

	Messung von Schwingquarz-Parametern nach dem Null-Phasenverfahren in einem π-Netzwerk Teil 1: Verfahren zur Messung der Resonanzfrequenz und des Resonanzwiderstandes von Schwingquarzen nach dem Null-Phasenverfahren in einem π-Netzwerk (IEC 60444-1:1986 + A1:1999) Deutsche Fassung EN 60444-1:1997 + A1:1999	DIN EN 60444-1
Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm IEC 60444-1 ICS 31.140 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 technique in a π-network (IEC 60444-1:1986 + A1:1999); German version EN 60444-1:1997 + A1:1999 Mesure des paramètres des quartz piézoélectriques par la technique de phase nulle dans le circuit en π – Partie 1: Méthode fondamentale pour la mesure de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance des quartz piézoélectriques par la technique de phase nulle dans le circuit en π (CEI 60444-1:1986 + A1:1999); Version allemande EN 60444-1:1997 + A1:1999 Die Europäische Norm EN 60444-1:1997 hat den Status einer Deutschen Norm; einschließlich der eingearbeiteten Änderung A1:1999, die von CENELEC getrennt verteilt wurde. Beginn der Gültigkeit Die EN 60444-1 wurde am 1997-03-11 angenommen. Die Änderung A1 wurde am 1999-10-01 angenommen. Daneben darf die DIN EN 60444-1:1997-10 noch bis 2002-10-01 angewendet werden. Nationales Vorwort Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 642 „Piezoelektrische Bauteile zur Frequenzstabilisierung und -Selektion“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig. Der Entwurf war veröffentlicht als E DIN IEC 49/316/CD:1996-03. Fortsetzung Seite 2 und 24 Seiten EN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60444-1:1997-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Die bei IEC erschienene Änderung A1:1999 zur IEC 60444-1:1986, die inzwischen als Änderung A1:1999 zur EN 60444-1:1997 ratifiziert ist, wurde eingearbeitet. Die Änderungen aus A1 sind mit einem einfachen Randstrich gekennzeichnet.

Durch A1 wird der folgende Abschnitt hinzugefügt:

Anhang B – Aktualisierung einiger Formeln des Anhangs A

Frühere Ausgaben

DIN EN 60444-1: 1997-10

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, 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 und anderen Unterlagen mit den entsprechenden Deutschen Normen und anderen Unterlagen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60 000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60444-3:1997	IEC 60444-3:1986	DIN EN 60444-3:1997-10	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60444-3:1997-10, *Messung von Schwingquarz-Parametern nach dem Null-Phasenverfahren in einem π -Netzwerk – Teil 3: Verfahren der Messung der Zwei-Pol-Parameter von Schwingquarzen bis 200 MHz nach dem Phasenverfahren in einem π -Netzwerk mit Kompensation der Parallelkapazität C_0 .*

ICS

Deutsche Fassung

Messung von Schwingquarz-Parametern nach dem Null-Phasenverfahren in einem π -Netzwerk

Teil 1: Verfahren zur Messung der Resonanzfrequenz und des Resonanzwiderstandes
von Schwingquarzen nach dem Null-Phasenverfahren in einem π -Netzwerk
(IEC 60444-1:1986 + A1:1999)

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 technique in a
 π -network (IEC 60444-1:1986 + A1:1999)

Mesure des paramètres des quartz piézoélectriques
par la technique de phase nulle dans le circuit en π –
Partie 1: Méthode fondamentale pour la mesure de la
fréquence de résonance et de la résistance de
résonance des quartz piézoélectriques par la
technique de phase nulle dans le circuit en π
(CEI 60444-1:1986 + A1:1999)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1997-03-11, das A1 am 1999-10-01 angenommen.

Die 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR ELEKTROTECHNISCHE NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION ELECTROTECHNIQUE

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm IEC 60444-1:1986, ausgearbeitet von dem IEC TC 49 „Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection“, wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1997-03-11 ohne irgendeine Abänderung als EN 60444-1 angenommen.

Nachstehende Daten werden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 1997-12-01
- spätestes Datum, zu dem die nationalen Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 1997-12-01

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60444-1:1986 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Vorwort A1

Der Text des Schriftstücks 49/442/FDIS, zukünftige Änderung 1 zu IEC 60444-1, 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 1999-10-01 als Änderung A1 zu EN 60444-1:1997 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2000-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der Änderung entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2002-10-01

Anerkennungsnotiz

Der Text der Änderung 1:1999 zur Internationalen Norm IEC 60444-1:1986 wurde von CENELEC als Änderung zur Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	3
2 Definition der Resonanzfrequenz	3
3 Bezugsebene und Abschirmung	3
4 Messprinzip	3
5 Messschaltung	3
5.1 Das π -Netzwerk	4
5.2 Zubehör zum π -Netzwerk	6
5.3 Benötigte Messgeräte	6
6 Messverfahren	9
6.1 Grundkalibrierung des π -Netzwerkes	9
6.2 Messung der Frequenz und des Widerstandes	10
Anhang A Zusatzinformationen zur Messunsicherheit	11
Anhang B (normativ) Aktualisierung einiger Formeln des Anhangs A	20

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Norm beschreibt ein Verfahren zur Messung der Resonanzfrequenz und des Resonanzwiderstandes von Schwingquarzen und ein hierfür geeignetes Messnetzwerk.

Das Messverfahren und das Netzwerk sind geeignet für den Frequenzbereich von 1 MHz bis 200 MHz. Die relative Unsicherheit liegt in der Größenordnung 10^{-6} bei einer Wiederholgrenze von 10^{-6} bis 10^{-8} . Sie hängt von den Parametern des zu messenden Schwingquarzes ab. Die relative Unsicherheit bei der Messung des Resonanzwiderstandes liegt bei $\pm 2\%$ bis $\pm 5\%$, je nach Unsicherheit der Spannungsmessung.

Aufgrund des Einflusses der Parallelkapazität C_0 des Schwingquarzes ist das beschriebene Messverfahren oberhalb etwa 100 MHz mit Einschränkungen anwendbar. Um das Messverfahren auch bei höheren Frequenzen einsetzen zu können, ist es notwendig, ein Verfahren zur Kompensation von C_0 zu benutzen.

Ein geeignetes Verfahren zur C_0 -Kompensation wird in IEC 444-3 (IEC Report) beschrieben.

ANMERKUNG Die Änderungen des Messsystems und des Netzwerkes in der vorliegenden Norm wurden durchgeführt, um sicherzustellen, dass die in ihr angegebenen Forderungen erfüllt werden. Netzwerke entsprechend der Erstausgabe der Norm sind jedoch als internationaler Standard zur Messung der Resonanzfrequenz f_r und des Resonanzwiderstandes R_r zugelassen. Wenn die Bezugswiderstände der vorliegenden Norm so abgeändert werden, dass sie in die Netzwerke der Erstausgabe der IEC 444 eingesetzt werden können, ist das Problem geeigneter Bezugswiderstände befriedigend gelöst.

2 Definition der Resonanzfrequenz

Der Schwingquarz wird als Dreipol-Netzwerk mit dem komplexen Übertragungsleitwert $Y_{12} = G_{12} + jB_{12}$, wie in Anhang A, A.1.1 beschrieben, betrachtet.

Das Schwingquarzgehäuse wird als Masseanschluss angesehen.

Der dritte Anschluss von Schwingquarzen im Glasgehäuse ist in Abschnitt 3 definiert.

Die Resonanzfrequenz ist definiert als die niedrigere der beiden Frequenzen des Schwingquarzes, bei denen B_{12} unter Messbedingungen gleich Null ist.

Bei dieser Frequenz ist der Resonanzwiderstand $1/G_{12} = R_r$.

3 Bezugsebene und Abschirmung

Um den Einfluss der Induktivitäten der Schwingquarzanschlüsse zu berücksichtigen, ist es notwendig, die Lage der Bezugsebene festzulegen, in der die Messungen durchzuführen sind. Die Ebene ist, wenn nicht anders vereinbart, 2 mm von der Stelle entfernt, bei der die Anschlüsse aus der Bodenplatte des Schwingquarzgehäuses austreten. Bei Schwingquarzen mit Glasgehäuse wird der dritte Anschluss durch eine Abschirmkappe aus Metall nachgebildet. Die Kappe hat innen eine Höhe von 27 mm sowie eine Bodenfläche von 40 mm × 40 mm und ist oben verschlossen. Der Schwingquarz befindet sich in der Mitte der Bodenfläche der Abschirmkappe.

4 Messprinzip

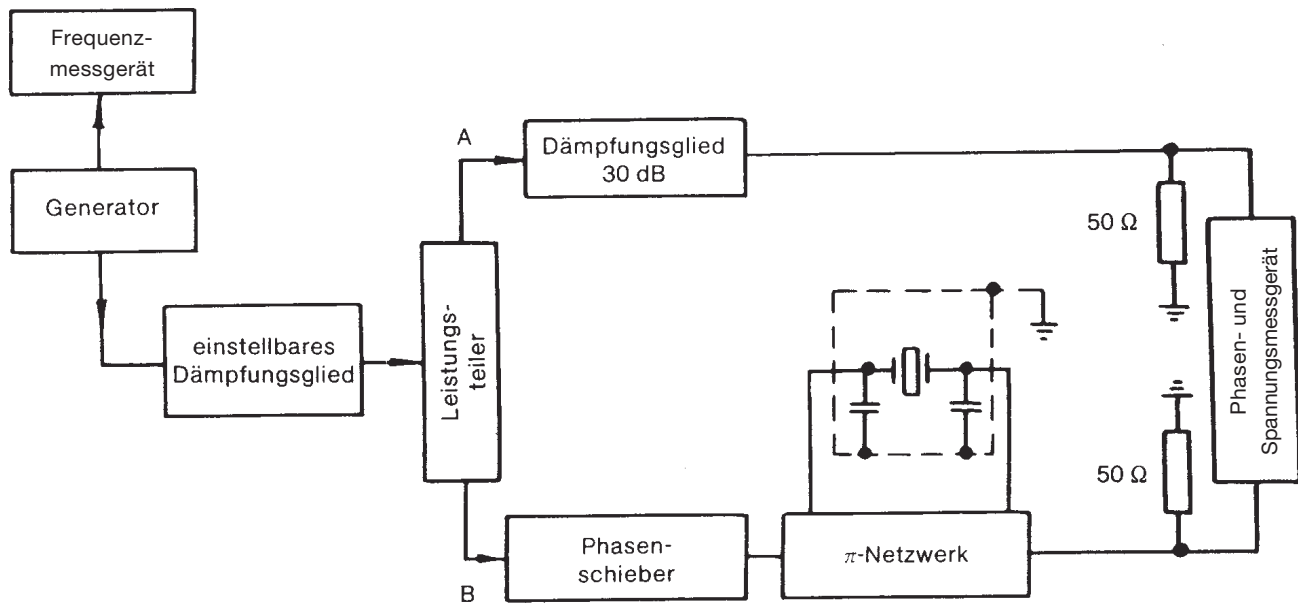
Die Messung reduziert sich auf eine Zweipol-Impedanzmessung, wenn der Schwingquarz in das π -Netzwerk eingesetzt wird (siehe Bild 1).

Die Phase des Übertragungsleitwertes des Schwingquarzes wird mit einem Phasenmessgerät angezeigt, dessen Anschlüsse mit dem π -Netzwerk verbunden sind. Die Frequenz, bei der die Phase Null ist, wird gemessen.

Die Nullstellung des Phasenmessgerätes wird kalibriert, indem anstelle des Schwingquarzes ein Bezugswiderstand in das π -Netzwerk eingesetzt wird. Der Wert des Resonanzwiderstandes kann aus den Messwerten der Spannung der Kanäle A und B berechnet werden.

5 Messschaltung

Die Messschaltung besteht im Wesentlichen aus einem π -Netzwerk, das durch koaxiale Leitungen mit den Messgeräten verbunden ist (siehe Bild 1).



ANMERKUNG 1 Das 30-dB-Dämpfungsglied im Kanal A wird bei bestimmten Phasen- und Spannungsmessgeräten empfohlen.

ANMERKUNG 2 Der Phasenschieber im Kanal B dient dazu, die elektrischen Längen beider Kanäle auszugleichen. (Mit einem Phasenschieber variabler Länge bei konstanter Impedanz kann erreicht werden, dass die Kalibrierung der Phase über weite Frequenzbereiche erhalten bleibt.)

ANMERKUNG 3 Bei einigen Generatoren empfiehlt sich die Benutzung eines Filters, um den Oberwellengehalt nach den in 5.3.1.1 angegebenen Anforderungen abzuschwächen.

Bild 1

Es muss betont werden, dass die Genauigkeit des Messverfahrens in erster Linie von der Konstruktion des π -Netzwerkes bestimmt wird, während die Geräte, die zum Aufbau des Messsystems verwendet werden, je nach Anforderungen mehr oder weniger aufwendig ausgestattet sein können. Im Folgenden werden daher nur die wesentlichen Eigenschaften der einzelnen Geräte angegeben (siehe 5.3).

5.1 Das π -Netzwerk

5.1.1 Elektrische Eigenschaften

5.1.1.1 Schaltung

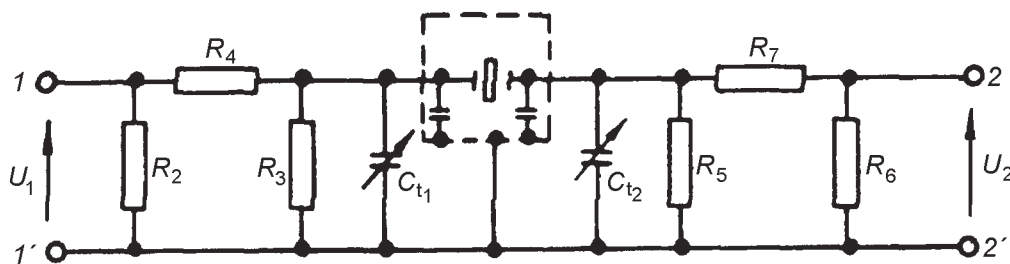


Bild 2

$R_2 = R_6 = 159 \, \Omega$ (Scheibenwiderstand)

$R_3 = R_5 = 14,2 \, \Omega$ (Scheibenwiderstand)

$R_4 = R_7 = 66,2 \, \Omega$ (Stabwiderstand)

Grenzabweichung: $\pm 1 \, \%$.

$C_{t1} = C_{t2} = 0,5 \, \text{pF}$ bis $5 \, \text{pF}$ (Lufttrimmer)

ANMERKUNG Die Eingangs- und Ausgangsnetzwerke haben zwei Aufgaben:

- a) Anpassung der Quarzimpedanz an die angeschlossenen Messgeräte;
- b) Abschwächung von Reflexionen der angeschlossenen Messgeräte.

5.1.1.2 Der Frequenzbereich ist 1 MHz bis 200 MHz.

5.1.1.3 Das logarithmische Verhältnis der im Kanal B mit Kurzschlussstück im π -Netzwerk bzw. bei offenem π -Netzwerk gemessenen Wechselspannungen wird „Übersprechdämpfung“ des π -Netzwerks genannt. Die Übersprechdämpfung α_c (in dB) ist gegeben durch den Ausdruck:

$$\alpha_c = 20 \cdot \log \left(\frac{U_{Bs}}{U_{Bo}} \right)$$

Hierbei ist U_{Bs} die Spannung im Kanal B mit Kurzschlussstück im π -Netzwerk und U_{Bo} die Spannung im Kanal B ohne Kurzschlussstück im π -Netzwerk. Bei Messung in der Messanordnung nach Bild 1 mit der Messfrequenz 100 MHz muss die Übersprechdämpfung ≥ 60 dB sein.

5.1.1.4 Im Frequenzbereich 1 MHz bis 200 MHz darf bei der Messung in der Messanordnung nach Bild 1 die mit 75Ω gemessene Phase um nicht mehr als $\pm 0,2^\circ$ von der mit 25Ω gemessenen Phase abweichen (siehe 6.1).

Die Phase im Widerstandsbereich 15Ω bis 100Ω darf bei Messung in der Messanordnung nach Bild 1 bei der Frequenz 200 MHz nicht mehr als $\pm 0,5^\circ$ von der mit 25Ω gemessenen Phase abweichen (siehe Bild 3 und 6.1).

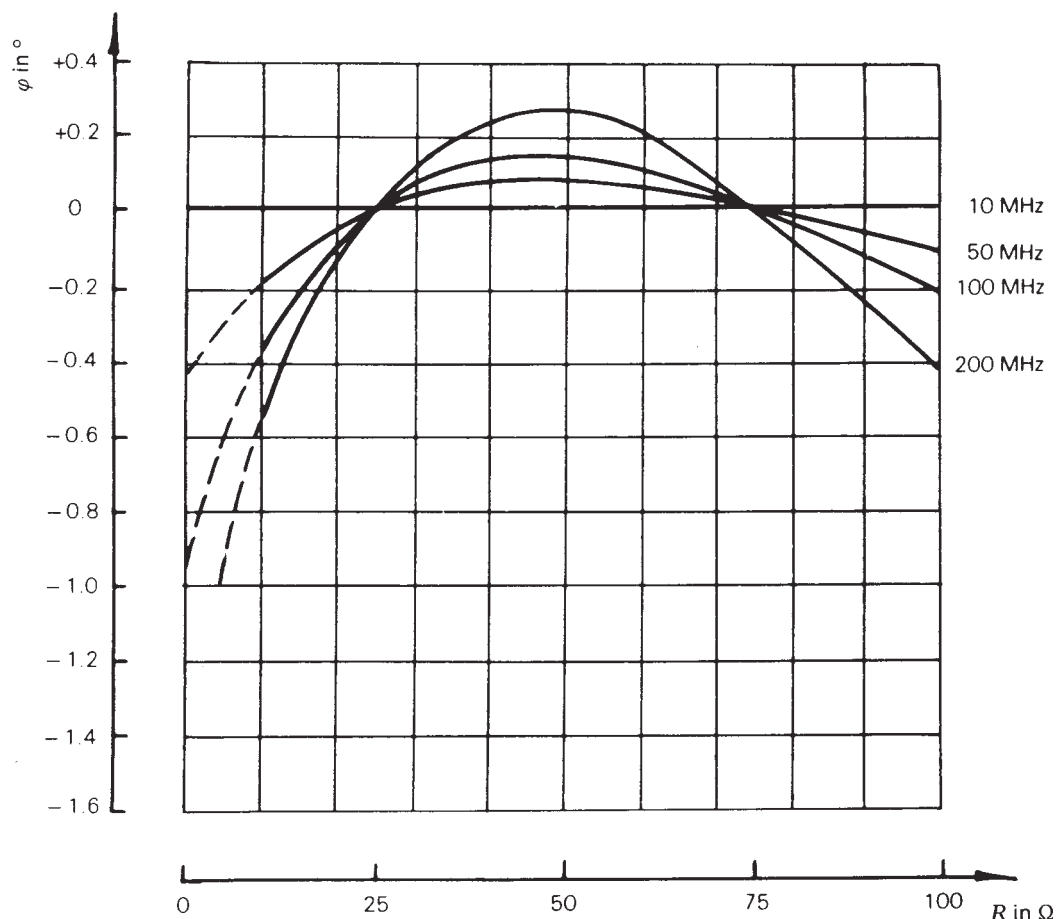


Bild 3 – Phasenabweichung in Abhängigkeit vom Widerstand im Bereich 0Ω bis 100Ω , vom mit Bezugswiderstand 25Ω gemessenen Wert, bei 10 MHz, 50 MHz, 100 MHz und 200 MHz. Messanordnung nach Bild 1.

5.1.1.5 Die Phasenänderung im Belastungsbereich $5 \mu\text{W}$ bis 5 mW darf, bei Messung mit $25\text{-}\Omega$ -Bezugswiderstand in der Messanordnung nach Bild 1, im Frequenzbereich 1 MHz bis 200 MHz nicht mehr als $\pm 0,5^\circ$, bezogen auf die bei $0,5 \text{ mW}$ gemessene Phase, betragen.

5.1.1.6 Die Abweichungen bei der Messung des 25- Ω -Bezugswiderstandes in der Messanordnung nach Bild 1 dürfen im Frequenzbereich 1 MHz bis 200 MHz nicht größer als $\pm 2\%$, bezogen auf den Wert bei 1 MHz, sein.

5.1.1.7 Bei der Frequenz 200 MHz darf der Reflexionsfaktor bei Messung mit eingesetztem Kurzschlussstück nach 5.2.2 im Temperaturbereich $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+105\text{ }^{\circ}\text{C}$ nicht größer als 5 % sein. Eingang und Ausgang müssen bei der Messung mit 50 Ω abgeschlossen sein.

5.1.1.8 Die Einfügungsdämpfung des π -Netzwerks, gemessen mit Kurzschlussstück nach 5.2.2, muss im gesamten Frequenzbereich ($29,6 \pm 0,3$) dB betragen.

5.1.1.9 Die Streukapazität zwischen den Kontaktplatten muss kleiner als 0,05 pF sein.

5.1.1.10 Die Phasenänderung über dem Temperaturbereich $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+105\text{ }^{\circ}\text{C}$ wird mit dem 25- Ω -Bezugswiderstand aus 5.2.1 in π -Netzwerkanordnung nach Bild 1 bei 100 MHz gemessen. Die Abweichung darf nicht mehr als $\pm 0,2^{\circ}$, bezogen auf den Wert bei $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, betragen.

5.1.1.11 Der Widerstand zwischen den Kontaktplatten und dem Gehäuse muss bei abgeschlossenem π -Netzwerk 12,5 Ω betragen. Seine Grenzabweichung ergibt sich aus den Grenzabweichungen der Widerstände R_2 bis R_7 (Bild 2).

5.1.2 Mechanische Eigenschaften

Übliche π -Netzwerke, die den Anforderungen nach 5.1.1 genügen, enthalten die folgenden Komponenten (siehe Bild A.9 bis Bild A.13):

- a) Zwei ohmsche Dämpfungsglieder (je 14,8 dB) in einem Metallblock, bestehend aus den Widerständen R_2 bis R_7 (siehe Bild 2).
- b) Zwei koaxiale Stecker (50 Ω) mit niedrigem Kontaktwiderstand.
- c) Zwei Kontaktplatten, gegen deren Schneiden die Schwingquarzanschlüsse gepresst werden. Der Kontakt zum Schwingquarz wird an den oberen Kanten hergestellt, die damit die Lage der Bezugsebene definieren.
- d) Zwei federnde Kunststoffhebel.
- e) Abstandsstück aus Kunststoff zur Festlegung des Abstandes der Bezugsebene vom Quarz.
- f) Dielektrikum
- g) Zwei Präzisions-HF-Lufttrimmkondensatoren 0,5 pF bis 5 pF C_{t1} und C_{t2} (siehe Bild 2).

5.2 Zubehör zum π -Netzwerk

5.2.1 Bezugswiderstände

Die Widerstände für die Kalibrierung werden in Bild 4 angegeben.

Die Widerstandswerte für die Grundkalibrierung sind 15 Ω , 25 Ω , 50 Ω , 75 Ω und 100 Ω mit einer Grenzabweichung des Gleichstromwiderstandes von $\pm 1\%$.

5.2.2 Kurzschlussstück

Das Kurzschlussstück ist eine Metallplatte mit den Maßen (12 $\times$ 10 $\times$ 1) mm (siehe Bild 4).

5.3 Benötigte Messgeräte

5.3.1 Generator

5.3.1.1 Die HF-Ausgangsleistung muss in den beiden Seitenbändern bis zu einem Abstand von $\pm 10\%$ von der Trägerfrequenz um mindestens 60 dB, bezogen auf den Träger, gedämpft sein.

Der Pegel von Störschwingungen und Oberwellen des Generators muss hinreichend niedrig sein (übliche Dämpfung: -40 dB), um die Messgenauigkeit des verwendeten Phasenmessgeräts nicht zu beeinträchtigen. Auflösung und zeitliche Stabilität des Generators müssen ausreichen (üblicher Wert: besser als 1×10^{-7}), um Messungen von Quarzen mit der höchsten vorkommenden Güte zu ermöglichen.

5.3.1.2 Das Phasenrauschen des Generators wird in der Messanordnung nach Bild 1 mit einem Quarz hoher Güte ($Q > 500\,000$) bei dessen Resonanzfrequenz gemessen. Der am Phasenmessgerät angezeigte Störhub muss kleiner als $0,2^{\circ}$ sein.