werden, dass entweder die Spannung über dem Widerstandssatz (U_1) oder die Eingangsspannung des Modulationssignals (U_2) gemessen werden kann.

Die Spannung des Signalgenerators ist so einzustellen, dass sich der Spannungspegel des Modulationssignals am Modulationseingang des Oszillators auf dem angegebenen Wert befindet.

^{N48)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 37“.

Die Modulations-Eingangsimpedanz errechnet sich aus:

$$Z = \frac{U_2}{U_1} R$$

Sie muss dem in der Bauartspezifikation angegebenen Wert entsprechen.

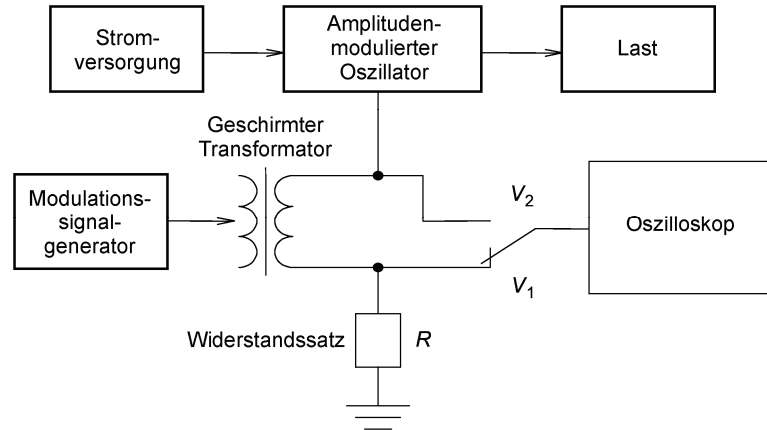


Bild 37 – Prüfschaltung zur Bestimmung der Modulations-Eingangsimpedanz

5.5.22.7 Störfrequenzmodulation auf einem amplitudenmodulierten Signal

Die Amplitudenmodulation ist auf den angegebenen Modulationsgrad einzustellen, wie in 5.5.22.1 beschrieben. Die resultierende Frequenzmodulationsabweichung ist nach 5.5.23.1 zu messen. Die Stärke der Abweichung der Störfrequenzmodulation auf dem amplitudenmodulierten Signal muss innerhalb der in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzen liegen. Die begrenzende Wirkung durch den/die Frequenzvervielfacher unterdrückt den größten Teil der Amplitudenmodulation des Signals. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass die restliche Amplitudenmodulation nicht die Genauigkeit des Frequenzmodulationsmessgerätes beeinflusst.

5.5.23 Frequenzmodulationsverhalten

5.5.23.1 Frequenzmodulationsabweichung

Prüfung A

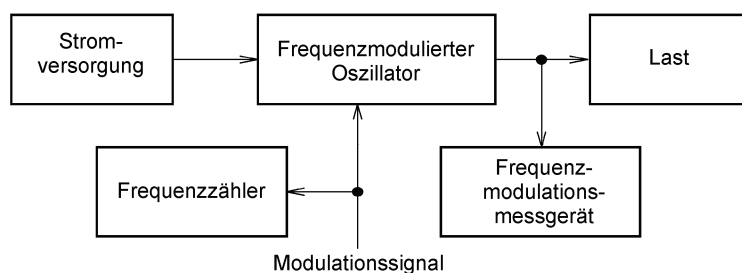
Die Prüfung ist bei einer Spitzenfrequenzabweichung größer als 100 Hz anzuwenden.

Der Oszillator ist nach Bild 40^{N49)} an die angegebene Last anzuschließen und das Modulationssignal der angegebenen Frequenz ist an seinen Modulationseingang anzulegen.

Die Spitzenfrequenzabweichung des Ausgangssignals ist mit einem Frequenzmodulationsmessgerät (oder Abweichungsmessgerät) zu messen und muss innerhalb der in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzen liegen.

Beim Messen von Signalen sehr hoher Frequenz und kleiner Spitzenfrequenzabweichung kann es erforderlich sein, einen Überlagerungsozillator zu benutzen, der mit einer Quelle mit einem niedrigen Stör-FM-Gehalt (z. B. einem MEMS-Oszillator) phasensynchronisiert ist, um seine FM-Rausch-Abweichung zu verringern.

^{N49)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 38“.

**Bild 38 – Prüfschaltung zur Messung von Frequenzmodulationsabweichung**

ANMERKUNG Frequenzmodulationsgrad $\beta = \frac{\Delta f}{f_m}$

Dabei ist:

Δf die tatsächliche Spitzenfrequenzabweichung;

f_m die Frequenz des Modulationssignals.

Prüfung B

Die Prüfung ist bei einer Spitzenfrequenzabweichung kleiner als 100 Hz anzuwenden.

Der Oszillator ist nach Bild 40^{N50)} an die angegebene Last anzuschließen und zusätzlich ist vor das Frequenzmodulationsmessgerät ein Frequenzvervielfacher einzufügen (siehe Anmerkung 2).

Ein Modulationssignal mit angegebener Frequenz ist an den Modulationseingang des Oszillators anzulegen und die Spitzenfrequenz des Modulationsausgangssignals hinter dem Frequenzvervielfacher mit einem Frequenzmodulationsmessgerät (oder Abweichungsmessgerät) zu messen.

Damit gilt:

$$\Delta f = \frac{\Delta f_{\text{mult}}}{M}$$

Dabei ist:

Δf die tatsächliche Spitzenfrequenzabweichung;

Δf_{mult} die gemessene Spitzenabweichung;

M der Multiplikationsfaktor.

Der gemessene Wert muss innerhalb der in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzen liegen.

Bei Anwendung dieses Prüfverfahrens sind folgende Vorsichtsmaßnahmen zu beachten:

- Beim Messen von Signalen sehr hoher Frequenz und kleiner Frequenzabweichung kann es erforderlich sein, einen Überlagerungsozillator zu benutzen, der mit einer Quelle mit einem niedrigen Stör-FM-Gehalt (z. B. einem MEMS-Oszillator) phasensynchronisiert ist, um seine FM-Rausch-Abweichung zu verringern.
- Die meisten Oszillatoren sind in einem bestimmten Grad empfindlich für Netzbrummen. Große Sorgfalt ist beim Messen von Signalen mit kleinem Modulationsgrad erforderlich, um sicherzustellen, dass die Versorgungsspannungsschwankungen nicht die Messung der Spitzenfrequenzabweichung beeinflussen.

ANMERKUNG 1 Frequenzmodulationsgrad $\beta = \frac{\Delta f}{f_m}$

^{N50)} Nationale Fußnote: Hier sollte es heißen „Bild 38“.