

DIN EN 62830-3

ICS 31.080.01

Einsprüche bis 2014-10-22

Entwurf

**Halbleiterbauelemente –
Halbleiterbauelemente für das Energy-Harvesting und die
Energieerzeugung –
Teil 3: Schwingungsbasiertes elektromagnetisches Energy-Harvesting
(IEC 47/2198/CD:2014)**

Semiconductor devices –
Semiconductor devices for energy harvesting and generation –
Part 3: Vibration based electromagnetic energy harvesting
(IEC 47/2198/CD:2014)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-08-22 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 online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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@din.de möglichst 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 in Papierform an die DIN/VDE-DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (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 36 Seiten

DIN/VDE-DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
3.1 Allgemeine Begriffe	4
3.2 Elektromagnetischer Wandler	6
3.3 Charakteristische Kenngrößen	7
4 Wesentliche Grenz- und Betriebs-Kenngrößen	10
4.1 Kennzeichnung und Bauart	10
4.2 Grenzwerte und Betriebsbedingungen.....	10
4.3 Zusätzliche Angaben	10
5 Prüfdurchführung.....	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Elektrische Kenngrößen	11
5.3 Mechanische Kenngrößen	16
Literaturhinweise.....	19
Bilder:	
Bild 1 – Allgemeiner Aufbau eines schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesting-Bauelements.....	5
Bild 2 – Prinzipdarstellung des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters	6
Bild 3 – Äquivalente Ersatzschaltung des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters	8
Bild 4 – Messverfahren für schwingungsbasierte elektromagnetische Energy-Harvester	11
Bild 5 – Prüfanordnung für die elektrischen Kenngrößen des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters	12
Bild 6 – Frequenzgang des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvester-Bauelements.....	13
Bild 7 – Darstellung der Amplitudenabnahme zur Bestimmung des Dämpfungsfaktors eines schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters	14
Bild 8 – Ausgangsspannung des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters bei unterschiedlichen externen Lasten.....	14
Bild 9 – Ausgangsströme des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters bei unterschiedlichen Ausgangsspannungen.....	15
Bild 10 – Ausgangsleistung des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters bei unterschiedlichen externen Lasten.....	15
Bild 11 – Ausgangsleistung und Ausgangsspannung des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters bei unterschiedlichen Eingangsschwingungen	16
Bild 12 – Prinzipdarstellung eines Prüfaufbaus zur Ermittlung der Zuverlässigkeit eines schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters	17

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 47/2198/CD:2014 „Semiconductor devices – Semiconductor devices for energy harvesting and generation – Part 3: Vibration based electromagnetic energy harvesting“ (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 47 „Semiconductor devices“ 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 dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 631 „Halbleiterbauelemente“ 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 Abschnichtsnummer, 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.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Halbleiterbauelemente – Halbleiterbauelemente für das Energy-Harvesting und die Energieerzeugung – Teil 3: Schwingungsbasiertes elektromagnetisches Energy-Harvesting

1 Anwendungsbereich

In dieser Norm sind Begriffe, Symbole, Aufbauanordnungen und Prüfverfahren festgelegt, die verwendet werden können, um die Leistungskenngrößen schwingungsbasierter elektromagnetischer Bauelemente zum Energy-Harvesting zu bestimmen und zu bewerten. In dieser Norm sind die Prüfverfahren und die charakteristischen Kenngrößen für schwingungsbasierte elektromagnetische Energy-Harvesting-Bauelemente festgelegt, um deren Leistungsfähigkeit genau und praktikabel zu bewerten. Diese internationale Norm ist auf Energy-Harvesting-Bauelemente in den Anwendungsbereichen für Konsumgüter, der allgemeinen Industrie, dem Militär und der Luftfahrt ohne Beschränkungen hinsichtlich der Bauelemente-Technologie, -Form und -Größe anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 60749-5, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 5: Steady-state temperature humidity bias life test*

IEC 60749-10, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 10: Mechanical shock*

IEC 60749-12, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 12: Vibration, variable frequency*

3 Begriffe

Für die Erstellung einer allgemeinen Norm für das schwingungsbasierte elektromagnetische Energy-Harvesting-System ist es wichtig, die folgenden Benennungen und deren Definitionen einzuführen.

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

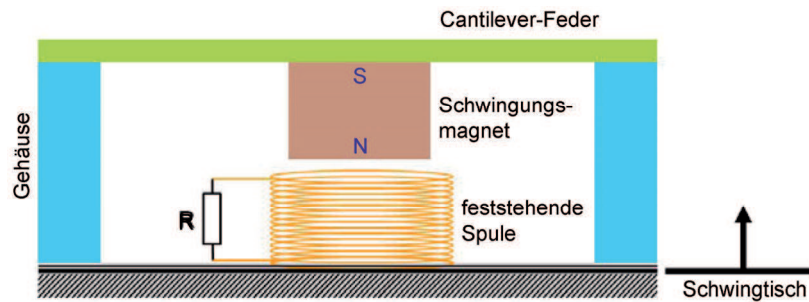
Schwingung

mechanische Ungleichmäßigkeit, die um einen Gleichgewichtspunkt auftritt

3.1.2

schwingungsbasiertes Energy-Harvesting-Bauelement

Energiewandler, der Schwingungsenergie in elektrische Energie umwandelt



Legende

Aufbau des Energy-Harvesters

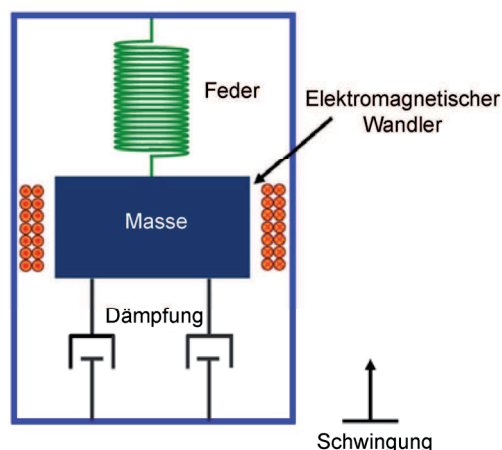
magnetisches Massestück	träge Masse in einem magnetischem Kraftfeld, um eine mechanisch gekoppelte Bewegung aus der induzierten Schwingung zu erhalten
Feder	zum Koppeln der induzierten Schwingung in die mit der Feder verbundenen Masse
Spule	induziert ein elektrischen Potentials durch die Unterbrechung des magnetischen Flusses innerhalb des schwingenden Magnetfeldes

Betriebskomponenten des Energy-Harvesters

R	externe Last
-----	--------------

ANMERKUNG Ein schwingungsbasiertes Energy-Harvesting-Bauelement zum Wandeln von Schwingung in Elektrizität unter Verwendung eines elektromagnetischen Wandlers besteht aus Magnet (Trägheitsmasse), Cantilever-Feder und Spule, so wie in Bild 1 dargestellt. Die induzierte Schwingung erzeugt die hin- und hergehende Bewegung der Masse. Die Feder mit der verbundenen Masse wird gebogen, sodass infolge der Federbiegung eine relative Bewegung zwischen dem Magneten und der Spule innerhalb des Magnetfeldes verursacht wird, und somit wird in der Spule eine elektromotorische Kraft, EMK, (en: EMF) erzeugt, die über die Anschlüsse der Spule wirkt.

Bild 1 – Allgemeiner Aufbau eines schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesting-Bauelements



Legende

Aufbau des Energy-Harvesters

parasitäre Dämpfung Reduzierung der Masseschwingung über die Zeit

Federsteifigkeit Maßgröße des Widerstands, den ein elastischer Körper gegenüber einer Verformung aufweist

Betriebskomponenten des Energy-Harvesters

Elektromagnetischer Wandler Funktionalbauelement zum Betrieb als, um Schwingungsenergie mithilfe der elektromagnetischen Induktion in elektrische Energie zu wandeln.

ANMERKUNG Ein schwingungsbasiertes Energy-Harvesting-Bauelement kann prinzipiell, wie im Bild 2 gezeigt, dargestellt werden. Es besteht aus Masse, Feder, Dämpfung (mechanisch und elektrisch) und elektromagnetischem Wandler.

Bild 2 – Prinzipdarstellung des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters

3.1.3

Masse-Feder-Dämpfungs-System

System zum Gewinnen der Bewegung des Schwingungs-Energy-Harvesters unter Nutzung von äquivalenter Masse, Feder und Dämpfung

3.1.4

effektive Masse

m

quantitative Maßgröße, die mit der Feder verbunden ist, um kinetische Energie mithilfe der induzierten Beschleunigung zu erhalten

3.1.5

Feder

elastisches Objekt zum Speichern mechanischer Energie entsprechend der Federkonstante k

3.1.6

Dämpfung

Effekt, der dazu führt, die Beschleunigung eines schwingenden Objekts mit dem Dämpfungsfaktor b zu reduzieren

3.2 Elektromagnetischer Wandler

3.2.1

elektromagnetischer Wandler

Energiewandler zur Erzeugung elektrischer Energie aus mechanischer Energie mithilfe des elektromagnetischen Induktionseffekts

3.2.2**elektromagnetische Induktion**

eine relative Bewegung zwischen einem Permanentmagneten und einer Spulenwindung erzeugt um den geschlossenen Pfad der Spule eine EMK, die proportional zur Änderungsrate des magnetischen Flusses durch jede Oberfläche, die von diesem Pfad begrenzt wird, ist

3.2.3**Wandlungsfaktor**

Wandlungsmaß

Φ

Maßgröße der Leistung des elektromagnetischen Wandlers, die auf die Flussdichte B , die Spulenlänge l und die Anzahl der Windungen pro Längeneinheit der Spule N bezogen wird und gegeben ist mit

$$\Phi = N B l \quad (1)$$

3.2.4**(elektrischer) Widerstand**

R_{coil}

Spulenwiderstand, der auf den spezifischen Widerstand des Spulenwerkstoffs, der Spulen-Windungslänge und dem (kreisförmigen) Durchmesser der Spule bezogen wird.

3.2.5**Induktivität**

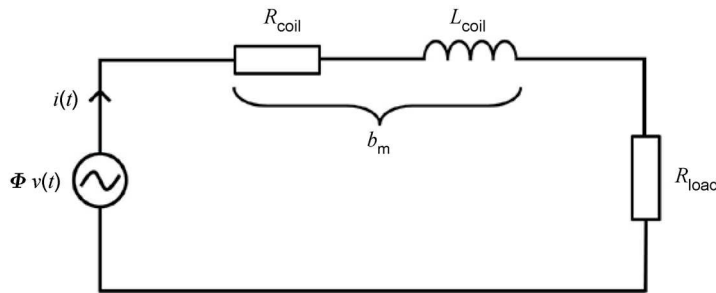
L_{coil}

Spuleninduktivität, die aufgrund einer Änderung des Stroms in der Spule eine proportionale Spannung über der Spule erzeugt

3.3 Charakteristische Kenngrößen**3.3.1****äquivalente Ersatzschaltung (des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters)**

elektrische Schaltung, welche in unmittelbarer Resonanznähe die gleiche Ausgangsspannung bei der induzierten Schwingung hat wie der elektromagnetische Schwingungs-Energy-Harvester

ANMERKUNG Im Bild 3 wird die Darstellung der elektrischen Ersatzschaltung eines schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters gezeigt. Die Ersatzschaltung besteht aus der EMK-Quelle $\Phi_v(t)$, welche den Strom $i(t)$ induziert, und, dazu in Reihe geschaltet, der Induktivität L_{coil} , dem Widerstand R_{coil} und dem Lastwiderstand R_{load} . Das Dämpfungsglied ist üblicherweise ein sich bewegendes Magnet, der mit dem Fluss der feststehenden Spule verkettet ist, wobei die Spule sowohl einen Widerstand als auch eine Induktivität in Reihe geschaltet hat. Das Arbeitsprinzip besteht darin, dass eine Spannung in der Spule infolge der sich ändernden Flussverkettung induziert wird, wobei der resultierende Strom Kräfte verursacht, welche der relativen Bewegung zwischen Magnet und Spule entgegengesetzt sind.

**Legende**

$\Phi v(t)$	EMK, die infolge der relativen Bewegung zwischen Magnet und Spule induziert wird	b_m	Dämpfung, die durch die Flussverketzung zwischen dem Magneten und der Spule mit dem Reihenwiderstand R_{coil} und der Induktivität L_{coil} auftritt
$i(t)$	Strom, der infolge der induzierten Vibration zu fließen beginnt	R_{load}	externe Last

Bild 3 – Äquivalente Ersatzschaltung des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters

3.3.2**Resonanzfrequenz**

f_r
kleinste Frequenz der induzierten Schwingung des Energy-Harvesters, um die höchste Ausgangsleistung zu erzeugen entsprechend der folgenden Gleichung

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2)$$

dabei sind k die Federkonstante und m die Masse (des Magneten), der an der Cantilever-Feder befestigt ist.

3.3.3**Bandbreite**

Δf
Einteilung von Frequenzen, zwischen denen die Ausgangsleistung größer oder gleich einem festgelegten Wert (50 %) ist

3.3.4**Dämpfungsverhältnis**

Dämpfungsfaktor

ξ
das Dämpfungsverhältnis ist eine dimensionslose Maßgröße, die beschreibt wie Schwingungen in einem System nach einer Störung abnehmen. Das Dämpfungsverhältnis liefert ein mathematisches Mittel, um in einem System die Höhe der Dämpfung im Verhältnis zur kritischen Dämpfung zu beschreiben. Für einen gedämpften harmonischen Oszillator mit der Masse m , dem Dämpfungsfaktor b und der Federkonstante k kann das Dämpfungsverhältnis wie folgt angegeben werden

$$\xi = \frac{b}{2\sqrt{mk}} \quad (3)$$

3.3.5**Qualitätsfaktor**

Güte

Q
die Güte oder der Q-Faktor ist eine dimensionslose Größe, die beschreibt, wie unterkritisch gedämpft ein Oszillator oder Resonator ist, oder äquivalent dazu, welche die Resonanzbandbreite in Bezug zur Mitten-

frequenz kennzeichnet. Im Zusammenhang mit Resonatoren ist Q mit dem Verhältnis von Resonanzfrequenz f_r zur Bandbreite bei der halben Leistung Δf des Resonators festgelegt zu

$$Q = \frac{f_r}{\Delta f} = \frac{\omega_r}{\Delta \omega} \quad (4)$$

Für ein einzelnes gedämpftes Masse-Feder-System stellt der Q-Faktor den Effekt der vereinfachten viskosen Dämpfung oder des Bremswiderstands dar, wobei die Dämpfungskraft oder Bremskraft proportional zur Geschwindigkeit ist. Die Formel für den Q-Faktor ist

$$Q = \frac{1}{2\xi} \quad (5)$$

wobei ξ das Dämpfungsverhältnis ist.

3.3.6

Leerlaufspannung

V

elektrische Potentialdifferenz, die auf einen Referenzknoten des Energy-Harvesters bezogen wird, wenn keine externe Last an den Anschlüssen des Energy-Harvesters angeschlossen ist

3.3.7

Ausgangsleistung

P

elektrische Leistung, die zur externen Last, die über die Anschlüsse des Energy-Harvesters angeschlossen ist, übertragen wird

3.3.8

Ausgangsstrom

I

Strom durch die externe Last, die über die Anschlüsse des Energy-Harvesters angeschlossen ist

3.3.9

optimale Last

R_{opt}

festgelegter Wert der externen Last, bei der die höchste elektrische Energie vom Energy-Harvester übertragen wird

3.3.10

Temperaturbereich

am Gehäuse gemessener Temperaturbereich innerhalb dessen der Energy-Harvester nicht dauerhaft geschädigt wird, obwohl der Energy-Harvester innerhalb der festgelegten Toleranzen nicht notwendigerweise funktionsgerecht arbeitet

3.3.11

Eingangsschwingung

am Gehäuse gemessener Beschleunigungsbereich der induzierten Schwingung auf den Energy-Harvester, innerhalb dessen der Energy-Harvester nicht dauerhaft geschädigt wird, obwohl der Energy-Harvester innerhalb der festgelegten Toleranzen nicht notwendigerweise funktionsgerecht arbeitet

3.3.12

mittlere Dauer bis zum Ausfall

Schätzwert der durchschnittlichen oder mittleren Dauer bis zum ersten Ausfall oder Unterbrechung im Betrieb des Energy-Harvesters

4 Wesentliche Grenz- und Betriebs-Kenngrößen

4.1 Kennzeichnung und Bauart

Der Schwingungs-Energy-Harvester muss eindeutig und haltbar in der unten angegebenen Reihenfolge gekennzeichnet sein:

- a) Jahr und Woche (oder Monat) der Herstellung;
- b) Name des Herstellers oder Warenzeichen;
- c) Anschlusskennzeichnung (optional);
- d) Seriennummer;
- f) Kennzeichnungscode des Fertigungsbetriebes (Fertigungsstätte) (optional).

4.2 Grenzwerte und Betriebsbedingungen

Der Hersteller muss die Betriebsbedingungen und deren Grenzwerte für den Energy-Harvester eindeutig angeben. Der Grenzwert ist die höchste induzierte Vibration, um den Betrieb des Energy-Harvesters zur Energieerzeugung ohne irgendeine Schädigung sicherzustellen.

Kenngrößen	Symbole	Kleinstwert	Höchstwert	Einheit

4.3 Zusätzliche Angaben

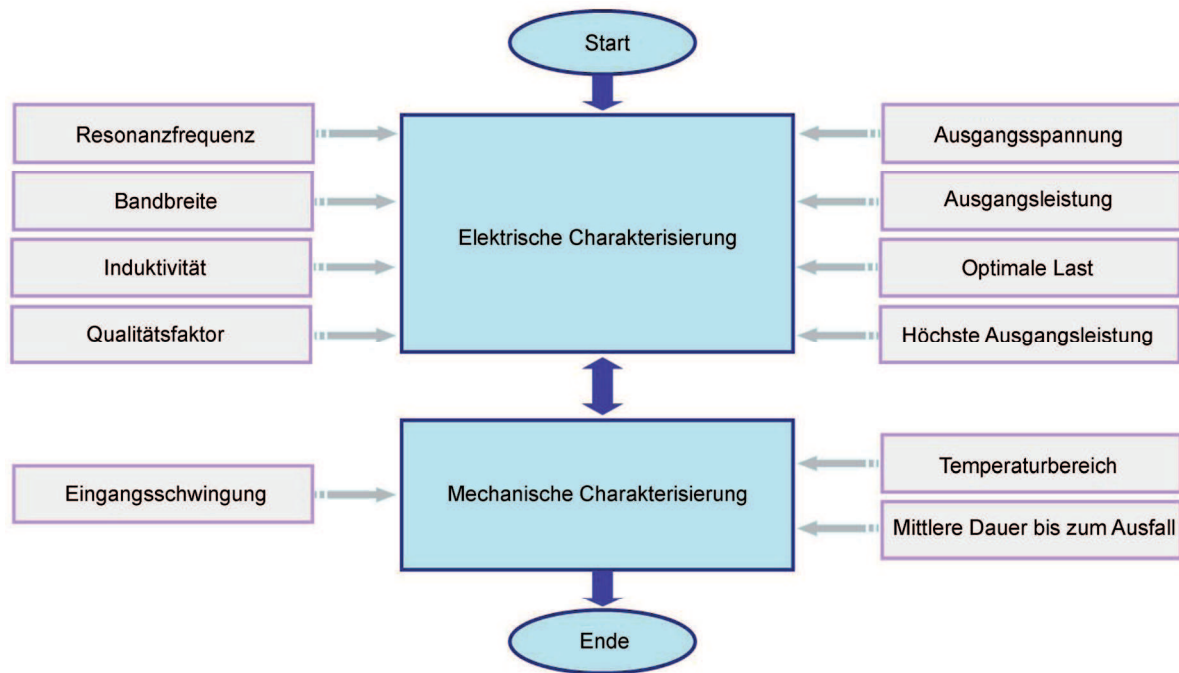
Es sollten einige zusätzliche Informationen angegeben werden wie äquivalente Ersatzschaltung (z. B. Resonanzfrequenz, Innenimpedanz, Frequenzgang, Ausgangsspannung, Ausgangsleistung usw.), Handhabevorschriften, physikalische Angaben (z. B. Gehäusemaße, Anschlüsse, Zubehörteile, Installationsanleitung, usw.), Gehäusedaten, PCB-Interface und Montagehinweise sowie andere Angaben usw.

5 Prüfdurchführung

5.1 Allgemeines

Grundsätzlich werden die allgemeinen Prüfungen für Schwingungs-Energy-Harvester, so wie in Bild 4 gezeigt, durchgeführt. Nachdem der schwingungsbasierte elektromagnetische Energy-Harvester auf eine Prüffassung montiert wurde, wird er mithilfe von Spannungs-, Strom- und LCR-Messgeräten gemessen. Da die Eingangsimpedanz dieser Messgeräte gewöhnlich 10 M Ω beträgt, können miniaturisierte oder mikrometergroße Energy-Harvester-Bauelemente infolge ihrer großen Innenimpedanz nicht genau charakterisiert werden. Für ein genaues Messen und Charakterisieren dieser Bauelemente sollten Messgeräte mit extrem hohen Impedanzen verwendet werden. Ein digitales Speicheroszilloskop ist ebenfalls zu verwenden, um die vom elektromagnetischen Energy-Harvester erzeugte Kurvenform zu beobachten und aufzuzeichnen.

Bevor der Schwingungs-Energy-Harvester mit der Messfassung, dem Messgerät, den Anschlusskabeln, Schwingungserzeuger (Schwingtisch) und Oszilloskop verbunden wird, sind diese entsprechend ihrer jeweiligen Kalibrierverfahren zu kalibrieren. Nach dem Kalibrieren sind die Messkabel mit der Messfassung und dem auf ihr montierten Schwingungs-Energy-Harvester auf dem Schwingtisch zu befestigen. Das Ablesen der Messwerte von Ausgangsspannung oder Ausgangsstrom auf den Messgerätedisplays und dem Oszilloskop ist sorgfältig bei der induzierten Schwingung, die mithilfe eines Beschleunigungsmessgerätes gemessen wird, vorzunehmen.



Legende

Messverfahren	Referenzabschnitt	Messverfahren	Referenzabschnitt
Start		Ausgangsleistung	3.3.7 und 5.2.9
elektrische Charakterisierung		optimale Last	3.3.9 und 5.2.10
Resonanzfrequenz	3.3.2 und 5.2.3	höchste Ausgangsleistung	5.2.11
Bandbreite	3.3.3 und 5.2.4	mechanische Charakterisierung	
Induktivität	3.2.5 und 5.2.2	Temperaturbereich	5.3.2
Qualitätsfaktor	3.3.5 und 5.2.6	Eingangsschwingung	3.3.11 und 5.3.3
Ausgangsspannung	3.3.5 und 5.2.7	mittlere Dauer bis zum Ausfall	3.3.12 und 5.3.3

ANMERKUNG Schwingungsbasierte Energy-Harvester können, wie im Bild 4 gezeigt, gemessen werden. Nach der Montage des Energy-Harvesters auf einen Schwingtisch werden die elektrischen Kenngrößen mithilfe eines Messgerätes oder einer äquivalenten Einrichtung gemessen. Falls die Messungen erfolgreich waren, wird die Zuverlässigkeitsprüfung für den Temperaturbereich mit Temperaturwechselbeanspruchungen und die mechanische Ausfallprüfung bei unterschiedlichen Schwingungen für die kommerzielle Anwendung durchgeführt.

Bild 4 – Messverfahren für schwingungsbasierte elektromagnetische Energy-Harvester

5.2 Elektrische Kenngrößen

5.2.1 Prüfdurchführung

Im Bild 5 wird eine Prüfanordnung zur elektrischen Charakterisierung von schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvester dargestellt. Um die elektrischen Kenngrößen des schwingungsbasierten elektromagnetischen Energy-Harvesters zu messen, muss das Bauelement auf einem Schwingtisch, so wie in Bild 5 gezeigt, montiert werden. Wenn eine stetige Schwingung mit festgelegter Beschleunigung auf das Bauelement ausgeübt wird, wird eine Ausgangsspannung oder ein Ausgangsstrom an der externen Last gemessen.

Der folgende Prüfablauf wird durchgeführt:

- Eine festgelegte Schwingung wird in dem Energy-Harvester induziert.
- Die Spannung oder der Strom an der externen Last, die mit den Anschlüssen des Energy-Harvesters verbunden ist, wird mithilfe eines Spannungs- oder Strom-Messgerätes gemessen.