

DIN EN 60122-1



ICS 31.140

Ersatz für
DIN EN 60122-1:2003-06
Siehe Anwendungsbeginn

**Schwingquarze mit bewerteter Qualität –
Teil 1: Fachgrundspezifikation
(IEC 60122-1:2002 + A1:2017);
Deutsche Fassung EN 60122-1:2002 + A1:2018**

Quartz crystal units of assessed quality –
Part 1: Generic specification
(IEC 60122-1:2002 + A1:2017);
German version EN 60122-1:2002 + A1:2018

Résonateurs à quartz sous assurance de la qualité –
Partie 1: Spécification générique
(IEC 60122-1:2002 + A1:2017);
Version allemande EN 60122-1:2002 + A1:2018

Gesamtumfang 47 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2002-10-01 angenommene Europäische Norm und die am 2018-01-12 angenommene Änderung A1 als DIN-Norm ist 2018-08-01.

Für DIN EN 60122-1:2003-06 besteht eine Übergangsfrist bis 2021-01-12.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60122-1/A1:2016-08.

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

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 49 „Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten 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.

Die Änderung A1 wurde eingearbeitet und durch einen senkrechten Strich am linken Seitenrand gekennzeichnet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60122-1:2003-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normative Verweisungen ergänzt;
- b) Unterabschnitt 4.9 „Langzeitprüfungen“ neu erstellt;
- c) Anhang A „Verfahren zur Bestimmung der Anpassungsparameter für die Frequenzalterung“ wurde hinzugefügt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 168000: 1993-10
DIN EN 168000/A2: 1998-12
DIN EN 60122-1: 2003-06

**Schwingquarze mit bewerteter Qualität –
Teil 1: Fachgrundspezifikation**
(IEC 60122-1:2002 + A1:2017)

Quartz crystal units of assessed quality –
Part 1: Generic specification
(IEC 60122-1:2002 + A1:2017)

Résonateurs à quartz sous assurance de la
qualité –
Partie 1: Spécification générique
(IEC 60122-1:2002 + A1:2017)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2002-10-01 und die A1 am 2018-01-12 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

© 2018 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60122-1:2002 + A1:2018 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 49/551/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC 60122-1, ausgearbeitet von dem IEC TC 49 „Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2002-10-01 als EN 60122-1 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 168000:1993 + A2:1998.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2003-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2005-10-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.
In dieser Norm ist Anhang ZA normativ
Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60122-1:2002 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60068-2-58	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-2-58:1999 (nicht modifiziert).
IEC 60068-2-64	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-2-64:1994 (modifiziert).

Europäisches Vorwort zu A1

Der Text des Dokuments 49/1254/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 60122-1:2002/A1, erarbeitet vom IEC/TC 49 „Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 60122-1:2002/A1:2018 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2018-10-12
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2021-01-12

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60122-1:2002/A1:2017 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Europäisches Vorwort zu A1	3
1 Allgemeines	7
1.1 Anwendungsbereich	7
1.2 Normative Verweisungen	7
1.3 Rangfolge	8
2 Begriffe und allgemeine Anforderungen.....	9
2.1 Allgemeines	9
2.2 Begriffe und Klassifizierung von Phänomenen	9
2.3 Bevorzugte Bemessungsdaten und Eigenschaften	21
2.3.1 Arbeitstemperaturbereiche in °C bei Umgebungsbedingungen.....	21
2.3.2 Erhöhte Arbeitstemperaturbereiche in °C bei Thermostatbetrieb	22
2.3.3 Frequenzabweichung (in 1×10^{-6}).....	22
2.3.4 Schaltungsbedingungen	22
2.3.5 Belastung.....	22
2.3.6 Belastungsabhängigkeit	23
2.3.7 Klimakategorie.....	23
2.3.8 Schärfegrad beim Dauerschocken	23
2.3.9 Schärfegrad beim Schwingen	23
2.3.10 Schärfegrad beim Schocken	23
2.3.11 Dichtheit.....	24
2.4 Kennzeichnung.....	24
3 Qualitätsbewertungsverfahren	24
3.1 Primäre Fabrikationsstufe.....	24
3.2 Strukturell ähnliche Bauelemente.....	24
3.3 Untervergabe.....	24
3.4 Herstelleranerkennung	24
3.5 Anerkennungsverfahren	25
3.5.1 Allgemeines	25
3.5.2 Befähigungsanerkennung	25
3.5.3 Bauartanerkennung.....	25
3.6 Verfahren zur Befähigungsanerkennung.....	25
3.6.1 Allgemeines	25
3.6.2 Eignung zur Befähigungsanerkennung	25
3.6.3 Antrag auf Befähigungsanerkennung.....	26
3.6.4 Erteilung der Befähigungsanerkennung	26
3.6.5 Befähigungshandbuch.....	26
3.7 Verfahren zur Bauartanerkennung	26
3.7.1 Allgemeines	26
3.7.2 Eignung zur Bauartanerkennung.....	26

	Seite
3.7.3 Antrag für Bauartanerkennung.....	26
3.7.4 Erteilung der Bauartanerkennung	26
3.7.5 Qualitäts-Konformitätsprüfung	26
3.8 Prüfverfahren.....	26
3.9 Anforderungen zu Sortierprüfungen.....	26
3.10 Nacharbeit und Reparatur.....	27
3.10.1 Nacharbeit.....	27
3.10.2 Reparatur	27
3.11 Bestätigte Prüfberichte.....	27
3.12 Verzögerte Auslieferung.....	27
3.13 Lieferfreigabe	27
3.14 Ungeprüfte Parameter.....	27
4 Prüf- und Messverfahren.....	27
4.1 Allgemeines.....	27
4.2 Wahlfreie Prüfverfahren	28
4.3 Messgenauigkeit	28
4.4 Normprüfbedingungen	28
4.5 Sichtprüfung	28
4.5.1 Sichtprüfung A.....	28
4.5.2 Sichtprüfung B.....	28
4.5.3 Sichtprüfung C	29
4.6 Maße und Lehrenverfahren.....	29
4.6.1 Maße, Prüfung A	29
4.6.2 Maße, Prüfung B	29
4.7 Elektrische Prüfungen	29
4.7.1 Frequenz und Resonanzwiderstand	29
4.7.2 Belastungsabhängigkeit (DLD)	29
4.7.3 Frequenz und Resonanzwiderstand als Funktion der Umgebungstemperatur	29
4.7.4 Nebenresonanzen	30
4.7.5 Statische Parallelkapazität.....	30
4.7.6 Lastresonanzfrequenz und -widerstand.....	31
4.7.7 Frequenzziehbereich (f_{L1} , f_{L2}).....	31
4.7.8 Dynamische Parameter.....	31
4.7.9 Isolationswiderstand.....	31
4.8 Mechanische und Umweltprüfungen.....	31
4.8.1 Mechanische Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse (zerstörend)	31
4.8.2 Dichtheitsprüfungen (nicht zerstörend).....	32
4.8.3 Löten (Lötbarkeit und Lötwärmebeständigkeit) (zerstörend)	33
4.8.4 Rascher Temperaturwechsel, Zweibäderverfahren (nicht zerstörend).....	33
4.8.5 Rascher Temperaturwechsel mit vorgeschriebener Übergangszeit (nicht zerstörend).....	33
4.8.6 Dauerschocken (zerstörend).....	34

	Seite
4.8.7 Schwingen (zerstörend)	34
4.8.8 Schocken (zerstörend)	34
4.8.9 Freier Fall (zerstörend).....	34
4.8.10 Gleichförmige Beschleunigung (nicht zerstörend)	34
4.8.11 Trockene Wärme (nicht zerstörend).....	35
4.8.12 Feuchte Wärme, zyklisch (zerstörend).....	35
4.8.13 Kälte (nicht zerstörend)	35
4.8.14 Reihenfolge klimatischer Prüfungen (zerstörend)	35
4.8.15 Feuchte Wärme, konstant (zerstörend).....	35
4.8.16 Eintauchen in Reinigungsmittel (nicht zerstörend).....	35
4.9 Langzeitprüfungen.....	36
4.9.1 Standardalterungsprüfung im Rahmen der Produktionsüberprüfung	36
4.9.2 Beschleunigte Alterung	36
4.9.3 Referenzalterungsprüfung.....	37
4.9.4 Erweiterte Alterung	39
Anhang A (normativ) Verfahren zur Bestimmung der Anpassungsparameter für die Frequenzalterung	40
Literaturhinweise.....	42
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	43
 Bilder	
Bild 1 – Schaltzeichen und Ersatzschaltung eines Schwingquarzes in der Nähe einer Resonanz	10
Bild 2 – Impedanz $ Z $, Widerstand R_e , Reaktanz X_e , äquivalenter Serienblindwiderstand X_1 eines piezoelektrischen Resonators als Funktion der Frequenz	13
Bild 3 – Impedanz- und Admittanzdiagramm eines piezoelektrischen Resonators	14
Bild 4 – Resonanz-, Antiresonanz- und Lastresonanzfrequenz	15
Bild 5 – Ersatzschaltung eines piezoelektrischen Resonators mit der Reihenlastkapazität C_L	21
Bild 6 – Biegewerkzeug für Anschlussstifte	32
 Tabellen	
Tabelle 1 – In der Ersatzschaltung eines Schwingquarzes verwendete Schaltzeichen.....	18
Tabelle 2 – Lösungen für verschiedene charakteristische Frequenzen	20
Tabelle 3 – Mindestwerte für das erwartete Q^2/r -Verhältnis bei verschiedenen Arten piezoelektrischer Resonatoren	20
Tabelle 4 – Ungefähre Beziehung zwischen den charakteristischen Frequenzen und der Serienresonanzfrequenz f_s eines piezoelektrischen Resonators.....	20
Tabelle 5 – Raffungsfaktoren für $E_a = 0,38$ eV	37
Tabelle A.1 – Verfahren zur Bestimmung der Frequenzalterungsparameter.....	41

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60122 legt die Prüfverfahren und allgemeinen Anforderungen an Schwingquarze mit bewerteter Qualität durch die Verfahren der Befähigungsanerkennung oder der Bauartanerkennung fest.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60027 (alle Teile), *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*

IEC 60068-2-1:1990, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2:1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-3:1969, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ca: Damp heat, steady state*

IEC 60068-2-6:1995, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-7:1983, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ga and guidance: Acceleration, steady state*

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

IEC 60068-2-14:1984, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*

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

IEC 60068-2-20:1979, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test T: Soldering*

IEC 60068-2-21:1983, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-27:1987, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-29:1987, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eb and guidance: Bump*

IEC 60068-2-30:1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle)*

IEC 60068-2-32:1975, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ed: Free fall (Procedure 1)*

IEC 60068-2-45:1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents*

IEC 60122-3:2001, *Quartz crystal units of assessed quality – Part 3: Standard outline and lead conditions*

IEC 60444-1:1986, *Measurement of quartz crystal unit parameters by zero phase technique in a π -network – Part 1: Basic method for the measurement of resonance frequency and resonance resistance of quartz crystal units by zero phase techniques in a π -network*

IEC 60444-2:1980, *Measurement of quartz crystal unit parameters by zero phase technique in a π -network – Part 2: Phase offset method for the measurement of motional capacitance of quartz crystal units*

IEC 60444-4:1988, *Measurement of quartz crystal unit parameters by zero phase technique in a π -network – Part 4: Method for the measurement of the load resonance frequency f_L , load resonance resistance R_L and the calculation of other derived values of quartz crystal units, up to 30 MHz*

IEC 60444-5:1995, *Measurement of quartz crystal unit parameters – Part 5: Methods for the determination of equivalent electrical parameters using automatic network analyzer techniques and error corrections*

IEC 60444-6:1995, *Measurement of quartz crystal unit parameters – Part 6: Measurement of drive level dependence (DLD)*

IEC 60617 (alle Teile), *Graphical symbols for diagrams*

IEC 61178-2:1993, *Quartz crystal units – A specification in the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Part 2: Sectional specification – Capability approval*

IEC 61178-3:1993, *Quartz crystal units – A specification in the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Part 3: Sectional specification – Qualification approval*

IEC 61760-1:2006, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)*

IEC QC 001001:2000, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Basic Rules*

IEC QC 001002-2:1998, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Rules of procedure – Part 2: Documentation*

IEC QC 001002-3:1998, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Rules of procedure – Part 3: Approval Procedures*

IEC QC 001005:2000, *Register of firms, products and services approved under the IECQ System, including ISO 9000*

ISO 1000:1992, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

1.3 Rangfolge

Wenn sich aus irgendeinem Grund 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.

2 Begriffe und allgemeine Anforderungen

2.1 Allgemeines

Einheiten, graphische Symbole, Buchstabensymbole und Begriffe sind, wo immer möglich, aus folgenden Normen zu entnehmen: IEC 60027, IEC 60050(561), IEC 60617 und ISO 1000.

2.2 Begriffe und Klassifizierung von Phänomenen

Die folgenden Abschnitte enthalten zusätzliche Begriffe und Phänomene von Schwingquarzen.

2.2.1

Quarzelement

piezoelektrisches Material, das nach angegebenem geometrischem Format, Größe und Orientierung bezüglich der kristallographischen Achsen geschnitten ist

2.2.2

Elektrode

elektrisch leitende Platte oder Schicht, die auf das Quarzelement aufgebracht ist oder sich in dessen Nähe befindet und mit deren Hilfe ein elektrisches Feld an das Element gelegt werden kann

2.2.3

Quarzresonator

eingebautes Quarzelement, das schwingfähig ist, wenn ein Wechselfeld an den Elektroden liegt

2.2.4

Innenaufbau

Anordnung zum Montieren des Quarzresonators (in einem Gehäuse)

2.2.5

Gehäuse

Gehäuse zum Schutz des Quarzresonators und des Innenaufbaus

2.2.6

Gehäusotyp

Schwingquarzgehäuse mit bestimmten Gehäusemaßen und aus bestimmtem Material mit definierter Verschlussart

2.2.7

Schwingquarz

in einem Gehäuse montierter Quarzresonator

2.2.8

Schwingquarzfassung

Bauteil, in das der Schwingquarz eingesetzt wird, um ihn festzuhalten und den elektrischen Anschluss herzustellen

2.2.9

Schwingungsform

Form der Bewegung in einem schwingenden Körper, folgend aus der Beanspruchung, die auf den Körper gegeben wird, wobei Frequenz und Randbedingungen gegeben sind. Die gebräuchlichen Schwingungsformen sind:

- Biegeschwingung
- Längsschwingung
- Flächenscherschwingung
- Dickenscherschwingung

2.2.10

Grundtonquarz

Schwingquarz, der für den Betrieb auf der Grundschiwingung einer vorgegebenen Schwingungsform ausgelegt ist

2.2.11

Obertonquarz

Schwingquarz, der für den Betrieb auf einer Oberschiwingung der vorgegebenen Schwingungsform ausgelegt ist

2.2.12

Ordnung des Obertons

Zahlen, die aufeinander folgenden Obertönen einer bestimmten Schwingungsform in ansteigender Reihenfolge ganzer Zahlen zugeordnet werden, beginnend mit dem Grundton als Eins. Für die Scher- und die Längsschiwingung ist dieser Oberton das ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz, welches näherungsweise mit der Obertonfrequenz übereinstimmt

2.2.13

Ersatzschaltung des Schwingquarzes

elektrische Schaltung, die den gleichen Scheinwiderstand wie der Schwingquarz in der Umgebung der gewünschten Serien- und Parallelresonanz hat. Sie wird dargestellt durch Induktivität, Kapazität und Widerstand in Serie, denen eine Kapazität zwischen den Enden parallelgeschaltet ist. Die Parameter des Serienzweiges von Induktivität, Kapazität und Widerstand werden mit L_1 , C_1 und R_1 bezeichnet. Dies sind die „dynamischen Parameter“ des Schwingquarzes. Die statische Parallelkapazität wird mit C_0 bezeichnet (siehe Bild 1)

ANMERKUNG 1 Die Ersatzschaltung beschreibt nicht die gesamten Eigenschaften eines Schwingquarzes.

ANMERKUNG 2 Die Werte von R_e , X_e , G_p und B_p ändern sich schnell bei der Resonanzfrequenz; dabei ist:

R_e = der äquivalente Serienresonanzwiderstand des Schwingquarzes;

X_e = der äquivalente Serienblindwiderstand des Schwingquarzes;

G_p = der äquivalente Parallelwirkleitwert des Schwingquarzes;

B_p = der äquivalente Parallelblindleitwert des Schwingquarzes.

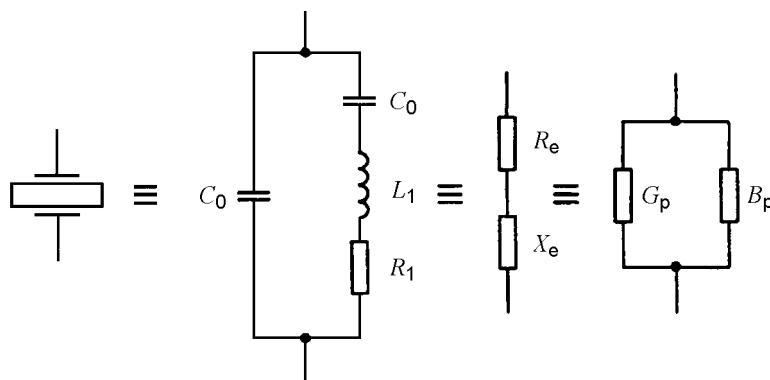


Bild 1 – Schaltzeichen und Ersatzschaltung eines Schwingquarzes in der Nähe einer Resonanz

2.2.14

dynamischer Verlustwiderstand (R_1)

Widerstand im dynamischen (Serien-)Zweig der Ersatzschaltung

2.2.15

dynamische Induktivität (L_1)

Induktivität im dynamischen (Serien-)Zweig der Ersatzschaltung

2.2.16

dynamische Kapazität (C_1)

Kapazität im dynamischen (Serien-)Zweig der Ersatzschaltung

2.2.17

statische Parallelkapazität (C_0)

statische Kapazität parallel zum dynamischen Zweig der Ersatzschaltung

2.2.18

Parameter piezoelektrischer Resonatoren

Die grundlegenden Parameter C_1 , L_1 , R_1 und C_0 legen die Ersatzschaltung nach Bild 1 fest; aus ihnen können sämtliche weiteren Parameter abgeleitet werden. Bei einer gegebenen Frequenz nähern sich die Parameter der Ersatzschaltung konstanten Werten, wenn die Amplitude der Schwingung gegen null geht. Die Amplitude, die zugelassen werden kann, bevor die Parameter merklich beeinflusst werden, unterliegt bei Resonatoren verschiedener Bauarten großen Schwankungen und kann nur experimentell bestimmt werden.

Die Gleichung für die Impedanz Z oder die Admittanz Y

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{j}{\omega C_0} \cdot \frac{\Omega - j\delta}{1 - \Omega + j\delta} \quad (1)$$

der Ersatzschaltung eines piezoelektrischen Resonators ist die Grundgleichung, die die Beziehungen der verschiedenen Parameter beschreibt:

In Gleichung (1) sind

$$\Omega = \frac{f^2 - f_s^2}{f_p^2 - f_s^2} \quad \text{und} \quad \delta = 2\pi f C_0 R_1$$

der normierte Frequenzfaktor bzw. der normierte Dämpfungsfaktor. Hinsichtlich der Festlegungen für f_p , f_s und weiteren in Gleichung (1) verwendeten Symbolen sowie für weitere wichtige Parameter siehe Tabelle 1. Die charakteristischen Frequenzen für Gleichung (1) werden in Tabelle 2 festgelegt.

Die Größe der Impedanz der Ersatzschaltung ($|Z|$), sein Wirkanteil (R_e), sein Blindanteil (X_e) und der Blindwiderstand des Zweiges aus L_1 , C_1 und R_1 sind in Bild 2 als Funktionen der Frequenz zur Bestimmung der unterschiedlichen charakteristischen Frequenzen aufgetragen. $|Z_m|$ und $|Z_n|$ bezeichnen die kleinste bzw. die größte Impedanz und R_r und R_a sind die Impedanzen bei einem Phasenwinkel von null. Diese Kurven besitzen jedoch nur qualitativen Charakter und repräsentieren keinen bestimmten piezoelektrischen Resonator.

Zur weiteren Verdeutlichung werden die Impedanz- und Admittanz-Kreise in Bild 3 angegeben. Die Kreisdarstellung von Impedanz und Admittanz eines piezoelektrischen Resonators ist jedoch nur dann gültig, wenn der Kreisdurchmesser des Admittanzdiagramms groß im Vergleich zur Veränderung von $2\pi f C_0$ im Resonanzbereich oder wenn $r \ll Q^2$ ist, was bei den meisten Resonatoren erfüllt ist. Wenn die letzteren Bedingungen nicht erfüllt sind, dann weist die Admittanz-Kurve eine Cissoidal-Charakteristik auf. Für den weiteren Teil dieser Norm wird angenommen, dass die Impedanz (oder Admittanz) des Resonators mit einem Kreisdiagramm dargestellt werden kann. Tabelle 3 enthält die Angaben für Q , r und Q^2/r für verschiedene Resonatorbauarten und weist darauf hin, dass diese Annahme für alle praktischen Fälle gültig ist.

Bei der Ableitung praktischer Gleichungen für den allgemeinen Einsatz ist es notwendig, einige Annäherungen zu vereinbaren. Der Fehler dieser Annäherungen und zusätzlich die Fehler der Messausrüstung bestimmen die Gesamtgenauigkeit der experimentell abgeleiteten Parameter.

Als eine erste Annäherung, die für viele praktische Zwecke ausreichend ist, können folgende Annahmen getroffen werden:

$$f_m = f_r = f_s \quad \text{und} \quad f_a = f_n = f_p$$

Die exakteren Beziehungen zwischen den charakteristischen Frequenzen f_m , f_r , f_a , f_p , f_n und der Serienresonanzfrequenz f_s eines Resonators, die für eine Größe von $M > 10$ und ein Kapazitätsverhältnis $r > 10$

gültig sind, werden in Tabelle 4 angegeben. Diese Beziehungen wurden unter der Annahme $M \gg 1$ abgeleitet.

Der Abstand zwischen Parallel- und Serienresonanzfrequenzen ist gegeben durch:

$$\frac{f_p^2 - f_s^2}{f_s^2} = \frac{C_1}{C_0} = \frac{1}{r} \quad (2)$$

Die Näherung:

$$\begin{aligned} \frac{f_p - f_s}{f_s} &= \sqrt{1 + r^{-1}} - 1 \\ &= \frac{1}{2r} \left(1 - \frac{1}{4r} + \dots \right) \approx \frac{1}{2r} \\ &= \frac{1}{2} \frac{C_1}{C_0} \end{aligned} \quad (3)$$

kann für große Werte von r verwendet werden (z. B. bei r größer als 25 ist der Fehler kleiner als 1 %).

2.2.19

Resonanzfrequenz (f_r)

tieferer der beiden Frequenzen des Schwingquarzes unter festgelegten äußeren Bedingungen, unter denen der Scheinwiderstand des Schwingquarzes reell ist

2.2.20

Resonanzwiderstand (R_r)

der Widerstand eines Schwingquarzes bei der Resonanzfrequenz f_r

2.2.21

Antiresonanzfrequenz (f_a)

höherer der beiden Frequenzen des Schwingquarzes unter festgelegten äußeren Bedingungen, unter denen der Scheinwiderstand des Schwingquarzes reell ist

2.2.22

Lastkapazität (C_L)

wirksame externe Kapazität, die in Verbindung mit dem Schwingquarz die Lastresonanzfrequenz f_L bestimmt

2.2.23

Lastresonanzfrequenz (f_L)

eine der beiden Frequenzen eines Schwingquarzes in Verbindung mit einer Serien- oder Parallellastkapazität unter bestimmten Bedingungen, unter denen der Scheinwiderstand der Kombination reell ist. Die Lastresonanzfrequenz ist die tiefere von den zwei Frequenzen, wenn die Lastkapazität in Serie geschaltet ist, und die höhere, wenn sie parallel geschaltet ist (siehe Bild 4)

Für eine gegebene Lastkapazität C_L sind beide Frequenzen in allen praktischen Anwendungen identisch und werden wie folgt ausgedrückt:

$$\frac{1}{f_L} = 2 \pi \sqrt{\frac{L_1 C_1 (C_0 + C_L)}{C_1 + C_0 + C_L}} \quad (4)$$

ANMERKUNG 1 Die in 2.2.19 [Resonanzfrequenz], 2.2.21 [Antiresonanzfrequenz] und 2.2.23 [Lastresonanzfrequenz] definierten Frequenzen sind die am meisten gebrauchten Begriffe. Zur Erklärung weiterer einer Resonanzstelle zugeordneter Frequenzen siehe Tabelle 2 und Tabelle 4.

ANMERKUNG 2 Zur Gewinnung höherer Genauigkeit oder zusätzlicher Daten (z. B. dynamischer Quarzparameter) aus den Frequenzmessungen siehe IEC 60444-1 und IEC 60444-5.

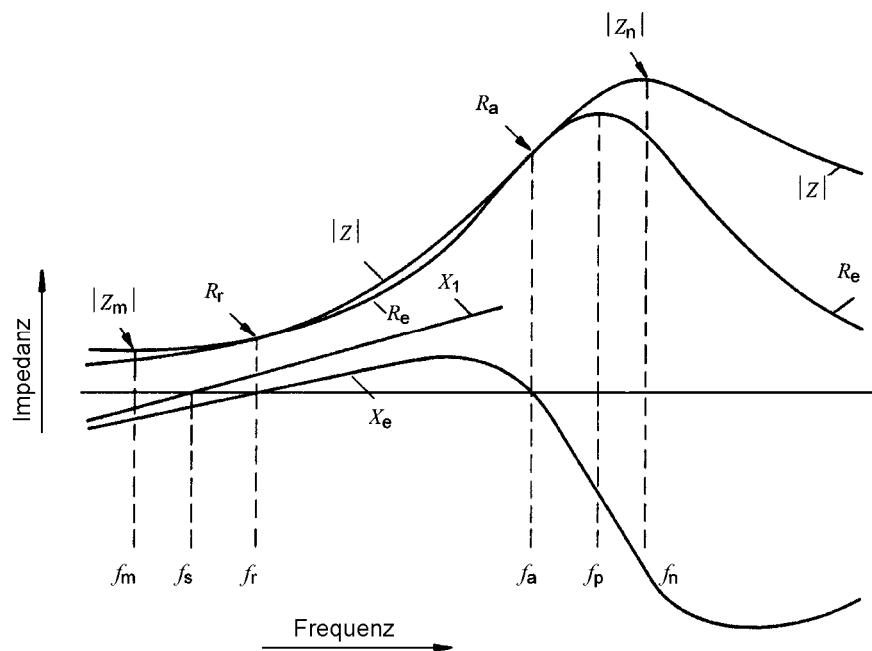


Bild 2 – Impedanz $|Z|$, Widerstand R_e , Reaktanz X_e , äquivalenter Serienblindwiderstand X_1 eines piezoelektrischen Resonators als Funktion der Frequenz