

DIN EN 63155



ICS 01.040.31; 31.140

Einsprüche bis 2018-12-12

Entwurf

Richtlinien für das Verfahren zur Messung der Leistungsfestigkeit von Oberflächenwellen (OFW)- und Volumenwellen (BAW)-Geräten in Hochfrequenz (HF)-Anwendungen (IEC 49/1280/CD:2018); Text Deutsch und Englisch

Guidelines for the measurement method of power durability for surface acoustic wave (SAW) and bulk acoustic wave (BAW) devices in radio frequency (RF) applications (IEC 49/1280/CD:2018);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-10-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, 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 41 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
3.1 Allgemeine Begriffe.....	5
3.2 Auf die Haltbarkeit bezogene Begriffe.....	10
4 Grundlegende Eigenschaften zur Lebensdauer von HF OFW/BAW-Geräten	10
4.1 Lebensdauer und beschleunigte Prüfungen.....	10
4.2 Ausfallmechanismus.....	12
4.2.1 Allgemeines	12
4.2.2 Akustomigration.....	13
4.2.3 Selbsterhitzung und thermisches Durchgehen	14
4.2.4 Sonstige Mechanismen	14
4.3 Modellierung	15
5 Messung der Lebensdauer.....	16
5.1 Messeinrichtung	16
5.2 Messverfahren.....	18
5.3 Schätzung der Lebensdauer	18
5.4 Festlegungen für die Messung	19
Literaturhinweise.....	20
Bilder	
Bild 1 a) – Rückseite geätzt	6
Bild 1 b) – Vorderseite geätzt	6
Bild 1 c) – Opferschicht geätzt.....	6
Bild 2 – SMR-Struktur	7
Bild 3 – Frequenzgang eines HF OFW/BAW-Filters	9
Bild 4 – Der Arrheniusgraph bei Beteiligung mehrerer Mechanismen	11
Bild 5 – Struktur des Kettenfilters	12
Bild 6 – Typische Übertragungseigenschaft eines Kettenfilters	13
Bild 7 – Entstehung von Lücken und Unebenheiten.....	13
Bild 8 – Verschiebung des Durchlassbereichs des Filters mit der Temperaturveränderung	16
Bild 9 – Grundlegende Einrichtung zur Messung der TF bei HF-Leistung	16
Bild 10 – Grundlegende Einrichtung zur Messung der TF eines OFW/BAW-Duplexers.....	17
Bild 11 – Einrichtung zur Messung der TF, einschließlich Überwachung des Filterverhaltens.....	17
Bild 12 – Weitere Einrichtung zur Messung der TF, einschließlich Überwachung des Filterverhaltens	18

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 49/1280/CD:2018 „Guidelines for the measurement method of power durability for surface acoustic wave (SAW) and bulk acoustic wave (BAW) devices in radio frequency (RF) applications“ (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 beigefügt. 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 Internationale Elektrotechnische Kommission (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 FprEN nur 6 Wochen 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 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.

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.

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

Einleitung

Hochfrequenz (HF)-Oberflächenwellen (OFW) und -Volumenwellen (BAW)-Geräte werden heute aufgrund ihrer Merkmale, wie geringe Größe, geringes Gewicht, geringer oder gar kein Abstimmungsbedarf, hohe Stabilität und hohe Zuverlässigkeit, in verschiedenen Kommunikationssystemen eingesetzt.

Eine der wichtigsten Anwendungen der Geräte ist die Antennenweiche in Mobilfunkgeräten, die eingehende Empfangssignale (Rx) von Basisstationen und ausgehende Sendesignale (Tx) im Frequenzbereich trennt. Es ist bekannt, dass Schall die Zerstörung von Elektrodenmetallen im verwendeten Interdigitalwandler (IDT, en: Inter-Digital Transducer) beschleunigen kann, was zu einem Ausfall des Geräts führt. Aus diesem Grund hängt die Lebensdauer des Geräts (Dauer bis zum Ausfall, TF) nicht nur von der Temperatur des Chips ab, sondern auch von der Höhe der Eingangsleistung und der Frequenz des angelegten Hochfrequenzsignals. Es sollte beachtet werden, dass die Temperatur des Chips geringfügig von der Umgebungstemperatur abweichen kann, da die Höhe der Eingangsleistung der Sendesignale – in den oben genannten Anwendungen – maximal ungefähr 1 W beträgt und die Wärmeerzeugung wegen der Leistungsaufnahme nicht zu vernachlässigen ist.

Die erforderliche TF der OFW-/BAW-Duplexer wird in der Regel anhand der Höhe der Eingangsleistung, des Frequenzbereichs der Belastung und der Umgebungstemperatur festgelegt. Dennoch ist die Messung der TF unter bestimmten Festlegungen nicht realistisch, da die erforderliche TF zu lange (mehrere Jahre) ist. Beschleunigte Lebensdauerprüfungen werden eingesetzt, um die TF zu verkürzen. Das bedeutet, die TF wird unter strengeren Bedingungen, d. h. bei höherer Leistung und/oder höherer Umgebungstemperatur, gemessen und die TF unter bestimmten Festlegungen wird durch Extrapolierung auf Grundlage des Arrhenius-Modells, einschließlich Gesetz der umgekehrten Leistung, geschätzt. Obwohl das Modell eine Schwankung der TF gut mit der Höhe der Eingangsleistung und Temperatur erklärt, müssen Parameter, die im Modell erscheinen, experimentell bestimmt werden und die Verfahren wurden nicht ausreichend begründet. Daher sind Messmethoden spezifisch für die Schätzung der TF von HF OFW/BAW-Geräten einzusetzen.

Diese Norm entspricht dem allgemein von Anwendern und Herstellern geäußerten Wunsch nach allgemeinen Informationen zu einem Leitfaden für Prüfbedingungen von HF OFW/BAW-Filtern, der es ermöglicht, die Vorteile dieser Filter auf die bestmögliche Weise zu nutzen. Aus diesem Grund werden in dieser Norm allgemeine und grundlegende Eigenschaften erläutert.

Richtlinien für das Verfahren zur Messung der Leistungsfestigkeit von Oberflächenwellen (OFW)- und Volumenwellen (BAW)-Geräten in Hochfrequenz (HF)-Anwendungen

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt das Messverfahren zur Bestimmung der Haltbarkeit von Hochfrequenz (HF)-Oberflächenwellen (OFW)- und Volumenwellen (BAW)-Geräten, wie Filter und Duplexer, hinsichtlich leistungsstarker Hochfrequenzsignale, die in der Telekommunikation, in Messmitteln, Radarsystemen und Verbraucherprodukten eingesetzt werden, fest.

IEC 62761 beinhaltet grundlegenden Ausfalleigenschaften von HF OFW/BAW-Geräten sowie Richtlinien für die Einrichtung eines Messsystems und eines Verfahrens, womit die Dauer bis zum Ausfall (TF) der HF OFW/BAW-Geräte geschätzt werden kann. Da die TF im Wesentlichen von der angelegten HF-Leistung in den Geräten bestimmt wird, liegt der Schwerpunkt der Erläuterungen auf der Leistungsfestigkeit.

Die vorliegende Norm hat nicht das Ziel, die Theorie zu erklären oder zu versuchen, alle Möglichkeiten zu behandeln, die sich unter praktischen Umständen ergeben können. Diese Norm lenkt die Aufmerksamkeit auf einige grundlegende Fragen, die der Anwender in Betracht ziehen muss, bevor er/sie ein HF OFW/BAW-Filter für eine neue Anwendung bestellt. Mit diesem Verfahren sichert der Anwender sich gegen eine nicht zufriedenstellende Leistung in Bezug auf einen vorzeitigen Ausfall des Geräts ab, der auf die Belastung der HF OFW/BAW-Geräte mit hoher Leistung zurückzuführen ist.

2 Normative Verweisungen

Keine.

3 Begriffe

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

akustische Volumenwelle

BAW

akustische Welle, die sich zwischen der Oberseite und der Unterseite einer piezoelektrischen Struktur ausbreitet und dabei die gesamte Dicke des piezoelektrischen Festkörpers durchläuft

[QUELLE: IEC 62575-1:2015, 3.1.1]

3.1.2

Volumenwellenfilter

BAW-Filter

Filter auf der Grundlage von akustischen Volumenwellen, die üblicherweise von einem Elektrodenpaar erzeugt werden und sich entlang einer Dünnschicht-Dickenrichtung ausbreiten

[QUELLE: IEC 62575-1:2015, 3.1.2]

3.1.3

Grenzfrequenz

Frequenz im Durchlassbereich, bei der die relative Dämpfung den festgelegten Wert erreicht

[QUELLE: IEC 60862-1:2015, 3.1.2.4]

3.1.4

Duplexer

Bauelement, das in einem Frequenzduplexsystem verwendet wird und es ermöglicht, dass das System gleichzeitig über dieselbe Antenne Signale sendet und empfängt

[QUELLE: IEC 62761:2014, 3.1.5]

3.1.5

Dünnschicht-Volumenwellen-Resonator**FBAR (en: film bulk acoustic resonator)**

Dünnschicht-BAW-Resonator, der aus einer zwischen zwei Elektrodenschichten mit spannungsfreien Ober- und Unterseiten liegenden piezoelektrischen Schicht besteht, die an den Kanten durch ein Substrat mit Hohlraumstruktur, wie in Bild 1 beispielhaft dargestellt, oder mit Membranstruktur mechanisch gestützt wird

[QUELLE: IEC 62575-1:2015, 3.1.3]

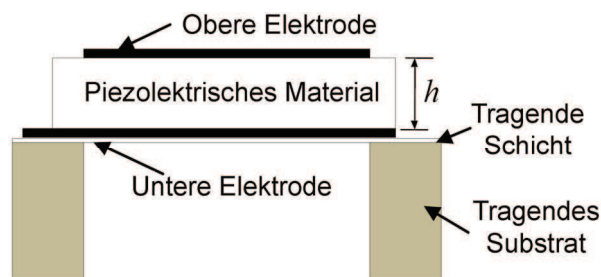


Bild 1 a) – Rückseite geätzt

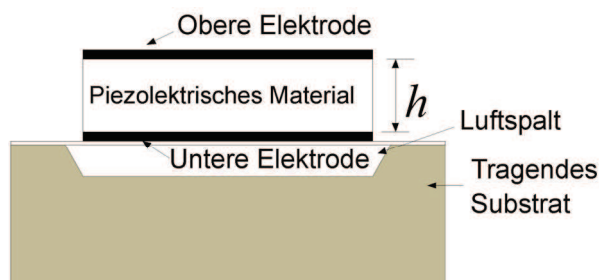


Bild 1 b) – Vorderseite geätzt

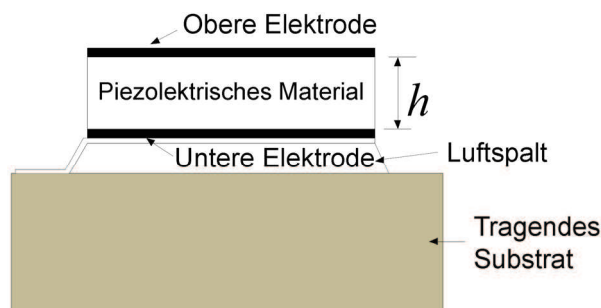


Bild 1 c) – Opferschicht geätzt

3.1.6

fest montierter Resonator

SMR (en: solidly mounted resonator)

BAW-Resonator, bei dem die Struktur Elektrode-Piezoschicht-Elektrode unterstützt wird durch eine Abfolge aus weiteren Dünnschichten mit abwechselnd niedriger und hoher akustischer Impedanz Z_a , die den Resonator akustisch vom Trägersubstrat entkoppeln, wie in Bild 2 beispielhaft dargestellt

[QUELLE: IEC 62575-1:2015, 3.1.4]

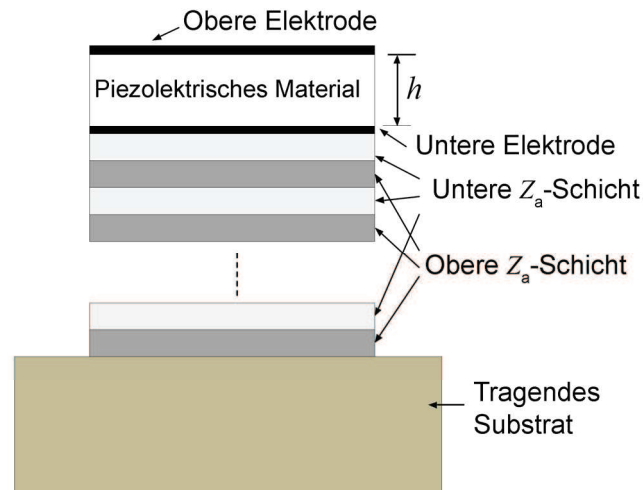


Bild 2 – SMR-Struktur

3.1.7

Übertragungsverhalten

SIEHE: Bild 3

3.1.8

Eingangsimpedanz

Impedanz, die für die Signalquelle am Eingangsanschluss eines Filters/Duplexers vorliegt, wenn der Ausgang mit der festgelegten Lastimpedanz abgeschlossen ist

[QUELLE: IEC 62604-1:2015, 3.1.2.22 modifiziert – „Duplexer“ wurde ersetzt durch „Filter/Duplexer“.]

3.1.9

Eingangspegel

Leistung, Spannung oder Stromstärke, die am Eingangsanschluss eines Filters/Duplexers ansteht

[QUELLE: IEC 62604-1:2015, 3.1.2.19 modifiziert – „Duplexer“ wurde ersetzt durch „Filter/Duplexer“.]

3.1.10

Einfügungsdämpfung

das logarithmierte Verhältnis der vor dem Einfügen des Filters/Duplexers an die Lastimpedanz abgegebenen Leistung zu der nach Einfügen des Filters/Duplexers abgegebenen Leistung

[QUELLE: IEC 60862-1:2015, 2.2.3.7 modifiziert – „Duplexer“ wurde ersetzt durch „Filter/Duplexer“.]

3.1.11**Arbeitstemperaturbereich**

Temperaturbereich, über den der OFW-/BAW-Filter/Duplexer unter Einhaltung seiner festgelegten Kennwerte innerhalb festgelegter Grenzwerte funktioniert

[QUELLE: IEC 62575-1:2015, 3.1.16 modifiziert – „BAW-Filter“ wurde ersetzt durch „OFW-/BAW-Filter/Duplexer“.]

3.1.12**Ausgangsimpedanz**

Impedanz, die für die Last am Eingangsanschluss eines Filters vorliegt, wenn am Eingang die festgelegte Quellenimpedanz angeschlossen ist

[QUELLE: IEC 62575-1:2015, 3.1.8]

3.1.13**Ausgangspegel**

Leistung, Spannung oder Stromstärke, die an die Lastimpedanz abgegeben wird

[QUELLE: IEC 62575-1:2015, 3.1.18]

3.1.14**Durchlassbereich**

Frequenzband, in dem die relative Dämpfung gleich oder kleiner als ein festgelegter Wert ist

[QUELLE: IEC 62604-1:2015, 3.1.2.5]

3.1.15**Durchlassbandbreite**

Abstand der Frequenzen, zwischen denen die relative Dämpfung gleich oder kleiner als ein festgelegter Wert ist

[QUELLE: IEC 62604-1:2015, 3.1.2.6]

3.1.16**Band eines Empfängers (Rx)**

in einem Empfangsteil verwendetes Frequenzband, um Signale von einer Antenne zu erfassen

3.1.17**Reflexionsvermögen**

dimensionsloses Maß für den Grad der Fehlanpassung zwischen zwei Impedanzen Z_1 und Z_2 , d. h. $\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$,

wobei Z_1 und Z_2 die Eingangs- bzw. Quellimpedanz oder die Ausgangs- bzw. Lastimpedanz darstellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Betrag des Reflexionsvermögens wird als Reflexionsfaktor bezeichnet.

3.1.18**Rx-Filter**

in einem Empfangsteil zur Beseitigung unnötiger/unerwünschter Signale verwendetes Filter

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Rx-Filter ist ein grundlegendes Teil eines Duplexers.

3.1.19**OFW-Filter**

Filter auf der Grundlage von einem oder mehreren Oberflächenwellen-Übertragungsleitungs- oder Resonanzelementen, wobei die Oberflächenwelle üblicherweise durch einen Interdigitalwandler erzeugt wird und sich entlang einer Materialoberfläche ausbreitet

[QUELLE: IEC 62604-1:2015, 3.1.1.2]

3.1.20

Sperrbereich

Frequenzband, in dem die relative Dämpfung gleich oder größer als ein festgelegter Wert ist

3.1.21

Oberflächenwelle

OFW

akustische Welle, die sich entlang einer Oberfläche eines elastischen Substrats ausbreitet und deren Amplitude mit dem Abstand von der Oberfläche exponentiell abnimmt

[QUELLE: IEC 60862-1:2015, 3.1.1.1]

3.1.22

Übergangsbereich

Frequenzband zwischen einer Grenzfrequenz und dem nächsten Frequenzpunkt des angrenzenden Sperrbereichs

3.1.23

Band eines Senders (Tx)

in einem Sendeteil verwendetes Frequenzband, um Signale von einer Antenne auszugeben

3.1.24

Tx-Filter

in einem Sendeteil zur Beseitigung unnötiger/unerwünschter Signale verwendetes Filter. Es ist ein grundlegendes Teil eines Duplexers

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Tx-Filter ist ein grundlegendes Teil eines Duplexers

[QUELLE: IEC 62575-1:2015]

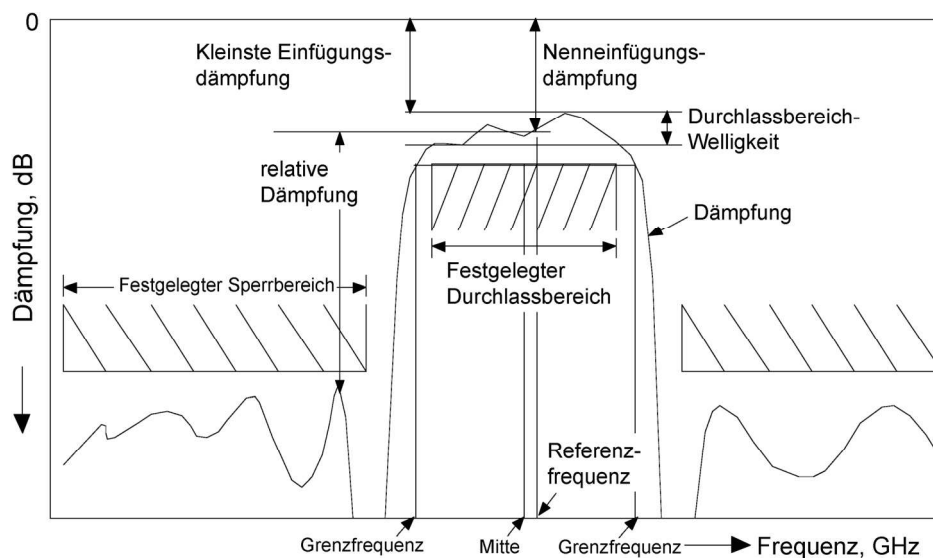


Bild 3 – Frequenzgang eines HF OFW/BAW-Filters

3.2 Auf die Haltbarkeit bezogene Begriffe

3.2.1

beschleunigte Lebensdauerprüfung

Eine Prüfstrategie, bei der der Techniker das Ausfallverhalten eines Produkts bei bestimmungsgemäßem Gebrauch aus Lebensdauerdaten, die bei beschleunigter Beanspruchung erhalten wurden, extrapoliert. Da Produkte bei höherer Beanspruchung schneller ausfallen, ist es dem Techniker anhand dieser Strategie möglich, zuverlässige Informationen zu einem Produkt (z. B. mittlere Lebensdauer, Ausfallwahrscheinlichkeit zu einer spezifische Zeit, usw.) in kürzerer Zeit zu ermitteln.

3.2.2

Beschleunigungsfaktor

Das Verhältnis der Produktlebensdauer bei angewendeter Beanspruchung zu seiner Lebensdauer bei beschleunigter Beanspruchung. Wenn das Produkt z. B. bei angewendeter Beanspruchung eine Lebensdauer von 100 Stunden hat und bei beschleunigter Beanspruchung geprüft wird, wodurch seine Lebensdauer auf 50 Stunden verringert wird, beträgt der Beschleunigungsfaktor 2.

3.2.3

Arrhenius-Modell

Ein Modell der beschleunigten Lebensdauerprüfung, dass bei der beschleunigten Lebensdauerprüfung eingesetzt wird, um einen Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Zuverlässigkeit herzustellen. Ursprünglich wurde es von dem schwedischen Chemiker Svante Arrhenius zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Temperatur und den Geschwindigkeiten von chemischen Reaktionen entwickelt.

3.2.4

Gesetz der umgekehrten Leistung

Ein allgemein verwendetes Modell der beschleunigten Lebensdauerprüfung, wobei der Beschleunigungsfaktor eine einzige, nicht thermische Beanspruchung (z. B. Leistung, Schwingung, Spannung oder Temperaturwechsel) ist

3.2.5

Zusammenhang zwischen Lebensdauer und Beanspruchung

Ein Zusammenhang, der beschreibt, wie die Stärke der Beanspruchung die Zuverlässigkeit eines Produkts beeinflusst. Es gibt verschiedene mathematische Modelle (z. B. das Arrhenius-Modell), die den Zusammenhang zwischen Lebensdauer und Beanspruchung eines Produkts beschreiben.

3.2.6

Beanspruchung

Ein Faktor, der einen Ausfall verursacht. Beispiele dafür sind Betriebs- und Lagertemperaturen, Luftfeuchte, Einfallleistung, UV-Bestrahlung und mechanische Erschütterung.

3.2.7

Beanspruchungsprüfung

Eine Prüfstrategie, bei der Einheiten bei einer höheren Beanspruchung geprüft werden, als sie unter normalen Betriebsbedingungen vorhanden wären, gewöhnlich um Ausfälle herbeizuführen.

4 Grundlegende Eigenschaften zur Lebensdauer von HF OFW/BAW-Geräten

4.1 Lebensdauer und beschleunigte Prüfungen

Alle Handelsprodukte müssen eine Lebensdauer für eine bestimmte Anzahl von Jahren unter normalen Betriebsbedingungen garantieren. Als Ausfall wird der Zustand definiert, in dem die Leistungen sich im Vergleich zu den in der Spezifikation angegebenen Leistungen verschlechtern.

Zu diesem Zwecke muss die Dauer bis zum Ausfall (TF) unter den schwierigsten der normalen Betriebsbedingungen geschätzt werden. Da Ingenieure nicht viele Jahre mit der Schätzung der TF verbringen können, hat sich die Strategie der so genannten „beschleunigten Lebensdauerprüfung“ weitgehend verbreitet. Bei dieser Strategie wird die TF bei bestimmungsgemäßem Gebrauch durch Extrapolieren der TF-Daten geschätzt, die bei strengeren Betriebsbedingungen oder beschleunigter Beanspruchung im Sinne der

Zuverlässigkeitstechnik ermittelt wurden. Da die Produkte schneller ausfallen, ermöglicht es diese Strategie, Informationen zur Zuverlässigkeit der Produkte in kürzerer Zeit zu erhalten.

Es gibt zahlreiche mögliche Ausfallmechanismen, wie Oxidation, Rissbildung, Undichtheit und Abplatzer, und viele mögliche Stellen, an denen der Ausfall auftritt.

Stellt sich ein Ausfallmechanismus als vorherrschend heraus, ist die TF dafür bekannt, die folgende Abhängigkeit von der absoluten Temperatur T zu haben

$$TF = a \exp\left(\frac{E}{kT}\right), \quad (1)$$

dabei ist a ein Faktor, der im Folgenden noch behandelt wird, k die Boltzmann-Konstante und E ein Parameter, der je nach Ausfallmechanismus variiert. Die Abhängigkeit entspricht der einer chemischen Reaktion und wird die Arrhenius-Gleichung bezeichnet, wobei E sich auf die Aktivierungsenergie bezieht. Unter Berücksichtigung des Logarithmus für beide Seiten kann die Gleichung (1) folgendermaßen umgeschrieben werden:

$$\log_e TF = \frac{E}{kT} + \log_e a. \quad (2)$$

Deshalb ergibt die Darstellung von $\log_e TF$ gegen T^{-1} eine Gerade und ihr Gradient und y -Achsenabschnitt werden jeweils von E/k und $\log_e a$, gegeben. Diese Darstellung wird Arrheniusgraph genannt.

Falls mehrere Mechanismen beteiligt sind, darf der Arrheniusgraph wie in Bild 4 gezeigt einen Polygonzug zeichnen. Das liegt daran, dass unterschiedliche Mechanismen über unterschiedliche Aktivierungsenergien verfügen und der Ausfall vom schwächsten Punkt, der je nach Temperatur abweichen kann, ausgelöst wird.

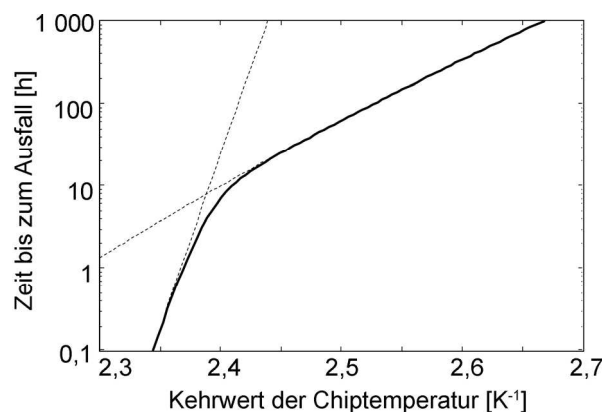


Bild 4 – Der Arrheniusgraph bei Beteiligung mehrerer Mechanismen

Der Faktor a ist von anderen Beanspruchungen abhängig, wie der angelegten elektrischen Leistung und der Luftfeuchte, und in vielen Fällen befolgt die Abhängigkeit von jeder Beanspruchung x das Gesetz der umgekehrten Leistung, das sich ergibt aus:

$$a = \alpha x^{-\beta} \quad (3)$$

Dabei sind α und β Konstanten. Die Kombination der Gleichungen (1) und (3) ergibt

$$TF = \alpha x^{-\beta} \exp\left(\frac{E}{kT}\right), \quad (4)$$

und ihre logarithmische Darstellung ergibt sich aus

$$\log_e TF = \log_e \alpha - \beta \log_e x + \frac{E}{kT}. \quad (5)$$

Deshalb ist es möglich, α und β aus dem doppeltlogarithmischen Graph zwischen TF und x bei festgelegtem T zu schätzen. Falls mehrere Mechanismen beteiligt sind, darf der doppeltlogarithmische Graph ein Polygonzug sein.

Es sollte beachtet werden, dass Beanspruchungen, wie die angelegte elektrische Leistung, T aufgrund von Aufwärmung durch Verlustleistung beeinflussen dürfen. Das bedeutet, dass T zur Bestimmung des Lebensdauermodells gesteuert werden oder bekannt sein sollte, selbst wenn T nicht als ein Parameter für die Beschleunigung gewählt wurde.

4.2 Ausfallmechanismus

4.2.1 Allgemeines

Häufig wird eine Abzweiganordnung wie in Bild 5 als eine Konfiguration von HF OFW/BAW-Filtern für Hochleistungsanwendungen verwendet.

Jeder Resonator verfügt über zwei Arten von Resonanzen: die Serienresonanz (oder einfach Resonanz), bei der die elektrische Impedanz äußerst niedrig ist, und die Parallelresonanz (oder Antiresonanz), bei der die Impedanz äußerst hoch ist. Die Frequenz, die die Antiresonanz f_a (Antiresonanzfrequenz bezeichnet) bestimmt, ist ein wenig höher als die, die die Resonanz f_r (Resonanzfrequenz bezeichnet) bestimmt. Die anteilige Differenz zwischen f_r und f_a wird vor allem von der Stärke des Piezoeffekts bestimmt.

Wenn f_r der Resonatoren R_1 in Serienzweigen nahe f_a der Resonatoren in Parallelzweigen R_2 festgelegt ist, kann das in Bild 6 dargestellte Übertragungsverhalten ermittelt werden. Bei der Hintereinanderschaltung mehrerer Stufen ist es notwendig, ausreichend Außerband-Unterdrückung im Einklang mit den anderen Leistungen zu erhalten, wie der Einfügungsdämpfung und der anteiligen Breite des Durchlassbereichs.

Der Q -Faktor von Resonatoren bestimmt die Einfügungsdämpfung und die Steilheit der Durchlassbereichflanken.

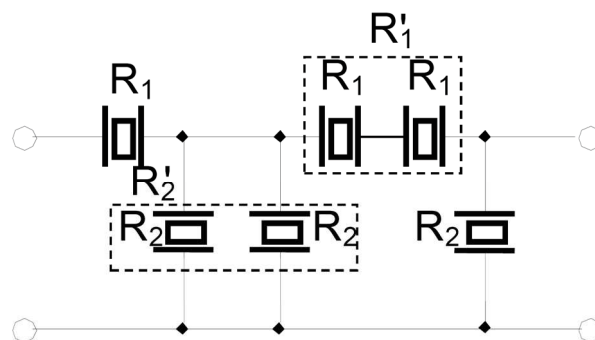


Bild 5 – Struktur des Kettenfilters

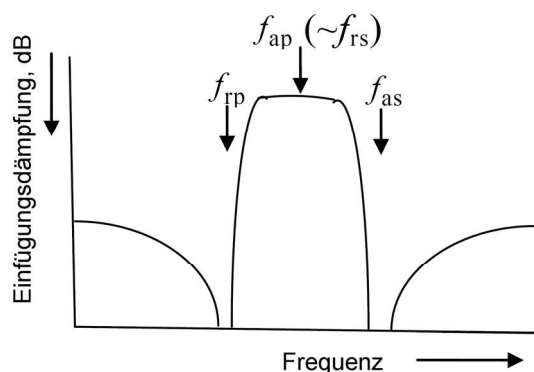


Bild 6 – Typische Übertragungseigenschaft eines Kettenfilters

Es ist bekannt, dass die TF ziemlich von der Frequenz abhängt, in der die HF-Leistung angelegt wird. Aus diesem Grund sind HF OFW/BAW-Geräte recht robust, wenn die Leistung nahe der Mittenfrequenz des Filters angelegt wird. Andererseits wird die TF deutlich kürzer, wenn die Leistung nahe der Flanken des Durchlassbereichs angelegt wird. Zudem ist bekannt, dass R_2 nahe des Eingangsanschlusses gewöhnlich zerstört wird, wenn die Leistung in der Nähe der unteren Durchlassbereichsflanke angelegt wird, während R_1 nahe des Eingangsanschlusses gewöhnlich zerstört wird, wenn die Leistung in der Nähe der oberen Durchlassbereichsflanke angelegt wird.

Diese Tatsachen weisen darauf hin, dass die TF nicht durch die HF-Spannung und -Strom bestimmt werden, sondern durch die gespeicherte HF-Energie oder die HF-Leistungsaufnahme in den Resonatoren bzw. durch akustische Beanspruchung und deren Stelle innerhalb der Struktur, sowohl in Längs- als auch in Querrichtung. Darum haben HF-Spannung und -Strom, die an R_2 bzw. und R_1 angelegt werden, ihre Höchstwerte nahe der Mittenfrequenz.

Es sollte beachtet werden, dass, sofern es Nebenresonanzen im Durchlassbereich gibt, der Ausfall des Geräts ausgelöst und die TF verkürzt werden kann, wenn die HF-Leistung nahe der Nebenresonanzen ausgegeben wird. Auch wenn sie im Übertragungsverhalten unwesentlich erscheinen, kann ihr Einfluss sehr deutlich sein, insbesondere wenn die Gruppenlaufzeit lokal in der Nähe der Nebenresonanz größer wird, was auf eine erhöhte, in einem Resonator gespeicherte Energie hinweist.

4.2.2 Akustomigration

Es hat sich gezeigt, dass die Elektrodenoberfläche nach Belastung mit hoher HF-Leistung aufgeraut war. Dieses Verhalten ähnelt stark einer Erscheinung, die Elektromigration genannt wird und die in integrierte Schaltungen auftritt. Die Elektromigration wird zurückgeführt auf (a) den mechanischen Aufprall von Impulsen des Elektrons auf Metallkörnung der Elektrode, (b) deren Übersetzung (Migration) in Richtung der Elektronenströmung und (c) Lücken, die auf der oberen Stromseite entstehen, während auf der unteren Stromseite Unebenheiten entstehen, wie in Bild 7 dargestellt.

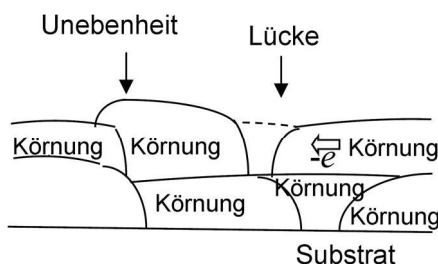


Bild 7 – Entstehung von Lücken und Unebenheiten