

DIN EN IEC 60747-16-9

ICS 31.080.99

Einsprüche bis 2022-07-27

Entwurf

**Halbleiterbauelemente –
Teil 16-9: Integrierte Mikrowellen-Verstärker –
Phasenschieber
(IEC 47E/768/CD:2021);
Text Deutsch und Englisch**

Semiconductor devices –
Part 16-9: Microwave integrated circuits –
Phase shifters
(IEC 47E/768/CD:2021);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-05-27 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, Merianstraße 28, 63069 Offenbach 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 72 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 47E/768/CD:2021-09 „Semiconductor devices – Part 16-9: Microwave integrated circuits – Phase shifters“ (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 IEC/SC 47E „Discrete semiconductor devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde 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 DKE/UK 631.1 „Einzel-Halbleiterbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

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.

Inhalt		Seite
1	Anwendungsbereich.....	7
2	Normative Verweisungen.....	7
3	Begriffe.....	7
4	Wesentliche Bemessungswerte und Kennwerte.....	10
4.1	Allgemeine Anforderungen.....	10
4.1.1	Schaltungskennzeichnung und Bauart.....	10
4.1.2	Allgemeine Funktionsbeschreibung.....	10
4.1.3	Fertigungstechnologie.....	10
4.1.4	Gehäusekennzeichnung.....	10
4.2	Anwendungsbezogene Beschreibung.....	10
4.2.1	Übereinstimmung mit System- und/oder Schnittstellenangaben.....	10
4.2.2	Übersichtsblockschaltbild.....	11
4.2.3	Bezugsdaten.....	11
4.2.4	Elektrische Kompatibilität.....	11
4.2.5	Zugehörige Bauteile.....	11
4.3	Festlegung der Funktion.....	11
4.3.1	Ausführliches Blockschaltbild – Funktionsblöcke.....	11
4.3.2	Kennzeichnung und Funktion von Anschlüssen.....	11
4.3.3	Funktionsbeschreibung.....	12
4.4	Grenzwerte (System der absoluten Bemessungshöchstwerte).....	13
4.4.1	Anforderungen.....	13
4.4.2	Elektrische Grenzwerte.....	13
4.4.3	Temperaturen.....	14
4.5	Betriebsbedingungen (innerhalb des festgelegten Betriebstemperaturbereiches).....	14
4.6	Elektrische Eigenschaften.....	15
4.7	Mechanische und umweltbezogene Bemessungswerte, Kennwerte und Daten.....	16
4.8	Zusätzliche Angaben.....	16
5	Messverfahren.....	16
5.1	Allgemeines.....	16
5.1.1	Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen.....	16
5.1.2	Wellenwiderstand.....	17
5.1.3	Vorsichtsmaßnahmen bei der Verarbeitung.....	17
5.1.4	Bauarten.....	17
5.2	Einfügungsdämpfung (L_{ins}).....	17
5.2.1	Zweck.....	17
5.2.2	Messverfahren.....	17
5.3	Phasenverschiebungswert (S_{ph}).....	20
5.3.1	Zweck.....	20

5.3.2	Schaltplan.....	20
5.3.3	Messprinzip.....	20
5.3.4	Schaltungsbeschreibung und Anforderungen.....	20
5.3.5	Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen.....	21
5.3.6	Messverfahren.....	21
5.3.7	Festgelegte Bedingungen.....	21
5.4	Phasenverschiebungsbereich (R_{ph}).....	21
5.4.1	Zweck.....	21
5.4.2	Schaltplan.....	21
5.4.3	Messprinzip.....	21
5.4.4	Schaltungsbeschreibung und Anforderungen.....	21
5.4.5	Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen.....	22
5.4.6	Messverfahren.....	22
5.4.7	Festgelegte Bedingungen.....	22
5.5	Phasenverschiebungsgenauigkeit (S_{aur}).....	22
5.5.1	Zweck.....	22
5.5.2	Schaltplan.....	22
5.5.3	Messprinzip.....	22
5.5.4	Schaltungsbeschreibung und Anforderungen.....	23
5.5.5	Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen.....	23
5.5.6	Messverfahren.....	23
5.5.7	Festgelegte Bedingungen.....	23
5.6	Effektivwert der Phasenverschiebungsgenauigkeit ($S_{aur(RMS)}$).....	23
5.6.1	Zweck.....	23
5.6.2	Schaltplan.....	23
5.6.3	Messprinzip.....	23
5.6.4	Schaltungsbeschreibung und Anforderungen.....	24
5.6.5	Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen.....	24
5.6.6	Messverfahren.....	24
5.6.7	Festgelegte Bedingungen.....	24
5.7	Eingangsrückflussdämpfung ($L_{ret(in)}$).....	24
5.7.1	Zweck.....	24
5.7.2	Messverfahren.....	25
5.8	Ausgangsrückflussdämpfung ($L_{ret(out)}$).....	27
5.8.1	Zweck.....	27
5.8.2	Messverfahren.....	27
5.9	Amplitudenebenheit (F_{amp}).....	29
5.9.1	Zweck.....	29
5.9.2	Messverfahren.....	29

5.10	Welligkeit der Einfügungsdämpfung (L_{rip}).....	31
5.10.1	Zweck.....	31
5.10.2	Messverfahren.....	31
5.11	Eingangsleistung bei 1 dB Kompression ($P_{i(1\text{ dB})}$).....	33
5.11.1	Zweck.....	33
5.11.2	Schaltplan.....	33
5.11.3	Messprinzip.....	33
5.11.4	Schaltungsbeschreibung und Anforderungen.....	33
5.11.5	Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen.....	33
5.11.6	Messverfahren.....	33
5.11.7	Festgelegte Bedingungen.....	34
5.12	Intermodulationsverzerrung (Zwei-Ton) (P_N/P_1).....	34
5.12.1	Zweck.....	34
5.12.2	Schaltplan.....	34
5.12.3	Messprinzip.....	34
5.12.4	Schaltungsbeschreibung und Anforderungen.....	35
5.12.5	Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen.....	35
5.12.6	Messverfahren.....	35
5.12.7	Festgelegte Bedingungen.....	35
5.13	Leistung am Interceptpunkt (für Intermodulationsprodukte) ($P_{n(IP)}$).....	36
5.13.1	Zweck.....	36
5.13.2	Schaltplan.....	36
5.13.3	Messprinzip.....	36
5.13.4	Schaltungsbeschreibung und Anforderungen.....	36
5.13.5	Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen.....	36
5.13.6	Messverfahren.....	36
5.13.7	Festgelegte Bedingungen.....	37
5.14	Einschaltzeit (t_{on}), Ausschaltzeit (t_{off}).....	37
5.14.1	Zweck.....	37
5.14.2	Schaltplan.....	37
5.14.3	Messprinzip.....	37
5.14.4	Schaltungsbeschreibung und Anforderungen.....	38
5.14.5	Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen.....	38
5.14.6	Messverfahren.....	38
5.14.7	Festgelegte Bedingungen.....	39
Bilder		
Bild 1	– Schaltbild für die Messung der Einfügungsdämpfung (Verfahren 1).....	17
Bild 2	– Schaltbild für die Messung der Einfügungsdämpfung (Verfahren 2).....	19
Bild 3	– Schaltbild für die Messung der Eingangsrückflussdämpfung.....	25

Bild 4 – Schaltbild für die Messung der Intermodulationsverzerrung.....	34
Bild 5 – Schaltbild für die Messung der Schaltzeiten.....	37
Bild 6 – Eingabe- und Ausgabe-Wellenformen.....	38
Tabellen	
Tabelle 1 – Funktion der Anschlüsse.....	12
Tabelle 2 – Elektrische Grenzwerte.....	13
Tabelle 3 – Elektrische Eigenschaften.....	14
Tabelle 4 – Temperaturen.....	14
Tabelle 5 – Elektrische Eigenschaften.....	15

Halbleiterbauelemente – Teil 16-9: Integrierte Mikrowellen-Verstärker – Phasenschieber

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil von IEC 60747 werden die Terminologie, die wesentlichen Bemessungswerte und Kennwerte sowie die Messverfahren für Phasenschieber von integrierten Mikrowellenschaltkreisen festgelegt.

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 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available at <http://std.iec.ch/iec60617>>)

IEC 60747-1:2010, *Semiconductor devices – Part 1: General*

IEC 60747-4:2007, *Semiconductor devices – Discrete devices – Part 4: Microwave diodes and transistors*

IEC 60747-4:2007/AMD 1:2017

IEC 60747-16-1:2001, *Semiconductor devices – Part 16-1: Microwave integrated circuits – Amplifiers*

IEC 60747-16-1:2001/AMD 1:2007

IEC 60747-16-1:2001/AMD 2:2017

IEC 60747-16-4:2004, *Semiconductor devices – Part 16-4: Microwave integrated circuits – Switches*

IEC 60747-16-4:2004/AMD 1:2009

IEC 60747-16-4:2004/AMD 2:2017

IEC 60747-16-6:2019, *Semiconductor devices – Part 16-6: Microwave integrated circuits – Frequency multipliers*

IEC 61340-5-1, *Electrostatics – Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements*

IEC TR 61340-5-2, *Electrostatics – Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – User guide*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Bezugszustand

Zustand der geringsten Dämpfung

3.2

Phasenverschiebungszustand

Steuerspannungszustand mit zusätzlichem Phasenverschiebungswert

3.3

Einfügungsdämpfung

L_{ins}

Verhältnis von Eingangs- zur Ausgangsleistung im Bezugszustand, im linearen Bereich der Leistungsübertragungskurve $P_o(\text{dBm})=f(P_i)$

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Region $\Delta P_o(\text{dBm})=\Delta P_i(\text{dBm})$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einfügungsdämpfung wird üblicherweise in Dezibel ausgedrückt.

[QUELLE: IEC 60747-16-4:2004/AMD1:2009, 3.1, modifiziert – in der englischen Fassung wurde „at the switched on port“ durch „in the reference state“ ersetzt]

3.4

Phasenverschiebungswert

S_{ph}

Differenz zwischen der Phase im Phasenverschiebungszustand und der Phase im Bezugszustand

3.5

Phasenverschiebungsbereich

R_{ph}

Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Phasenverschiebungswert

3.6

Phasenverschiebungsgenauigkeit

S_{aur}

Differenz zwischen dem gemessenen Wert und dem Nennwert der Phasenverschiebung

3.7

Effektivwert der Phasenverschiebungsgenauigkeit

$S_{aur(RMS)}$

Effektivwert der maximalen Differenzen zwischen den gemessenen Werten und den Nennwerten der Phasenverschiebung

[QUELLE: IEC 60747-16-6:2019, 3.4]

3.8

Eingangsrückflussdämpfung

$L_{ret(in)}$

Verhältnis der am Eingangsanschluss anliegenden Leistung zur reflektierten Leistung am Eingangsanschluss

[QUELLE: IEC 60747-16-6:2019, 3.4]

3.9

Ausgangsrückflussdämpfung

$L_{ret(out)}$

Verhältnis der am Ausgangsanschluss anliegenden Leistung zur reflektierten Leistung am Ausgangsanschluss

[QUELLE: IEC 60747-16-6:2019, 3.5]

3.10

Amplitudenebenheit

F_{amp}

Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert der Einfügungsdämpfung im Bezugszustand im

Arbeitsfrequenzbereich

3.11

Welligkeit der Einfügungsdämpfung

L_{rip}

Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert der Einfügungsdämpfung im Bezugszustand und im Phasenverschiebungszustand

3.12

Eingangsleistung bei 1 dB Kompression

$P_{i(1\text{ dB})}$

Eingangsleistung, bei der die Einfügungsdämpfung im Vergleich zu der Eingangsleistung im linearen Bereich um 1 dB ansteigt

[QUELLE: IEC 60747-16-4:2004, 3.4]

3.13

Intermodulationsverzerrung

P_n / P_1

Anteil n-ter Ordnung der Ausgangsleistung zum Grundanteil der Ausgangsleistung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Abkürzung „ IMD_n “ wird üblicherweise für die Intermodulationsverzerrung n-ter Ordnung verwendet.

[QUELLE: IEC 60747-4:2007/AMD1:2017, 7.2.19]

3.14

Leistung am Interceptpunkt (für Intermodulationsprodukte)

$P_{n(IP)}$

Ausgangsleistung am Schnittpunkt zwischen den extrapolierten Ausgangsleistungen von Grundanteil und den Intermodulationsanteilen n-ter Ordnung, wenn die Extrapolation in einem Diagramm durchgeführt wird, in dem die Ausgangsleistung der Anteile (in Dezibel) als Funktion der Eingangsleistung (in Dezibel) dargestellt ist

[QUELLE: IEC 60747-16-1:2001, 3.8]

3.15

Schaltzeit

3.15.1

Einschaltzeit

t_{on}

Intervall zwischen dem unteren Bezugspunkt an der Anstiegsflanke der Steuerspannung und dem oberen Bezugspunkt an der Anstiegsflanke der Hüllkurve der Ausgangsspannung im linearen Bereich der Leistungsübertragungskurve $P_o(\text{dBm}) = f(P_i)$

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Region $\Delta P_o(\text{dBm}) = \Delta P_i(\text{dBm})$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Bezugswert entspricht üblicherweise 50 % der Amplitude.

[QUELLE: IEC 60747-16-4:2004, 5.6]

3.15.2

Ausschaltzeit

t_{off}

Intervall zwischen dem oberen Bezugspunkt an der abfallenden Flanke der Steuerspannung und dem unteren Bezugspunkt an der abfallenden Flanke der Hüllkurve der Ausgangsspannung im linearen Bereich der Leistungsübertragungskurve $P_o(\text{dBm}) = f(P_i)$

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Region $\Delta P_o(\text{dBm}) = \Delta P_i(\text{dBm})$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Bezugswert entspricht üblicherweise 50 % der Amplitude.

[QUELLE: IEC 60747-16-4:2004, 5.6]

4 Wesentliche Bemessungswerte und Kennwerte

4.1 Allgemeine Anforderungen

4.1.1 Schaltungskennzeichnung und Bauart

Es muss eine Bauartkennzeichnung (Bauelementenname), Schaltungskategorie und Technologie angegeben werden.

Mikrowellen-Phasenschieber umfassen zwei Kategorien:

- Bauart A: Digitale Phasenschieber;
- Bauart B: Analoge Phasenschieber.

4.1.2 Allgemeine Funktionsbeschreibung

Eine allgemeine Beschreibung der Funktion, die von Phasenschiebern von integrierten Mikrowellenschaltkreisen ausgeführt wird, und der allgemeinen Merkmale für die Anwendung muss angegeben werden.

4.1.3 Fertigungstechnologie

Die Fertigungstechnologie, wie z. B. monolithisch integrierte Halbleiterschaltung, integrierte Dünnschichtschaltung, zusammengesetzte Mikroschaltung, muss angegeben werden. Diese Angaben müssen auch Einzelheiten zu den Halbleitertechnologien wie PIN-Dioden, Heterostruktur-Feldeffekttransistoren (HFET, en: heterostructure field effect transistor), pseudomorphe Transistoren mit hoher elektronischer Admittanz (PHEMT, en: pseudomorphic high electronic mobility transistor) usw. enthalten.

Bei Terminologie und Formelzeichen, wesentlichen Bemessungswerten und Kennwerten sowie Messverfahren für solche Mikrowellengeräte muss auf IEC 60747-4 verwiesen werden.

4.1.4 Gehäusekennzeichnung

Folgende Angaben müssen gemacht werden:

- a) Chip oder mit Gehäuse versehen;
- b) IEC und/oder nationale Bezugsnummer der Umrisszeichnung oder eine Zeichnung des nicht genormten Gehäuses einschließlich der Anschlussnummerierung;
- c) hauptsächlich verwendeter Gehäusewerkstoff, z. B. Metall, Keramik, Kunststoff.

4.2 Anwendungsbezogene Beschreibung

4.2.1 Übereinstimmung mit System- und/oder Schnittstellenangaben

Es sollte angegeben werden, ob die integrierte Schaltung einem Anwendungssystem und/oder einer Schnittstellennorm oder -empfehlung entspricht.

Außerdem sollten genaue Angaben zu Anwendungssystemen, Einrichtungen und Schaltkreisen wie Radarsystemen, Kommunikationssystemen, drahtlosen WLAN-Netzwerkssystemen usw. bereitgestellt werden.

4.2.2 Übersichtsblockschaltbild

Gegebenenfalls sollte ein Blockschaltbild der angewendeten Systeme angegeben werden.

4.2.3 Bezugsdaten

Die wichtigsten Eigenschaften, die einen Vergleich zwischen abgeleiteten Bauarten zulassen, sollten angegeben werden.

4.2.4 Elektrische Kompatibilität

Es sollte angegeben werden, ob die integrierte Schaltung mit anderen einzelnen integrierten Schaltungen oder Familien von integrierten Schaltungen kompatibel ist oder ob besondere Schnittstellen erforderlich sind.

Details bezüglich der Bauart der Eingangs- und Ausgangsstromkreise, wie etwa Eingangs-/Ausgangs impedanzen, Gleichstromblock, Open-Drain sollten angegeben werden. Austauschbarkeit mit anderen Bauteilen sollten ebenfalls angegeben werden.

4.2.5 Zugehörige Bauteile

Falls zutreffend, sollten folgende Angaben gemacht werden:

- für den korrekten Betrieb erforderliche Bauteile (Liste mit Bauartnummer, Name und Funktion);
- periphere Bauteile mit direkter Schnittstelle (Liste mit Bauartnummer, Name und Funktion).

4.3 Festlegung der Funktion

4.3.1 Ausführliches Blockschaltbild – Funktionsblöcke

Ein ausführliches Blockschaltbild oder Angaben zum Ersatzschaltbild der Phasenschieber von integrierten Mikrowellenschaltkreisen müssen angegeben werden. Das Blockschaltbild muss aus den folgenden Teilen aufgebaut sein:

- 1) Funktionsblöcken;
- 2) gegenseitigen Verbindungen zwischen den Funktionsblöcken;
- 3) einzelnen Funktionseinheiten innerhalb der Funktionsblöcke;
- 4) gegenseitigen Verbindungen zwischen den einzelnen Funktionsblöcken;
- 5) Funktion jeder externen Verbindung;
- 6) gegenseitige Abhängigkeit zwischen den separaten Funktionsblöcken.

Das Blockschaltbild muss die Funktion jeder externen Verbindung ausweisen, und, wo keine Mehrdeutigkeit auftreten kann, auch die Anschlusszeichen und/oder -nummern darstellen. Falls das Gehäuse metallene Teile enthält, muss jede Verbindung von diesen zu den externen Anschlüssen gekennzeichnet werden. Falls erforderlich, müssen die Verbindungen mit allen zugehörigen externen elektrischen Bauelementen angegeben werden.

Als Zusatzinformation kann das vollständige elektrische Schaltbild wiedergegeben werden, dies muss aber nicht notwendigerweise Hinweise auf die Werte der Schaltkreisbauteile enthalten. Das graphische Symbol für die Funktion muss angegeben werden. Regeln, die derartige Schaltbilder betreffen, können IEC 60617 entnommen werden.

4.3.2 Kennzeichnung und Funktion von Anschlüssen

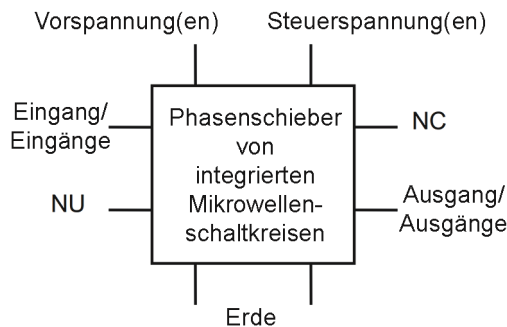
Im Blockschaltbild müssen wie unten dargestellt alle Anschlüsse gekennzeichnet sein (Versorgungsanschlüsse, Eingangs- oder Ausgangsanschlüsse, Eingangs-/Ausgangsanschlüsse).

Die Funktionen der Anschlüsse a) bis d) sollten in der detaillierten Spezifikation für den jeweiligen Phasenschieber beschrieben werden, wie in Tabelle 1 unten dargestellt.

Tabelle 1 – Funktion der Anschlüsse

Anschlussbe- nummerung	Anschluss- zeichen	Anschluss- kennzeich- nung ^a	Funktion ^b	Funktion des Anschlusses	
				Ein- gangs-/Aus- gangskenn- zeichnung ^c	Bauart der Ein- gangs-/Aus- gangsstrom- kreise ^d
^a Um die Funktion des Anschlusses darzustellen, muss eine Anschlussbezeichnung angegeben werden. Dabei muss zwischen Versorgungsanschlüssen, Masseanschlüssen, nicht belegten Anschlüssen (Abkürzung NC), nicht verwendbaren Anschlüssen (Abkürzung NU) unterschieden werden.					
^b Es muss ein kurzer Hinweis zur Anschlussfunktion angegeben werden: <ul style="list-style-type: none">- jede Funktion von Mehrfachunktionsanschlüssen, d. h. Anschlüssen, die mehrere Funktionen besitzen;- jede Funktion der integrierten Schaltung, die durch gegenseitige Verbindungen von Anschlussstiften, durch Programmierung und/oder durch das Anlegen von Signalen zur Funktionsauswahl an den Anschlussstift zur Funktionsauswahl ausgewählt wird, wie z. B. dem Anschlussstift zur Auswahl der Betriebsart;- wenn die Grundplatte des Gehäuses als Masseanschluss verwendet wird, muss die Bauart des Masseanschlusses, beispielsweise analoge Masse, digitale Masse angegeben werden.					
^c Es muss zwischen Eingang, Ausgang, Eingabe/Ausgabe und Multiplex-Ausgangsanschlüssen unterschieden werden.					
^d Die Bauart von Eingangs-/Ausgangsstromkreisen, z. B. Eingangs-/Ausgangsimpedanzen, mit oder ohne Gleichstromblock usw., muss unterschieden werden.					

Beispiel:



4.3.3 Funktionsbeschreibung

Die von der Schaltung ausgeführte Funktion muss festgelegt sein, wobei die folgenden Angaben enthalten sein müssen:

- Grundfunktion;
- Beziehung zu den externen Anschlüssen;
- Betriebsart (z. B. Setup-Verfahren, Bevorrechtigung usw.);
- Interrupt-Behandlung.

4.4 Grenzwerte (System der absoluten Bemessungshöchstwerte)

4.4.1 Anforderungen

Die Tabelle für diese Werte muss folgende Angaben enthalten:

- Alle gegenseitigen Abhängigkeiten von Grenzbedingungen müssen festgelegt werden;
- Falls extern angeschlossene und/oder befestigte Elemente, z. B. Kühlkörper, einen Einfluss auf die Bemessungswerte haben, müssen die Bemessungswerte für die integrierte Schaltung mit den angeschlossenen und/oder befestigten Elementen vorgeschrieben werden;
- Falls Grenzwerte bei kurzzeitiger Überlastung überschritten werden, müssen die zulässige Überschreitung und ihre Dauer festgelegt werden;
- Es muss angegeben werden, ob sich die Mindest- und Höchstwerte während der Programmierung des Bauteils unterscheiden;
- Alle Spannungen werden auf einen festgelegten Bezugsanschluss bezogen (V_{SS} , Masse usw.);
- Der Hersteller muss deutlich machen, ob er sich, wenn Höchst- und/oder Mindestwerte angegeben sind, auf die absolute Größe oder den algebraischen Wert der Größe bezieht;
- Die angegebenen Bemessungswerte müssen den Betrieb der multifunktionalen integrierten Schaltung über dem festgelegten Betriebstemperaturbereich umfassen. Wenn diese Bemessungswerte temperaturabhängig sind, muss diese Abhängigkeit angegeben werden.

4.4.2 Elektrische Grenzwerte

Die Grenzwerte müssen wie in Tabelle 2 unten angegeben festgelegt werden.

Tabelle 2 – Elektrische Grenzwerte

Parameter	Min.	Max.
Belastungsspannung(en) (soweit zutreffend)	+	+
Belastungsstrom bzw. -ströme (soweit zutreffend)		+
Steuerversorgungsspannung(en) (soweit zutreffend)	+	+
Steuerversorgungsstrom (-ströme) (soweit zutreffend)		+
Anschlussspannung(en) (soweit zutreffend)	+	+
Anschlussstrom (-ströme) (soweit zutreffend)		+
Eingangsleistung		+
Verlustleistung		+
ANMERKUNG Es ist notwendig, entweder Belastungsspannung(en) oder Belastungsstrom bzw. -ströme und entweder Anschlussspannung(en) oder Anschlussstrom bzw. -ströme auszuwählen.		

Die Bauartspezifikation darf diese Werte in Tabelle 3 unten einschließlich der Fußnoten a und b angeben.

Tabelle 3 – Elektrische Eigenschaften

Kenngrößen ^{a, b}	Symbole	Min.	Max.	Einheit
^a Wo zutreffend, nach der Bauart der betrachteten Schaltung. ^b Für den Versorgungsspannungsbereich: <ul style="list-style-type: none"> - Grenzwert(e) der Gleichspannung(en) am Versorgungsanschluss (an den Versorgungsanschlüssen) mit Bezug auf einen besonderen elektrischen Bezugspunkt; - Grenzwert zwischen festgelegten Versorgungsanschlüssen, sofern zutreffend; - wenn mehr als eine Versorgungsspannung erforderlich ist, muss eine Angabe darüber gemacht werden, ob die Reihenfolge, in der diese Versorgungsspannungen angelegt werden, wichtig ist; ist dies der Fall, muss die Reihenfolge angegeben werden; - wenn mehr als eine Versorgungsspannung benötigt wird, kann es erforderlich sein, die Kombinationen der Bemessungswerte für diese Versorgungsspannungen und ströme anzugeben. 				

4.4.3 Temperaturen

Die Bauartspezifikation darf die folgenden Temperaturwerte in Tabelle 4 einschließlich der Anmerkung angeben:

- a) Betriebstemperatur (Umgebungs- oder Bezugspunkttemperatur);
- b) Lagertemperatur;
- c) Kanaltemperatur;
- d) Anschlussstemperatur (für das Löten).

Tabelle 4 – Temperaturen

Kenngrößen (Anmerkung)	Symbole	Min.	Max.	Einheit
ANMERKUNG				
Wo zutreffend, nach der Bauart der betrachteten Schaltung.				

4.5 Betriebsbedingungen (innerhalb des festgelegten Betriebstemperaturbereiches)

Die Betriebsbedingungen müssen nicht kontrolliert werden, dürfen aber zum Zweck der Qualitätsbewertung verwendet werden, einschließlich der folgenden Angaben:

- a) Spannungsversorgungen – positive und/oder negative Werte (soweit zutreffend);
- b) Initialisierungsreihenfolgen (sofern zutreffend). Wenn besondere Initialisierungsreihenfolgen erforderlich sind, müssen die Reihenfolge des Anlegens der Spannungsversorgung und das Initialisierungsverfahren festgelegt werden;
- c) Eingangsspannung(en) (soweit zutreffend);
- d) Ausgangsstrom (-ströme) (wo zutreffend);
- e) Spannung und/oder Strom vom anderen Anschluss (von anderen Anschlüssen);
- f) Externe Elemente (soweit zutreffend);
- g) Arbeitstemperaturbereich;
- h) Betriebsfrequenzbereich;

- i) Phasenschieber-Bit;
- j) Phasenschieber-Schritt.

4.6 Elektrische Eigenschaften

Sofern nicht anders angegeben, müssen die Kennwerte über den gesamten Betriebstemperaturbereich gelten. Jeder Kennwert muss bei der folgenden Temperatur angegeben werden, entweder

- a) über den festgelegten Bereich der Betriebstemperaturen oder
- b) bei einer Temperatur von 25 °C und beim Höchst- und Mindestwert der Betriebstemperatur.

Die Kenngrößen sollten entsprechend der Bauart festgelegt werden, wie in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5 – Elektrische Eigenschaften

Parameter	Min.Bau-Max.		Bau- ar- ten	
			A	B
Ansprechstrom der Vorspannungsversorgung (soweit zutreffend)	+	+	+	+
Ansprechstrom der Steuerspannung (soweit zutreffend)	+	+	+	+
Einfügungsdämpfung (L_{ins})	+	+	+	+
Phasenverschiebungswert (S_{ph})	+	+	+	+
Phasenverschiebungsbereich (R_{ph})	+	+	+	+
Phasenverschiebungsgenauigkeit (S_{aur})	+	+	+	+
Effektivwert der Phasenverschiebungsgenauigkeit ($S_{aur(RMS)}$)	+	+	+	+
Eingangsrückflussdämpfung ($L_{ret(in)}$)	+	+	+	+
Ausgangsrückflussdämpfung ($L_{ret(out)}$)	+	+	+	+
Amplitudenebenheit (F_{amp})	+	+	+	+
Welligkeit der Einfügungsdämpfung (L_{rip})	+	+	+	+
Eingangsleistung bei 1 dB Kompression ($P_{i(1\text{ dB})}$)	+	+	+	+
Intermodulationsverzerrung (P_n/P_1)	+	+	+	+

Parameter	Min.Bau-Max. ar- ten		Bau- arten	
			A	B
Leistung am Intercept- punkt ($P_{n(IP)}$)	+	+	+	+
Schaltzeit (t_{on}, t_{off})		+	+	+

4.7 Mechanische und umweltbezogene Bemessungswerte, Kennwerte und Daten

Es müssen alle anwendbaren besonderen mechanischen und umweltbezogenen Bemessungswerte angegeben werden (siehe auch IEC 60747-1:2010, 5.10 und 5.11).

4.8 Zusätzliche Angaben

Soweit zutreffend, müssen folgende Information angegeben werden:

- Ersatzdaten des Eingangs- und des Ausgangsstromkreises: Es müssen genaue Angaben zur Bauart der Eingangs- und Ausgangsstromkreise, z. B. Eingangs-/Ausgangs impedanzen, Gleichstromblock, Open-Drain usw. bereitgestellt werden;
- Innere Schutzeinrichtung: Es muss eine Erklärung dazu abgegeben werden, ob die integrierte Schaltung eine innere Schutzeinrichtung gegen hohe statische Spannungen oder elektrische Felder enthält;
- Kondensatoren an Anschlüssen: Wenn Kondensatoren für den Eingangs-/Ausgangs-Gleichstromblock benötigt werden, müssen deren Kapazitätswerte angegeben werden;
- Wärmewiderstand;
- Verbindungen zu anderen Bauarten von Schaltkreisen: Soweit zutreffend, müssen Details zu den Verbindungen zu anderen Schaltkreisen bereitgestellt, z. B. Detektorkreis für AGC, Sensorverstärker, Puffer usw.;
- Einflüsse eines oder mehrerer extern angeschlossener Bauelemente: Kurvenverläufe oder Daten, die den Einfluss eines oder mehrerer extern angeschlossener Bauelemente anzeigen und die die Kennwerte beeinflussen, dürfen angegeben werden;
- Empfehlungen für angeschlossene Bauteile: Beispielsweise muss die Entkopplung der Versorgungsspannung vom Hochfrequenzbauteil angegeben werden;
- Vorsichtsmaßnahmen bei der Verarbeitung: Soweit zutreffend, müssen besondere Vorsichtsmaßnahmen bei der Verarbeitung des Schaltkreises angegeben werden (siehe auch IEC 61340-5-1 und IEC TR 61340-5-2);
- Anwendungsdaten;
- Weitere Angaben zur Anwendung;
- Ausgabedatum des Datenblatts.

5 Messverfahren

5.1 Allgemeines

5.1.1 Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen

Die in 6.3, 6.4 und 6.6 von IEC 60747-1:2010 aufgeführte Messgenauigkeit, der Schutz von Geräten und Messeinrichtungen sowie die Genauigkeit von Messkreisen müssen eingehalten werden. Zusätzlich muss besonders darauf geachtet werden, Gleichspannungsversorgungen mit niedriger Restwelligkeit zu verwenden und alle Versorgungsanschlüsse bei der Messfrequenz ausreichend zu entkoppeln. Obwohl der Pegel des Signals entweder in Leistung oder Spannung angegeben werden kann, wird er in diesem Dokument als Leistung

ausgedrückt, sofern nichts anderes angegeben ist. Die Messvorrichtung muss korrekt kalibriert werden, und das Kalibrierungsverfahren sollte beschrieben werden.

5.1.2 Wellenwiderstand

Der Wellenwiderstand der Messsysteme, die im Schaltkreis in diesem Dokument angegeben sind, beträgt 50 Ω . Falls er nicht 50 Ω beträgt, muss dies angegeben werden.

5.1.3 Vorsichtsmaßnahmen bei der Verarbeitung

Bei der Verarbeitung von elektrostatisch empfindlichen Bauteilen müssen die in IEC 61340-5-1 und IEC TR 61340-5-2 angegebenen Vorsichtsmaßnahmen für die Verarbeitung beachtet werden.

5.1.4 Bauarten

Die Bauteile im vorliegenden Dokument sind sowohl vom Typ Gehäuse als auch Chip, die unter Verwendung geeigneter Prüfaufnahmen zu messen sind.

5.2 Einfügungsdämpfung (L_{ins})

5.2.1 Zweck

Messen der Einfügungsdämpfung unter festgelegten Bedingungen.

5.2.2 Messverfahren

5.2.2.1 Allgemeines

Es sind zwei Messverfahren angegeben:

- Verfahren 1 mit einem Signalgenerator und Spektralanalysator;
- Verfahren 2 mit einem Netzwerkanalysator.

5.2.2.2 Messverfahren 1

5.2.2.2.1 Schaltplan

Die Messschaltung ist im Bild 1 dargestellt.

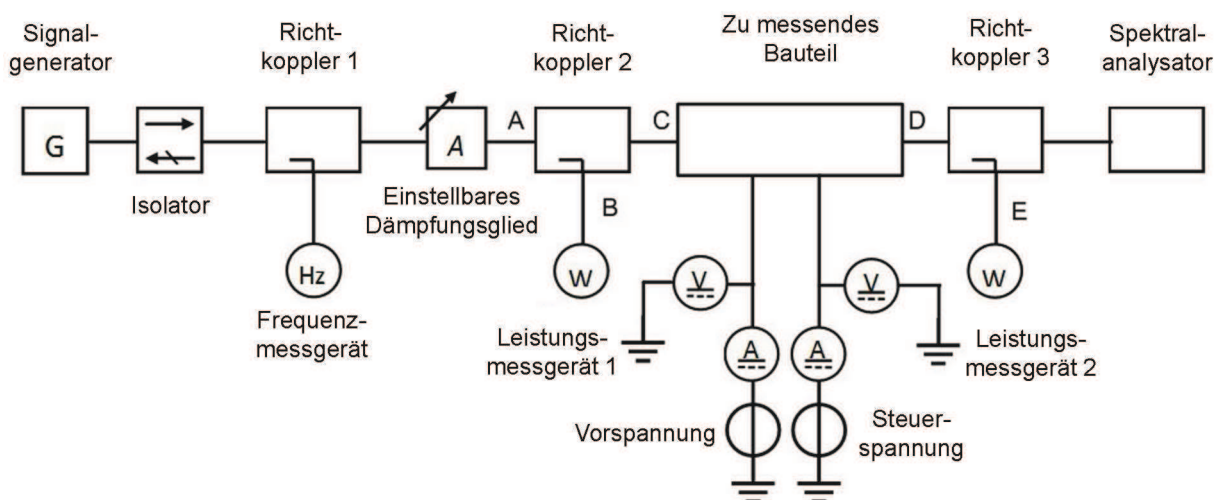


Bild 1 – Schaltbild für die Messung der Einfügungsdämpfung (Verfahren 1)

5.2.2.2.2 Messprinzip

Die Einfügungsdämpfung L_{ins} wird anhand der Eingangsleistung P_i und der Ausgangsleistung P_o des zu messenden Bauteils mit der nachfolgenden Gleichung (1) bestimmt:

$$L_{\text{ins}} = P_i - P_o \quad (1)$$

In dem in Bild 1 dargestellten Schaltplan werden P_i und P_o mithilfe der nachfolgenden Gleichungen (2) und (3) bestimmt:

$$P_i = P_1 - L_1 \quad (2)$$

$$P_o = P_2 + L_2 \quad (3)$$

Dabei ist

P_1	der vom Leistungsmessgerät 1 angezeigte Wert;
P_2	der vom Leistungsmessgerät 2 angezeigte Wert;
L_1	die Leistung am Punkt B abzüglich der Leistung am Punkt C;
L_2	die Leistung am Punkt D abzüglich der Leistung am Punkt E.
P_i, P_o, P_1 und P_2	werden in dBm angegeben, L_{ins}, L_1 und L_2 werden in dB angegeben.

5.2.2.2.3 Schaltungsbeschreibung und Anforderungen

Der Zweck der Trennstufe ist, den am zu messenden Bauteil zur Verfügung stehenden Leistungspegel unabhängig von der Fehlanpassung der Impedanz an seinem Eingang konstant zu halten.

Der Wert von L_1 und L_2 sollte vorher gemessen werden.

5.2.2.2.4 Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen

Oberschwingungen oder nichtharmonische Nebenwellen vom Signalgenerator sollten auf ein vernachlässigbares Maß verringert werden. Die Einfügungsdämpfung L_{ins} muss ohne den Einfluss an den Eingangs- und Ausgangsanschlüssen gemessen werden.

5.2.2.2.5 Messverfahren

Das Messverfahren wird folgendermaßen durchgeführt:

- Die Frequenz des Signalgenerators sollte auf den festgelegten Wert abgestimmt werden;
- Die Vorspannungsbedingungen werden wie festgelegt angewendet;
- Die Steuerspannung wird so zugeführt, dass sie sich im Bezugszustand befindet;
- In das zu messende Bauteil muss eine geeignete Eingangsleistung eingespeist werden;
- Durch Variation der Eingangsleistung wird sichergestellt, dass die Änderung der Ausgangsleistung mit der Änderung der Eingangsleistung übereinstimmt;
- Der Wert P_1 wird am Leistungsmessgerät 1 gemessen;
- Der Wert P_2 wird am Leistungsmessgerät 2 gemessen;
- Die Einfügungsdämpfung wird mithilfe der Gleichungen (1), (2) und (3) bestimmt.

5.2.2.2.6 Festgelegte Bedingungen

Es gelten folgende festgelegte Bedingungen:

- Umgebungs- oder Bezugspunkttemperatur;
- Vorspannungsbedingungen;
- Frequenz;
- Eingangsleistung.

5.2.2.3 Messverfahren 2

5.2.2.3.1 Schaltplan

Die Messschaltung ist im Bild 2 dargestellt.

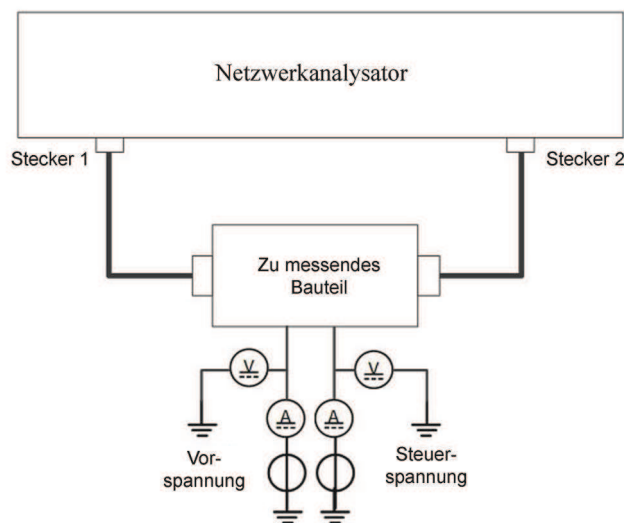


Bild 2 – Schaltbild für die Messung der Einfügungsdämpfung (Verfahren 2)

5.2.2.3.2 Messprinzip

Wenn die auftreffende Leistung am Eingangsanschluss des Phasenschiebers anliegt, handelt es sich um ein gemessenes Verhältnis zwischen der übertragenen Leistung in den Ausgangsanschluss und der auftreffenden Leistung. Die Einfügungsdämpfung des Phasenschiebers wird aus der gemessenen S -Kenngröße S_{21} berechnet, siehe nachfolgende Gleichung (4), die als Vorwärtsübertragungskoeffizient definiert ist. Sie drückt ein logarithmisches Verhältnis zwischen zwei Größen (in der Regel Spannung, Strom oder Leistung) aus.

$$L_{\text{ins}} = -20 \log(|S_{21}|) \quad (4)$$

Dabei ist

L_{ins} der Zahlenwert der Einfügungsdämpfung, angegeben in dB.

ANMERKUNG Definition der Streuparameter: Siehe IEC 60747-4:2007, 7.4.3.10.2.2.

5.2.2.3.3 Schaltungsbeschreibung und Anforderungen

Der Messaufbau ist in Bild 2 dargestellt. Der Eingangsanschluss des zu messenden Bauteils ist mit dem Anschluss 1 des Netzwerkanalysators verbunden, der Ausgangsanschluss mit dem Anschluss 2.

5.2.2.3.4 Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen

Oberschwingungen oder nichtharmonische Nebenwellen vom Signalgenerator des Netzwerkanalysators sollten auf ein vernachlässigbares Maß verringert werden. Die Einfügungsdämpfung L_{ins} muss ohne den Einfluss an den Eingangs- und Ausgangsanschlüssen gemessen werden.

5.2.2.3.5 Messverfahren

Das Messverfahren wird folgendermaßen durchgeführt:

- a) Die Frequenz des Netzwerkanalysators sollte auf den festgelegten Wert abgestimmt werden;
- b) Die Ausgangsleistung des Netzwerkanalysators wird so eingestellt, dass die angegebene Eingangsleistung in das zu messende Bauteil eingespeist wird;
- c) Eine Kalibrierung wird durchgeführt, um systematische Fehler im Netzwerkanalysator, in den Kabeln und Steckverbindern auszuschließen;
- d) Das zu messende Bauteil wird wie in Bild 2 dargestellt angeschlossen;
- e) Die Vorspannungsbedingungen werden wie festgelegt angewendet;
- f) Die Steuerspannung wird so zugeführt, dass sie sich im Bezugszustand befindet;
- g) Die Einfügungsdämpfung L_{ins} wird unter Verwendung des Netzwerkanalysators gemessen.

5.2.2.3.6 Festgelegte Bedingungen

Es gelten folgende festgelegte Bedingungen:

- Umgebungs- oder Bezugspunkttemperatur;
- Vorspannungsbedingungen;
- Frequenz;
- Eingangsleistung.

5.3 Phasenverschiebungswert (S_{ph})

5.3.1 Zweck

Messen des Phasenverschiebungswerts unter festgelegten Bedingungen.

5.3.2 Schaltplan

Siehe Schaltung in 5.2.2.3.1.

5.3.3 Messprinzip

Der Phasenverschiebungswert wird mit der nachfolgenden Gleichung (5) bestimmt:

$$S_{\text{ph}} = S_{\text{phi}} - S_{\text{ins}} \quad (5)$$

Dabei ist

S_{phi}	die gemessene Phase in dem vom Netzwerkanalysator angegebenen Phasenverschiebungszustand;
S_{ins}	die im Bezugszustand gemessene Phase, die vom Netzwerkanalysator angegeben wird.
S_{phi} , S_{ins} und S_{ph}	werden in Grad angegeben.

ANMERKUNG Definition der Streuparameter: Siehe IEC 60747-4:2007, 7.4.3.10.2.2.

5.3.4 Schaltungsbeschreibung und Anforderungen

Siehe in 5.2.2.3.3 enthaltene Schaltungsbeschreibung und Anforderungen.

5.3.5 Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen

Siehe die zu beachtenden Vorsichtsmaßnahmen in 5.2.2.3.4.

5.3.6 Messverfahren

Das Messverfahren wird folgendermaßen durchgeführt:

- a) Die Frequenz des Netzwerkanalysators sollte auf den festgelegten Wert abgestimmt werden;
- b) Die Ausgangsleistung des Netzwerkanalysators sollte so eingestellt werden, dass die angegebene Eingangsleistung in das zu messende Bauteil eingespeist wird;
- c) Eine Kalibrierung wird durchgeführt, um systematische Fehler im Netzwerkanalysator, in den Kabeln und Steckverbindern auszuschließen;
- d) Das zu messende Bauteil wird wie in Bild 2 dargestellt angeschlossen;
- e) Die Vorspannungsbedingungen werden wie festgelegt angewendet;
- f) Die Steuerspannung wird so zugeführt, dass sie sich im Bezugszustand befindet;
- g) Die Phase im Betriebszustand S_{ins} wird unter Verwendung des Netzwerkanalysators gemessen;
- h) Die Steuerspannung wird so geändert, dass sie sich im Phasenverschiebungszustand befindet;
- i) Die Phase im Phasenverschiebungszustand S_{phi} wird unter Verwendung des Netzwerkanalysators gemessen;
- j) Der Phasenverschiebungswert wird mit Gleichung (5) berechnet.

5.3.7 Festgelegte Bedingungen

Siehe die festgelegte Bedingung in 5.2.2.3.6.

5.4 Phasenverschiebungsbereich (R_{ph})

5.4.1 Zweck

Messen des Phasenverschiebungsbereichs unter festgelegten Bedingungen.

5.4.2 Schaltplan

Siehe Schaltung in 5.2.2.3.1.

5.4.3 Messprinzip

Siehe Messprinzip in 5.3.3.

Der Phasenverschiebungsbereich R_{ph} ist die Differenz in Grad zwischen dem höchsten Phasenverschiebungswert S_{phmax} , der durch die Phasenschiebersteuerung bereitgestellt werden kann, und dem Phasenwert im Bezugszustand S_{ins} , siehe nachfolgende Gleichung (6):

$$R_{\text{ph}} = S_{\text{phmax}} - S_{\text{ins}} \quad (6)$$

R_{ph} , S_{phmax} und S_{ins} werden in Grad angegeben.

5.4.4 Schaltungsbeschreibung und Anforderungen

Siehe in 5.2.2.3.3 enthaltene Schaltungsbeschreibung und Anforderungen.

5.4.5 Zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen

Siehe die zu beachtenden Vorsichtsmaßnahmen in 5.2.2.3.4.

5.4.6 Messverfahren

Das Messverfahren wird folgendermaßen durchgeführt:

- a) Die Frequenz des Netzwerkanalysators sollte auf den festgelegten Wert abgestimmt werden;
- b) Die Ausgangsleistung des Netzwerkanalysators sollte so eingestellt werden, dass die angegebene Eingangsleistung in das zu messende Bauteil eingespeist wird;
- c) Eine Kalibrierung sollte durchgeführt werden, um systematische Fehler im Netzwerkanalysator, in den Kabeln und Steckverbindern auszuschließen;
- d) Das zu messende Bauteil wird wie in Bild 2 dargestellt angeschlossen;
- e) Die Vorspannungsbedingungen werden wie festgelegt angewendet;
- f) Die Steuerspannung wird so zugeführt, dass sie sich im Bezugszustand befindet;
- g) Die Phase im Betriebszustand S_{ins} wird unter Verwendung des Netzwerkanalysators gemessen;
- h) Die Steuerspannung wird durch Anlegen der festgelegten Steuerspannung so verändert, dass sie sich im maximalen Phasenverschiebungszustand befindet;
- i) Die Phase im maximalen Phasenverschiebungszustand S_{phmax} wird unter Verwendung des Netzwerkanalysators gemessen;
- j) Der Phasenverschiebungsbereich wird mit Gleichung (6) berechnet.

5.4.7 Festgelegte Bedingungen

Siehe die festgelegte Bedingung in 5.2.2.3.6.

5.5 Phasenverschiebungsgenauigkeit (S_{aur})

5.5.1 Zweck

Messen der Phasenverschiebungsgenauigkeit unter festgelegten Bedingungen.

5.5.2 Schaltplan

Siehe Schaltung in 5.2.2.3.1.

5.5.3 Messprinzip

Siehe Messprinzip in 5.3.3.

Die Phasenverschiebungsgenauigkeit S_{aur} des festgelegten Phasenverschiebungszustands wird mit der nachfolgenden Gleichung (7) bestimmt:

$$S_{aur} = S_{phi} - S_{nom} \quad (7)$$

Dabei ist

S_{phi}	die gemessene Phasenverschiebung des festgelegten Phasenverschiebungszustands;
S_{nom}	die Nennphasenverschiebung des festgelegten Phasenverschiebungszustands.
S_{aur} , S_{phi} und S_{nom}	werden in Grad angegeben.