

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Oktober 2011 (20.10.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/128070 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 23/20 (2006.01) **G01R 31/11** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/001830
- (22) Internationales Anmeldedatum:
12. April 2011 (12.04.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102010015102.5 16. April 2010 (16.04.2010) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROSENBERGER HOCHFREQUENZ-TECHNIK GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Hauptstr. 1, 83413 Fridolfing (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ENTSFELLNER, Christian** [DE/DE]; Hohenbergham 1A, 83413 Fridolfing (DE).
- (74) Anwalt: **ZEITLER VOLPERT KANDBINDER**; Patent- und Rechtsanwälte, Herminstr. 44, 80539 München (DE).

- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR LOCATING FAULTY POINTS IN A HIGH-FREQUENCY SIGNAL TRANSMISSION PATH BY DETECTING AN INTERMODULATION PRODUCT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ORTEN VON FEHLERHAFTEN STELLEN IN EINEM HF-SIGNALÜBERTRAGUNGSPFAD DURCH DETEKTION EINES INTERMODULATIONSPRODUKTES

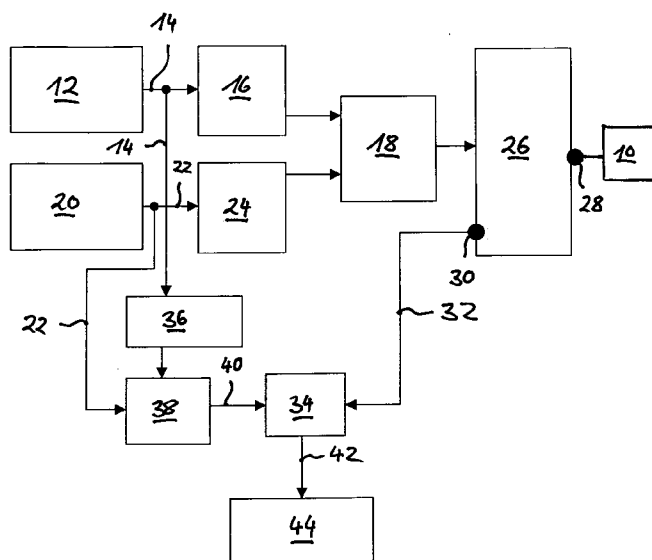


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for locating points in a signal transmission path (10) for a high-frequency signal, wherein said points are faulty in regard to high-frequency transmission properties of the signal transmission path. For this purpose, two signals of different frequency (14, 22) are introduced into the signal transmission path and a time span until an intermodulation product (32) arrives at the introduction point (28) of the two signals is measured. One of the two signals (14) is periodically swept (12) over a predetermined range. A distance of the faulty point from the introduction point is determined from the value of the time span.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Orten von Stellen in einem Signalübertragungspfad (10) für ein Hochfrequenzsignal, wobei diese Stellen im Sinne von Hochfrequenzübertragungseigenschaften des Signalübertragungspfades fehlerhaft sind. Hierzu ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass zwei Signale unterschiedlicher Frequenz (14, 22) in den Signalübertragungspfad eingeleitet und eine Zeitspanne gemessen wird, bis am Einleitungspunkt (28) der beiden Signale ein Intermodulationsprodukt (32) ankommt. Eines der beiden Signale (14) wird dabei über einen vorbestimmten Bereich periodisch gescannt (12). Aus dem Wert der Zeitspanne wird eine Entfernung der fehlerhaften Stelle

von dem Einleitungspunkt bestimmt.



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderun-

gen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

VERFAHREN ZUM ORTEN VON FEHLERHAFTEN STELLEN IN EINEM
HF-SIGNALÜBERTRAGUNGSPFAD DURCH DETEKTION EINES
INTERMODULATIONSPRODUKTES

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Orten von Stellen in einem Signalübertragungspfad für ein Hochfrequenzsignal, wobei diese Stellen im Sinne von Hochfrequenzübertragungseigenschaften des Signalübertragungspfades fehlerhaft sind, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei einem Signalübertragungspfad für HF-Signale, beispielsweise bei einer Mobilfunkbasisstation, wobei der Signalübertragungspfad beispielsweise HF-Leitungskabel, HF-Steckverbinder, einen Blitzschutz und eine Antenne zum Abstrahlen des HF-Signals umfasst, ergeben Messungen der HF-Übertragungseigenschaften oftmals eine verminderte Übertragungsfähigkeit, welche sich zu hohen Frequenzen hin mehr verschlechtert, als dies rechnerisch der Fall sein dürfte oder als aufgrund der HF-Übertragungseigenschaften der Einzelkomponenten zu erwarten ist. Hierdurch ergibt sich eine aufwändige Fehlersuche in dem Gesamtsystem des Signalübertragungspfades nach fehlerhaften Stellen, an denen beispielsweise ein HF-Stecker nicht vollständig geschlossen oder fehlerhaft montiert ist oder ein Kabelbruch in einem HF-

Leitungskabel vorliegt, wodurch sich an dieser Stelle eine nichtlineare Übertragungsfunktion für HF-Signale ergibt, die zur Verminderung der HF-Signalübertragungseigenschaften des Gesamtsystems des Signalübertragungspfades führt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der o.g. Art derart auszugestalten, dass in HF-technischer Sicht fehlerhafte Stellen in einem Signalübertragungspfad auf einfache Weise und gleichzeitig örtlich sehr genau lokalisiert werden können, so dass die Fehlersuche vereinfacht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

Bei einem Verfahren der o.g. Art ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass folgende Schritte ausgeführt werden:

- (a) Erzeugen eines ersten HF-Signals, dessen Frequenz $f_1(t)$ mit einer vorbestimmten, konstanten Änderungsrate df/dt über die Zeit von einer vorbestimmten Anfangsfrequenz f_{ANFANG} bis zu einer vorbestimmten Endfrequenz f_{ENDE} kontinuierlich und zeitlich wiederholt variiert (gesweept) wird, so dass $f_1(t) = df/dt \cdot t$ ist;
- (b) Erzeugen eines zweiten HF-Signals mit einer konstanten vorbestimmten Frequenz f_2 ;
- (c) Erzeugen eines vorbestimmten Intermodulationsproduktes mit der Frequenz $f_{\text{IM-Erzeugt}}(t)$ aus dem ersten und dem zweiten HF-Signal,
- (d) Einleiten des ersten HF-Signals mit der Frequenz $f_1(t)$ und des zweiten HF-Signals mit der Frequenz f_2 in den Signalübertragungspfad an einem vorbestimmten Einleitungspunkt;
- (e) Empfangen eines in dem Signalübertragungspfad erzeugten Intermodulationsproduktsignals mit der Frequenz $f_{\text{IM-EMPfangen}}(t)$, welches dem in Schritt (c) erzeugten Intermodulationsprodukt entspricht, am vorbestimmten Einleitungspunkt;
- (f) Bestimmen einer Frequenzdifferenz f_D zwischen der Frequenz $f_{\text{IM-ERZEUGT}}(t_{\text{EMPF}})$ des in Schritt (c) erzeugten Intermodulationsproduktes und

- der Frequenz $f_{\text{IM-EMPfangen}}(t_{\text{EMPf}})$ des in Schritt (e) gleichzeitig zu einem jeweiligen Zeitpunkt t_{EMPf} empfangenen Intermodulationsproduktsignals;
- (g) Berechnen einer Länge L zwischen dem Einleitungspunkt und einer Stelle in dem Signalübertragungspfad, von der aus das in Schritt (e) empfangene Signal erzeugt wurde, aus der in Schritt (f) bestimmten Frequenzdifferenz.

Dies hat den Vorteil, dass unter Ausnutzung von an fehlerhaften Stellen des Signalübertragungspfades erzeugten Intermodulationsprodukten derartige Stellen örtlich sehr genau lokalisiert werden können, ohne hierzu den Signalübertragungspfad mechanisch bearbeiten, insbesondere zerlegen oder zerstören, zu müssen. Dadurch wird die Fehlersuche erheblich vereinfacht und verkürzt, da binnen kurzer Zeit festgestellt werden kann, welches Bauteil des Signalübertragungspfades einen Fehler aufweist und wo in diesem Bauteil der Fehler örtlich vorhanden ist.

Zweckmäßigerweise umfasst der Signalübertragungspfad eine Hochfrequenzleitung, insbesondere einen Hohlleiter oder ein Koaxialkabel, eine Blitzschutzschaltung, ein HF-Filter, einen HF-Abschlusswiderstand und/oder eine HF-Antenne.

Eine besonders genaue Ortsbestimmung bei einfachem technischem Aufbau erzielt man dadurch, dass in Schritt (c) das Intermodulationsprodukt dritter Ordnung IM3 mit der Frequenz $f_{\text{IM3-ERZEUGT}}(t) = 2 \times f_1(t) - f_2$ oder $f_{\text{IM3-ERZEUGT}}(t) = 2 \times f_2(t) - f_1$ erzeugt und in Schritt (e) das entsprechende Intermodulationsprodukt dritter Ordnung IM3 $f_{\text{IM3-EMPfangen}}(t) = 2 \times f_1(t) - f_2$ oder $f_{\text{IM3-EMPfangen}}(t) = 2 \times f_2(t) - f_1$ empfangen wird.

Zweckmäßigerweise wird in Schritt (e) das Intermodulationsprodukt mittels eines HF-Frequenzfilters, insbesondere eines Bandpassfilters, aus dem am Einleitungspunkt empfangenen Signal herausgefiltert.

Eine besonders einfache Ortung der fehlerhaften Stellen erzielt man dadurch, dass in Schritt (g) die Länge L gemäß der Formel

$$L = \frac{c \cdot f_D}{2 \cdot \frac{df}{dt}}$$

berechnet wird, wobei c eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von HF-Signalen in dem Signalübertragungspfad, f_D die in Schritt (f) bestimmte Frequenzdifferenz und $\frac{df}{dt}$ die in Schritt (a) verwendete, konstante Änderungsrate ist.

Zur noch besseren Unterscheidbarkeit von erzeugtem und empfangenem Intermodulationsprodukt ist in Schritt (a) zwischen zwei aufeinander folgenden Frequenzvariationen der Frequenz $f_1(t)$ von f_{Anfang} bis f_{Ende} mit der Änderungsgeschwindigkeit df/dt eine vorbestimmte Zeit Δt vorgesehen.

Eine Stelle, welche im Sinne von Hochfrequenzübertragungseigenschaften des Signalübertragungspfades fehlerhaft ist, umfasst wenigstens eine Stelle, an der eine Änderung, insbesondere ein Sprung, des HF-Wellenwiderstandes vorliegt, an der eine elektrische Kontaktierung fehlerhaft ist, insbesondere ein Kontaktwiderstand vorliegt, welcher größer als ein vorbestimmter Wert ist, und/oder an der eine nichtlineare Übertragungsfunktion für ein HF-Signal vorliegt.

Zweckmäßigerweise ist ein Wert von f_{ANFANG} kleiner, als ein Wert von f_{ENDE} .

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Diese zeigt in:

Fig. 1 eine beispielhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand eines schematischen Ablaufdiagramms und

Fig. 2 eine graphische Darstellung einer Signalauswertung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Die in Fig. 1 beispielhaft dargestellte, bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft die Analyse eines Signalübertragungspfades hinsichtlich von Störstellen, welche die HF-Übertragungseigenschaften beeinträchtigen. Diese Störstellen verursachen eine nichtlineare Übertragungsfunktion hinsichtlich der Übertragung von HF-Signalen. Mit dem vorliegenden Verfahren wird ausgenutzt, dass derartige nichtlineare Übertragungsfunktionen zur Erzeugung von Intermodulationsprodukten führen,

wenn zwei HF-Signale unterschiedlicher Frequenz gleichzeitig auf eine derartige Stelle mit nichtlinearer Übertragungsfunktion treffen. Diese Intermodulationsprodukte werden an diesen Stellen erzeugt und stellen keine Reflexion eines eingespeisten Signals, sondern ein neues, zuvor in dem Signalübertragungspfad nicht vorhandenes HF-Signal dar, welches hierin als Intermodulationssignal oder auch Intermodulationsprodukt bezeichnet wird.

In Block 12 "VCO f_1 " wird ein erstes HF-Signal 14 mit einer zeitlich variierenden Frequenz $f_1(t)$ erzeugt. Hierbei wird die Frequenz $f_1(t)$ mit einer vorbestimmten, konstanten Änderungsrate df/dt über die Zeit von einer vorbestimmten Anfangsfrequenz f_{ANFANG} bis zu einer vorbestimmten Endfrequenz f_{ENDE} kontinuierlich und zeitlich wiederholt variiert (gesweept), so dass $f_1(t) = df/dt \cdot t$ ist. Dieses erste HF-Signal 14 wird in einem Block 16 "PA f_1 " verstärkt und einem Combiner 18 zugeführt. In einem Block 20 "Fix f_2 " wird ein zweites HF-Signal 22 mit einer konstanten Frequenz f_2 erzeugt, in einem Block 24 "PA f_2 " verstärkt und ebenfalls dem Combiner 18 zugeführt. Der Combiner 18 führt die auf eine Leitung kombinierten HF-Signale 14, 22 einem Block 26 zu, der einen Duplexfilter enthält und das erste sowie zweite HF-Signal 14, 22 an einem Einleitungspunkt 28 in den Signalübertragungspfad 10 einspeist. Diese beiden HF-Signale 14, 22 treffen nun auf ihrem Weg durch den Signalübertragungspfad 10 ggf. auf eine Stelle mit nichtlinearer Übertragungsfunktion, beispielsweise einen defekten HF-Steckverbinder, eine schlechte Lötstelle oder einen Kabelbruch, so dass aus den beiden HF-Signalen 14, 22 an sich unerwünschte Intermodulationsprodukte, wie beispielsweise das Intermodulationsprodukt 3. Ordnung IM3, erzeugt werden. Diese Intermodulationsprodukte laufen als in dem Signalübertragungspfad erzeugte Signale bzw. Intermodulationsprodukte bzw. Intermodulationsproduktsignale zu dem Einleitungspunkt 28 zurück.

Mittels des Blockes 26 wird gleichzeitig am Einleitungspunkt 28 ein in dem Signalübertragungspfad 10 erzeugtes Signal empfangen und mittels des Duplexfilters das Intermodulationsprodukt 3. Ordnung IM3 32 mit einer Frequenz $f_{\text{IM-EMPFANGEN}}(t)$ herausgefiltert und über einen Ausgang 30 an einen Block 34 übergeben. Weiterhin wird in einem Block 36 das erste HF-Signal in seiner Frequenz $f_1(t)$ verdoppelt ($2 \cdot f_1(t)$) und einem weiteren Block 38 wird das derartig

frequenzverdoppelte erste HF-Signal 14 mit dem zweiten HF-Signal 22 gemischt, so dass schließlich das Intermodulationsprodukt 3. Ordnung IM3 40 mit der Frequenz $f_{\text{IM-ERZEUGT}}(t)$ erzeugt wird. Die Frequenz $f_{\text{IM-ERZEUGT}}(t)$ des erzeugten Intermodulationsprodukts 3. Ordnung IM3 40 ergibt sich somit aus der Frequenz $f_1(t)$ des ersten HF-Signals 14 und aus der Frequenz f_2 des zweiten HF-Signals 22 gemäß der Gleichung $f_{\text{IM3-ERZEUGT}}(t) = 2 \times f_1(t) - f_2$. Das gleiche gilt für das empfangende Intermodulationsprodukt IM3 32. Allerdings liegen die empfangenen, im Signalübertragungspfad erzeugten Intermodulationsprodukte aufgrund von Laufzeitunterschieden zeitlich zueinander versetzt am Einleitungspunkt 28 vor, da das empfangene Intermodulationsprodukt IM3 32 zusätzlich einen Weg L vom Einleitungspunkt 28 zu der Stelle mit nichtlinearer Übertragungsfunktion sowie den Weg L wieder zurück von der Stelle mit nichtlinearer Übertragungsfunktion zum Einleitungspunkt 28 zurückgelegt hat.

In dem Block 34 werden das empfangene und erzeugte Intermodulationsprodukt 32 und 40 miteinander verglichen und es wird eine Frequenzdifferenz f_D 42 zwischen der Frequenz $f_{\text{IM-ERZEUGT}}(t_{\text{EMPF}})$ des erzeugten Intermodulationsproduktes IM3 40 und der Frequenz $f_{\text{IM-EMPFANGEN}}(t_{\text{EMPF}})$ des empfangenen Intermodulationsproduktes IM3 32 zu einem bestimmten Zeitpunkt t_{EMPF} ermittelt und an den Block 44 übergeben. In dem Block 44 wird aus dieser Frequenzdifferenz f_D 42 zu dem jeweiligen Empfangszeitpunkt t_{EMPF} eine Entfernung L gemäß der Formel

$$L = \frac{c \cdot f_D}{2 \cdot \frac{df}{dt}}$$

berechnet, wobei c eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von HF-Signalen in dem Signalübertragungspfad 10, f_D die zuvor bestimmte Frequenzdifferenz f_D 42 und $\frac{df}{dt}$ die zum Erzeugen des gesweepen ersten HF-Signals 14 verwendete, konstante Änderungsrate ist. Diese Entfernung L ist die Strecke von dem Einleitungspunkt 28 bis zu einer Stelle, an der das Intermodulationsprodukt 3. Ordnung IM3 32 in dem Signalübertragungspfad 10 aus dem ersten und zweiten HF-Signal 14, 22 erzeugt wurde. Es muss nun nur noch diese Entfernung bzw. Länge L am Signalübertragungspfad 10 abgemessen werden und man erhält genau den Ort im Signalübertragungspfad 10 an dem sich ein Fehler mit nichtlinearer

Übertragungsfunktion befindet, die die HF-Übertragungseigenschaften des Signalübertragungspfades 10 beeinträchtigt. Dies kann ein Bruch in einem HF-Kabel oder eine Fehlerstelle in der Antenne oder ein defekter HF-Steckverbinder oder eine fehlerhafte Lötstelle sein. Es können selbstverständlich auch mehrere fehlerhafte Stellen gleichzeitig in dem Signalübertragungspfad vorhanden sein. In diesem Falle ergeben sich mehrere zeitlich versetzte, empfangene Intermodulationsprodukte 32 die alle gleichzeitig ausgewertet werden können, so dass es mehrere Frequenzdifferenzen f_D und mehrere Längen L bestimmt werden können. Dadurch, dass als betrachtetes empfangenes Signal ein neu erzeugtes Intermodulationsprodukt verwendet wird, ist sichergestellt, dass die Länge L nur eine fehlerhafte Stelle mit nichtlinearer Übertragungsfunktion und keine sonstige Reflexion eines HF-Signals mit anderen Ursachen oder anderen Quellen betrifft.

Das erste HF-Signal 14 wird beispielsweise zeitlich wiederholt von der Anfangsfrequenz $f_{\text{ANFANG}} = 925 \text{ MHz}$ bis zu einer Endfrequenz $f_{\text{ENDE}} = 940 \text{ MHz}$ kontinuierlich mit der Änderungsrate df/dt variiert (gesweeppt). Das zweite HF-Signal 22 wird beispielsweise mit einer konstanten Frequenz $f_2 = 970 \text{ MHz}$ erzeugt. Hieraus ergibt sich für das Intermodulationsprodukt 3. Ordnung IM3 eine entsprechend gesweeppte Frequenz im Frequenzbereich von 880 MHz bis 910 MHz. Dieses lässt sich mit dem Duplexfilter in Block 26 gut von dem eingespeisten ersten und zweiten HF-Signal 14, 22 mit entsprechend deutlich höherer Leistung trennen, so dass diese nicht in den Empfangsteil des Verfahrens ab dem Ausgang 30 einstreuen.

In Fig. 2 ist auf einer horizontalen Achse 46 die Zeit t und auf einer vertikalen Achse 48 die Frequenz f aufgetragen. Es ist der zeitliche Verlauf der Frequenz $f_{\text{IM-ERZEUGT}}(t)$ des erzeugten Intermodulationsproduktes IM3 40 und der zeitliche Verlauf der Frequenz $f_{\text{IM-EMPfangen}}(t)$ des empfangenen Intermodulationsproduktes IM3 32 aufgetragen. Mit 50 ist ein vorbestimmter Empfangszeitpunkt t_{EMPf} , mit 52 ist die Anfangsfrequenz f_{ANFANG} und mit 54 ist die Endfrequenz f_{ENDE} bezeichnet.

Aufgrund eines aus der Fig. 2 ersichtlichen Zeitversatzes $\Delta t_{\text{VERSATZ}}$ 56 zwischen dem erzeugten Intermodulationsprodukt IM3 40 und dem im Signalübertragungspfad 10 erzeugten Intermodulationsprodukt IM3 32 ergibt sich zu jeweils einem bestimmten Zeitpunkt t_{EMPf} 50 die Frequenzdifferenz f_D 42 zwischen dem erzeugten

Intermodulationsprodukt IM3 40 und dem empfangenen Intermodulationsprodukt IM3 32. Diese Frequenzdifferenz f_D 42 ist bei konstanter Änderungsrate df/dt für das gesweeppte erste HF-Signal 14 mit Frequenz $f_1(t)$ konstant und wird zur Berechnung der Länge L gemäß der zuvor genannte Formel verwendet.

Bei der in den Fig. 1 und 2 dargestellten, bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Intermodulationsprodukt 3. Ordnung IM3 verwendet. Dies ist jedoch lediglich beispielhaft und es können auch andere Intermodulationsprodukte verwendet werden, wie beispielsweise das Intermodulationsprodukt 2. Ordnung ($2*f_1$, $2*f_2$, f_1+f_2 , f_2-f_1), oder 4. Ordnung oder höher. Wichtig ist lediglich, dass das erzeugte Intermodulationsprodukt $f_{IM-ERZEUGT}(t)$ und das empfangene Intermodulationsprodukt $f_{IM-EMPFANGEN}(t)$ identisch sind.

Zweckmäßigerweise wird eine Vorrichtung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens vor der ersten Messung kalibriert, um Laufzeiten der miteinander verglichenen HF-Signale 32 und 40 in der Auswerteelektronik vor dem Einleitungspunkt 28 außerhalb des Signalübertragungspfad 10 zu eliminieren.

Patentansprüche:

5

1. Verfahren zum Orten von Stellen in einem Signalübertragungspfad (10) für ein Hochfrequenzsignal, wobei diese Stellen im Sinne von Hochfrequenzübertragungseigenschaften des Signalübertragungspfad (10) fehlerhaft sind, mit folgenden Schritten,

10

(a) Erzeugen eines ersten HF-Signals (14), dessen Frequenz $f_1(t)$ mit einer vorbestimmten, konstanten Änderungsrate df/dt über die Zeit von einer vorbestimmten Anfangsfrequenz f_{ANFANG} (52) bis zu einer vorbestimmten Endfrequenz f_{ENDE} (54) kontinuierlich und zeitlich wiederholt variiert (gesweept) wird, so dass $f_1(t) = df/dt \cdot t$ ist;

15

(b) Erzeugen eines zweiten HF-Signals (22) mit einer konstanten vorbestimmten Frequenz f_2 ;

(c) Erzeugen eines vorbestimmten Intermodulationsproduktes (40) mit der Frequenz $f_{\text{IM-ERZEUGT}}(t)$ aus dem ersten und dem zweiten HF-Signal (14, 22),

20

(d) Einleiten des ersten HF-Signals (14) mit der Frequenz $f_1(t)$ und des zweiten HF-Signals (22) mit der Frequenz f_2 in den Signalübertragungspfad (10) an einem vorbestimmten Einleitungspunkt (28);

(e) Empfangen eines in dem Signalübertragungspfad (10) reflektierten Intermodulationsproduktsignals (32) mit der Frequenz $f_{\text{IM-EMPfangen}}(t)$, welches dem in Schritt (c) erzeugten Intermodulationsprodukt (40) entspricht, am vorbestimmten Einleitungspunkt (28);

25

(f) Bestimmen einer Frequenzdifferenz f_D (42) zwischen der Frequenz $f_{\text{IM-ERZEUGT}}(t_{\text{EMPF}})$ des in Schritt (c) erzeugten Intermodulationsproduktes (40) und der Frequenz $f_{\text{IM-EMPfangen}}(t_{\text{EMPF}})$ des in Schritt (e) gleichzeitig zu einem jeweiligen Zeitpunkt t_{EMPF} (50) empfangenen, reflektierten Intermodulationsproduktsignals (32);

30

(g) Berechnen einer Länge L zwischen dem Einleitungspunkt (28) und einer Stelle in dem Signalübertragungspfad (10), von der aus das in

Schritt (e) empfangene Signal reflektiert wurde, aus der in Schritt (f) bestimmten Frequenzdifferenz f_D (42).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Signalübertragungspfad (10) eine Hochfrequenzleitung, insbesondere einen Hohlleiter und/oder ein Koaxialkabel, umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Signalübertragungspfad (10) eine Blitzschutzschaltung, ein HF-Filter, einen HF-Abschlusswiderstand und/oder eine HF-Antenne umfasst.
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt (c) das Intermodulationsprodukt dritter Ordnung IM3 (40) mit der Frequenz $f_{IM3-ERZEUGT}(t) = 2 \times f_1(t) - f_2$ oder $f_{IM3-ERZEUGT}(t) = 2 \times f_2(t) - f_1$ erzeugt und in Schritt (e) das entsprechende Intermodulationsprodukt (32) dritter Ordnung IM3 $f_{IM3-EMPFANGEN}(t) = 2 \times f_1(t) - f_2$ oder $f_{IM3-EMPFANGEN}(t) = 2 \times f_2(t) - f_1$ empfangen wird.
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt (e) das Intermodulationsprodukt (32) mittels eines HF-Frequenzfilters, insbesondere eines Bandpassfilters, aus dem am Einleitungspunkt (28) empfangenen Signal herausgefiltert wird.
6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt (g) die Länge L gemäß der Formel

$$L = \frac{c \cdot f_D}{2 \cdot \frac{df}{dt}}$$

berechnet wird, wobei c eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von HF-Signalen in dem Signalübertragungspfad, f_D (42) die in Schritt (f) bestimmte Frequenzdifferenz und $\frac{df}{dt}$ die in Schritt (a) verwendete, konstante Änderungsrate ist.

- 5 7. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt (a) zwischen zwei aufeinander folgenden Frequenzvariationen der Frequenz $f_1(t)$ des ersten HF-Signals (14) von f_{Anfang} bis f_{Ende} mit der Änderungsgeschwindigkeit df/dt eine vorbestimmte Zeit Δt vorgesehen ist.
- 10 8. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Stelle, welche im Sinne von Hochfrequenzübertragungseigenschaften des Signalübertragungspfad (10) fehlerhaft ist, wenigstens eine Stelle umfasst, an der eine Änderung, insbesondere ein Sprung, des HF-Wellenwiderstandes vorliegt, an der eine elektrische Kontaktierung fehlerhaft ist, insbesondere ein Kontaktwiderstand vorliegt, welcher größer als ein vorbestimmter Wert ist, und/oder an der eine nichtlineare Übertragungsfunktion für ein HF-Signal vorliegt.
- 15 9. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Wert von f_{ANFANG} kleiner ist, ~~x~~ als ein Wert von f_{ENDE} .

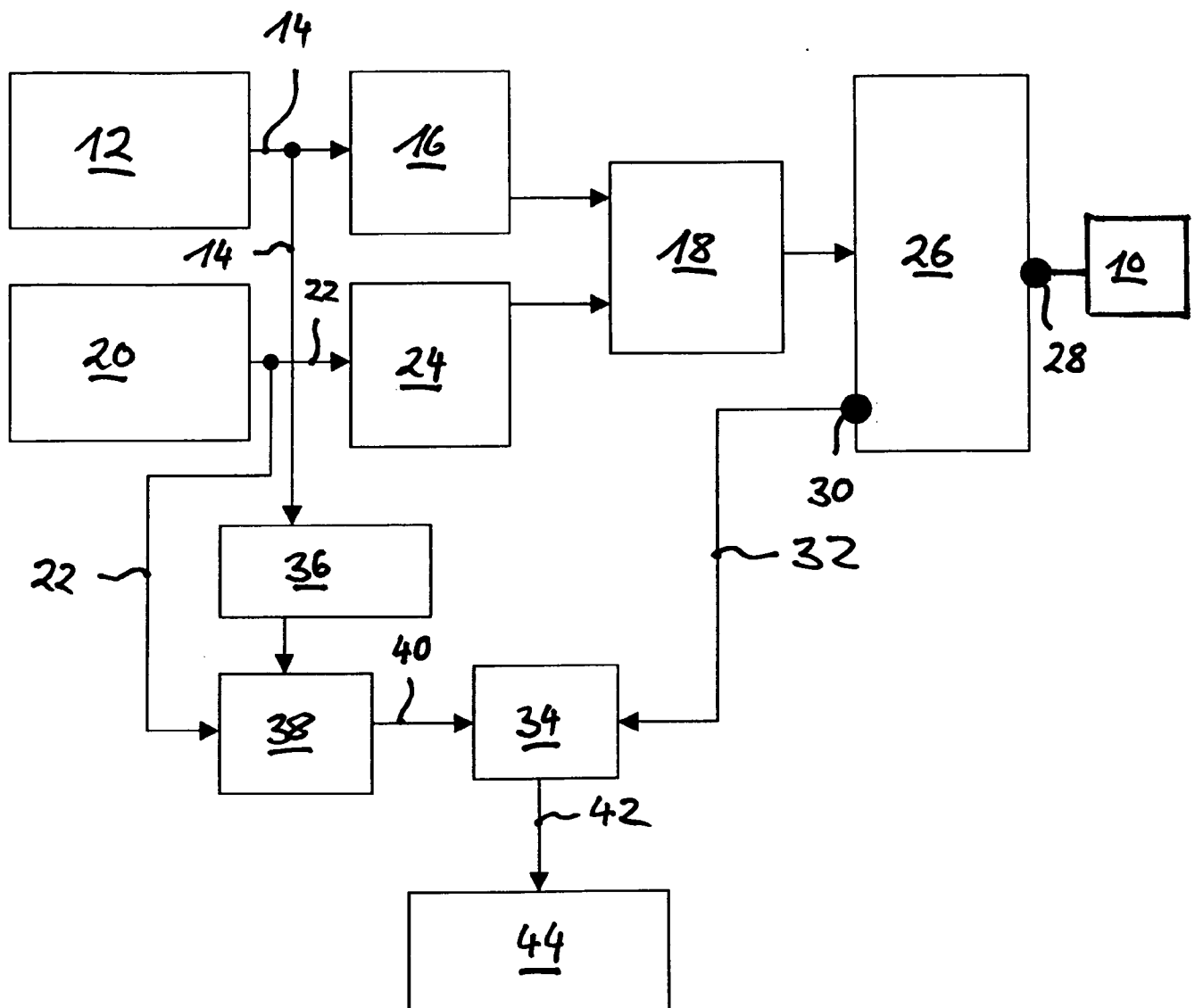


Fig. 1

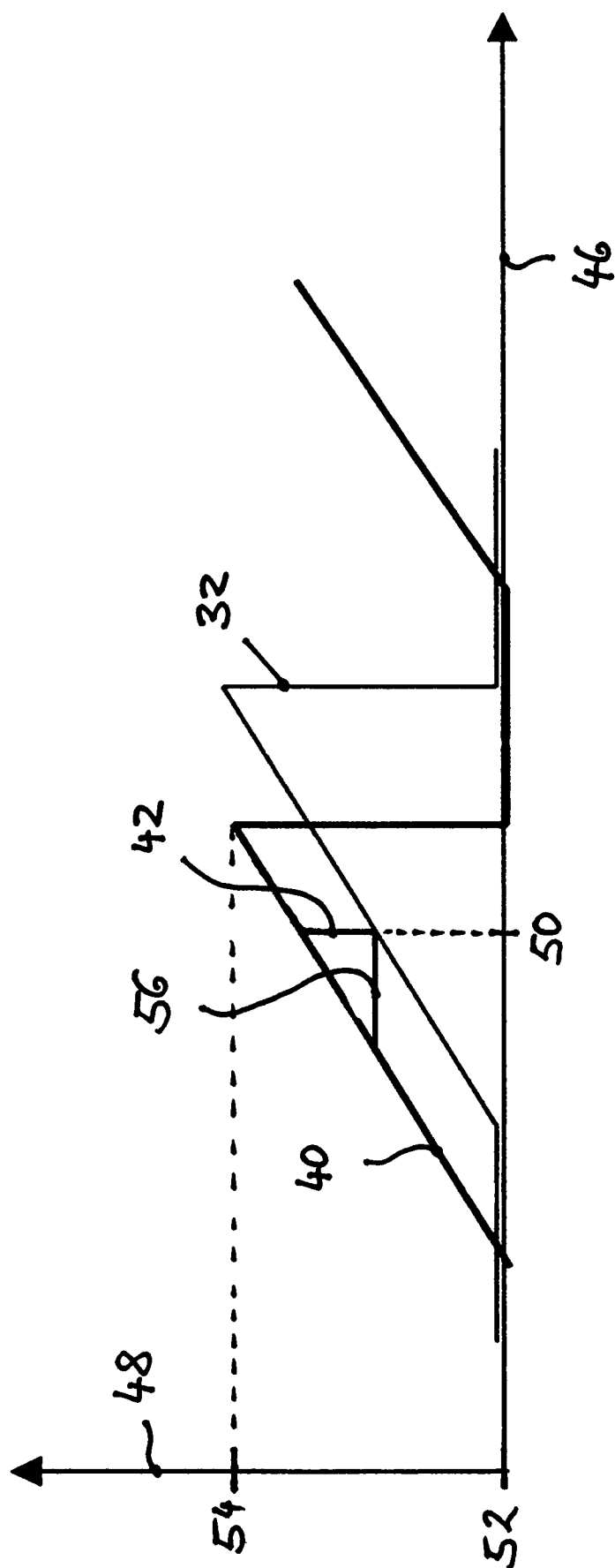


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/001830

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01R23/20 G01R31/11
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010/085061 A1 (BRADLEY DONALD ANTHONY [US] ET AL) 8 April 2010 (2010-04-08) paragraphs [0001] - [0013], [0027] - [0031], [0043] - [0050]; figures 1,2,3,12 -----	1-9
A	ALEKSEY P SHITVOV ET AL: "Mapping of passive intermodulation products on microstrip lines", MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, 2008 IEEE MTT-S INTERNATIONAL, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 15 June 2008 (2008-06-15), pages 1573-1576, XP031327033, ISBN: 978-1-4244-1780-3 page 1573, right-hand column, paragraph 3 - page 1575, right-hand column, paragraph 2; figure 1 -----	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 August 2011

Date of mailing of the international search report

23/08/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bilzer, Claus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/001830

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010085061	A1	08-04-2010	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/001830

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01R23/20 G01R31/11
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2010/085061 A1 (BRADLEY DONALD ANTHONY [US] ET AL) 8. April 2010 (2010-04-08) Absätze [0001] - [0013], [0027] - [0031], [0043] - [0050]; Abbildungen 1,2,3,12 -----	1-9
A	ALEKSEY P SHITVOV ET AL: "Mapping of passive intermodulation products on microstrip lines", MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, 2008 IEEE MTT-S INTERNATIONAL, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 15. Juni 2008 (2008-06-15), Seiten 1573-1576, XP031327033, ISBN: 978-1-4244-1780-3 Seite 1573, rechte Spalte, Absatz 3 - Seite 1575, rechte Spalte, Absatz 2; Abbildung 1 -----	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. August 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/08/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bilzer, Claus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/001830

Im Recherchenbericht
angeführtes Patentdokument

Datum der
Veröffentlichung

Mitglied(er) der
Patentfamilie

Datum der
Veröffentlichung

US 2010085061 A1 08-04-2010 KEINE
