



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 603 06 897 T2 2006.11.30

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 476 763 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 603 06 897.9

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/GB03/00705

(96) Europäisches Aktenzeichen: 03 704 797.4

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2003/071292

(86) PCT-Anmeldetag: 18.02.2003

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 28.08.2003

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 17.11.2004

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 19.07.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 30.11.2006

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: G01R 21/14 (2006.01)

G01R 21/01 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0204012 20.02.2002 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GR,  
HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:

Racal Instruments Wireless Solutions Ltd.,  
Slough, Berkshire, GB

(72) Erfinder:

ROSE, Ian Michael, Maidenhead, Berkshire SL6  
6HE, GB; WEBB, Nigel Kenneth,  
Henley-on-Thames, Oxfordshire RG9 6PB, GB;  
WARD, Christopher John, Charvil, Berkshire RG10  
9TS, GB

(74) Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &  
Schwanhäusser, 80538 München

(54) Bezeichnung: RADIOFREQUENZLEISTUNGSMESSUNG

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Messung von Hochfrequenz (HF)-Energie.

[0002] [Fig. 1](#) der begleitenden Zeichnungen ist ein Blockschaltbild, das ein bekanntes Verfahren zum Messen von HF-Energie zeigt.

[0003] Die zu messende unbekannte HF-Energie wird an einen Detektor **1** angelegt, der die HF-Energie in eine einfacher messbare Größe wie Spannung oder Temperatur (die wiederum in Spannung umgewandelt werden kann) umwandelt. Die durch die HF-Energie dargestellte Spannung wird durch ein Digitalisiergerät **2** digitalisiert. Um dem Anwender der Anlage ein Anzeigewert der HF-Energie bereitzustellen, wird die Ausgabe des Digitalisiergeräts in der Regel durch eine numerische Korrekturfunktion im numerischen Korrekturblock **3** skaliert, die die Übertragungsfunktion des Detektors und beliebige feststehende Abweichungen berücksichtigt, die ansonsten bei niedrigen HF-Energien zu Fehlern führen würden.

[0004] In einer praktischen Ausführung des beschriebenen Verfahrens ist der Detektorblock typischerweise eine Diode mit einem anschließenden Kondensator. Die Übertragungsfunktion dieses Blocks, die als ausgegebene Spannung geteilt durch eingegebene HF-Leistung ausgedrückt wird, ist eine Funktion von Frequenz, Temperatur, Pegel und Seriencharakteristik der Diode. Um zu vermeiden, dass der Anwender der Anlage diese Faktoren jedes Mal berücksichtigen muss, wenn eine Messung vorgenommen wird, werden der Detektor und das Digitalisiergerät bei der anfänglichen Herstellung mittels bekannter eingegebener HF-Energien gekennzeichnet, wobei die Ergebnisse im gespeicherten Zahlenblock **8** gesichert werden. Wenn der Anwender eine Messung einer unbekannten HF-Energie vornimmt, werden die gespeicherten Zahlen durch den numerischen Korrekturblock **3** verwendet, um die Ausgabe des Digitalisiergeräts **2** zu skalieren und damit eine korrigierte Messung auszugeben.

[0005] Der Vorgang der Charakterisierung bei der anfänglichen Herstellung mittels bekannter HF-Eingangsenergien wird Kalibrierung genannt. [Fig. 2](#) der begleitenden Zeichnungen ist ein Blockschaltbild, das ein bekanntes Verfahren zur Kalibrierung zeigt. Der Einfachheit halber wird angenommen, dass der Detektor in einem Bereich verwendet wird, wo die Spannungsausgabe proportional zur Energieeingabe ist und dass es keine Abweichungsfehler gibt.

[0006] Eine bekannte HF-Kalibrierungsenergie  $HF_{calpower}$ , die in einer Energiequelle **9** erzeugt wurde, wird an den Detektor **1** bei einer Reihe von bekannten Frequenzen  $F_n$  angelegt, die den Bereich des Interesses abdecken. Bei jeder Frequenz gibt der Ausgang des Digitalisiergeräts einen Wert  $N_{1Fn}$  aus, der zusammen mit der bekannten HF-Kalibrierungsenergie verwendet werden kann, um die Übertragungsfunktion  $T_{1Fn}$  des Detektors **1** und des Digitalisiergeräts **2** bei jeder Frequenz  $F_n$  zu ergeben:

$$T_{1Fn} = \frac{N_{1Fn}}{HF_{calpower}}$$

[0007] Diese Reihe von Zahlen  $T_{1Fn}$  wird im gespeicherten Zahlenblock **8** gesichert. Wenn mit Bezug wiederum auf [Fig. 1](#) der Anwender eine Messung einer unbekannten HF-Energie vornimmt, vorausgesetzt, die Frequenz ist bekannt, kann die entsprechende gespeicherte Zahl durch den numerischen Korrekturblock **3** verwendet werden, um die Ausgabe vom Digitalisiergerät **2** zu skalieren und damit einen Anzeigewert der unbekannten HF-Energie auszugeben.

[0008] Dieses Verfahren berücksichtigt die Veränderlichkeit der Übertragungsfunktion mit der Frequenz und mit der Seriencharakteristik der Diode. Es berücksichtigt jedoch nicht die Veränderlichkeit der Übertragungsfunktion mit der Temperatur. Wenn eine Messung einer unbekannten HF-Energie bei einer anderen Temperatur als der Temperatur zu der Zeit der Kalibrierung vorgenommen wird, hat das signifikante Fehler zur Folge.

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein HF-Energie-Messsystem bereitzustellen, das das vorangegangene Problem mindestens vermindert.

[0010] Das Dokument US-A-5 373 237 zeigt ein HF-Energie-Messsystem.

[0011] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Veränderlichkeit des Anzeigewerts der HF-Energie mit der Temperatur signifikant verringert, indem ein zweiter Detektor bereitgestellt wird, der durch eine konstante HF-Energiequelle gesteuert wird. In der Tat können Schwankungen der Charakteristik des ersten Detektors mit

der Temperatur ausgeglichen werden, indem Schwankungen der Charakteristik des zweiten Detektors beobachtet werden.

**[0012]** Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird ein HF-Energie-Messsystem bereitgestellt, das einen ersten Detektor zum Umwandeln der zu messenden HF-Energie in ein erstes Messsignal, eine Bezugsquelle der HF-Energie, einen zweiten Detektor, der mit einem ersten Detektor zum Umwandeln der durch die Bezugsquelle erzeugten HF-Energie in ein zweites Messsignal thermisch gekoppelt ist, und eine Verarbeitungseinrichtung für die numerische Anwendung eines vorgegebenen Korrekturfaktors auf das erste und das zweite Messsignal umfasst, die bei der gleichen Temperatur gewonnen wurden, um einen Wert von der zu messenden HF-Energie abzuleiten.

**[0013]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird ein Verfahren zum Messen der HF-Energie bereitgestellt, das die Schritte zum Verwenden eines ersten Detektors, um die zu messende HF-Energie in ein erstes Messsignal umzuwandeln, zum Verwenden eines zweiten Detektors, der mit dem ersten Detektor thermisch gekoppelt ist, um die durch eine Bezugsquelle erzeugte HF-Energie in ein zweites Messsignal umzuwandeln, und zum Verarbeiten des ersten und des zweiten Messsignals, die bei der gleichen Temperatur gewonnen wurden, durch numerisches Anwenden eines vorgegebenen Korrekturfaktors auf das erste und das zweite Messsignal umfasst, um von der zu messenden HF-Energie einen Wert abzuleiten.

**[0014]** Es wird nun ein Ausführungsbeispiel der Erfindung beispielhaft mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in denen zeigen:

**[0015]** [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild, das ein erfindungsgemäßes HF-Energie-Messsystem zeigt; und

**[0016]** [Fig. 4](#) ein Kalibrierungsverfahren, das vor dem Messen einer unbekannten HF-Energie verwendet wird.

**[0017]** Mit Bezug auf [Fig. 3](#) wird die zu messende unbekannte HF-Energie an einen ersten Detektor **11** angelegt. Befindet sich ein Schalter **16** in der Position A, gibt ein Digitalisiergerät **12** eine numerische Ausgabe  $N_{11\text{meas}}$  entsprechend der Spannungsausgabe vom Detektor **11** aus, die dann in einem numerischen Korrekturblock **13** skaliert wird, um das Resultat zu ergeben. Dieser Teil des Systems ist mit dem bekannten HF-Energie-Messsystem gemäß [Fig. 1](#) ähnlich.

**[0018]** Mit Bezug wieder auf [Fig. 3](#) ist ein HF-Energiebezug **14** ein Oszillator mit einem gut definierten Ausgangspegel und einem niedrigen Oberwellenanteil. Dies kann zum Beispiel durch einen Oszillator mit einer anschließenden Tellerschaltung bereitgestellt werden, um einen Schwingungszyklus von 50% zu ergeben, der wiederum einen gut definierten Strom in einen festen Ladewiderstand an- und abschaltet. Oberwellen von der sich ergebenden Rechteckwellen-Ausgabe können durch einen Bandpassfilter entfernt werden, der auf der Ausgangsfrequenz des Oszillators zentriert ist. Bei einer geeigneten Auswahl der Komponenten und der Wahl der Arbeitsfrequenz kann der Ausgangspegel fast unabhängig von der Temperatur erzeugt werden. In der Praxis wird die Arbeitsfrequenz in der Regel so ausgewählt, dass sie eine niedrige, feststehende Frequenz ist, um die beste Stabilität zu ergeben.

**[0019]** Der Ausgang des HF-Energiebezugs **14** ist mit einem zweiten Detektor **15** verbunden, dessen Eigenschaften mit denen des ersten Detektors **11** übereinstimmen. Um zu gewährleisten, dass die Eigenschaften der Detektoren **11** und **15** über einen Bereich von Temperaturen übereinstimmend bleiben, sind sie miteinander thermisch gekoppelt, indem sie zum Beispiel jeweils mit einem gemeinsamen Metallstück **17** thermisch gekoppelt sind. Wenn die Temperatur des Detektors **11** ansteigt, steigt die Temperatur des Detektors **15** ebenfalls um die gleiche Größenordnung. Zusätzlich werden beide Detektoren von der gleichen gefertigten Produktionsreihe entnommen.

**[0020]** Ist der Schalter **16** auf die Position B eingestellt, kann das Digitalisiergerät die Ausgabe vom Detektor **15** anstatt der Ausgabe vom Detektor **11** messen, wobei eine entsprechende numerische Ausgabe  $N_{15\text{means}}$  ausgegeben wird.

**[0021]** [Fig. 4](#) zeigt das Kalibrierungsverfahren, das bei einer feststehenden Temperatur in der Regel während der Herstellung durchgeführt wird. Eine bekannte HF-Kalibrierungsenergie **19** wird mit dem Detektor **11** bei einer Reihe von bekannten Frequenzen  $F_n$  verbunden, die den Bereich des Interesses abdecken. Der Schalter **16** ist auf Position A eingestellt, wobei der Ausgang des Digitalisiergeräts **12** bei jeder Frequenz einen Wert  $N_{11F_n}$  ausgibt, der zusammen mit der bekannten HF-Kalibrierungsenergie verwendet werden kann, um die

Übertragungsfunktion  $T_{11Fn}$  des Detektors **11** und des Digitalisiergeräts **12** bei der Frequenz Fn auszugeben:

$$T_{11Fn} = \frac{N_{11FnCal}}{HF_{calpower}} \quad \text{Gl. 1}$$

**[0022]** Diese Reihe von Zahlen  $T_{11Fn}$  wird in einem gespeicherten Zahlenblock **18** gesichert.

**[0023]** Bei Aufrechterhaltung der gleichen Temperaturbedingungen wird der Schalter **16** dann auf Position B eingestellt. Der HF-Energiebezug **14** wird über den Detektor **15** gemessen, wobei eine Ausgabe vom Digitalisiergerät **12** ausgegeben wird, die als  $N_{15cal}$  aufgezeichnet wird. Da sich der Bezug auf einer festen Frequenz befindet, muss nur ein Wert von  $N_{15}$  im gespeicherten Nummernblock **18** gesichert werden.

**[0024]** Mit Bezug wieder auf [Fig. 3](#) wird das Verfahren zum Messen einer unbekannten Energie beschrieben. Die zu messende unbekannte HF-Energie ist mit den Detektor **11** verbunden, wobei der Schalter **16** auf Position A eingestellt ist. Der Anzeigewert vom Digitalisiergerät **12** wird als  $N_{11meas}$  aufgezeichnet. Der Schalter **16** wird dann auf Position B eingestellt und der HF-Energiebezug **14** über den Detektor **15** gemessen, wobei eine Ausgabe vom Digitalisiergerät **12** ausgegeben wird, die als  $N_{15meas}$  aufgezeichnet wird.

**[0025]** Der Wert der unbekannten HF-Energie kann mittels der vorher gespeicherten Übertragungsfunktion  $T_{11Fn}$  berechnet werden. Die Übertragungsfunktion des Detektors schwankt jedoch mit der Temperatur, so dass die Übertragungsfunktion bei der Messtemperatur von der Übertragungsfunktion bei der Kalibrierung durch einen Temperaturfaktor  $F_{temp}$  modifiziert sein wird.

$$\text{Unbekannte HF-Energie} = \frac{N_{11meas}}{T_{11Fn} F_{temp}} \quad \text{Gl. 2}$$

**[0026]** Wenn die zwei Detektoren **11** und **15** gut übereinstimmen, wird sich die Übertragungsfunktion des Detektors **15** in der gleichen Weise geändert haben wie die Übertragungsfunktion des Detektors **11**. Der Faktor  $F_{temp}$  kann gewonnen werden, indem das Verhältnis des gemessenen und des Kalibrierungs-Anzeigewerts des Detektors **15** genommen werden:

$$F_{temp} = \frac{N_{15meas}}{N_{15cal}} \quad \text{Gl. 3}$$

**[0027]** Ersetzt man Gleichung 3 in Gleichung 2, wird die unbekannte HF-Energie durch die Formel angegeben:

$$\text{Unbekannte HF-Energie} = \frac{N_{11meas} N_{15cal}}{T_{11Fn} N_{15meas}} \quad \text{Korrekturgleichung.}$$

**[0028]** Mittels der obigen Korrekturgleichung berechnet der numerische Block **13** die unbekannte HF-Energie durch Verwendung der gemessenen Werte  $N_{11meas}$  und  $N_{15meas}$  zusammen mit  $T_{11Fn}$  und  $N_{15cal}$  vom gespeicherten Zahlenblock **18**. Obwohl die Kalibrierung bei nur einer Temperatur durchgeführt wurde, kann die Messung der weiteren Temperaturen mit nur einem geringen Genauigkeitsverlust durchgeführt werden.

**[0029]** Bei einer alternativen Ausführung kann der Schalter **16** weggelassen werden, wobei der Detektor **15** ein separates Digitalisiergerät steuern kann.

### Patentansprüche

1. HF-Energie-Messsystem mit
  - einem ersten Detektor (**11**) zum Umwandeln der zu messenden HF-Energie in ein erstes Messsignal,
  - einer Bezugsquelle der HF-Energie (**14**),
 wobei das System gekennzeichnet ist durch
  - einen zweiten Detektor (**15**), der mit einem ersten Detektor (**17**) zum Umwandeln der durch die Bezugsquelle erzeugten HF-Energie in ein zweites Messsignal (**12**) thermisch gekoppelt ist, und
  - eine Verarbeitungseinrichtung (**13; 18**) für die numerische Anwendung eines vorgegebenen Korrekturfaktors auf das erste und das zweite Messsignal, die bei der gleichen Temperatur gewonnen wurden, um einen Wert von der zu messenden HF-Energie abzuleiten.

2. HF-Energie-Messsystem nach Anspruch 1, wobei der vorgegebene Korrekturfaktor auf eine vorgegebene Übertragungsfunktion des ersten Detektors bezogen ist und in einem Speicher (18) der Verarbeitungseinrichtung gespeichert wird.

3. HF-Energie-Messsystem nach Anspruch 2, wobei der vorgegebene Korrekturfaktor proportional zu einem Verhältnis des ersten und des zweiten Messsignals ist, das durch ein Kalibrierungsverfahren mittels einer HF-Kalibrierungsquelle an Stelle der zu messenden HF-Energie gewonnen wurde.

4. HF-Energie-Messsystem nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, wobei die Verarbeitungseinrichtung ein Digitalisiergerät (12) aufweist und der vorgegebene Korrekturfaktor auf eine vorgegebene Übertragungsfunktion des ersten Detektors (11) und des Digitalisiergeräts (12) bezogen ist.

5. HF-Energie-Messsystem nach Anspruch 4, wobei die Verarbeitungseinrichtung eine Schalteinrichtung (16) aufweist, um das Digitalisiergerät (12) wahlweise mit dem Ausgang des ersten Detektors (11) und dem des zweiten Detektors (15) zu verbinden.

6. Verfahren zum Messen einer HF-Energie, mit den Schritten:

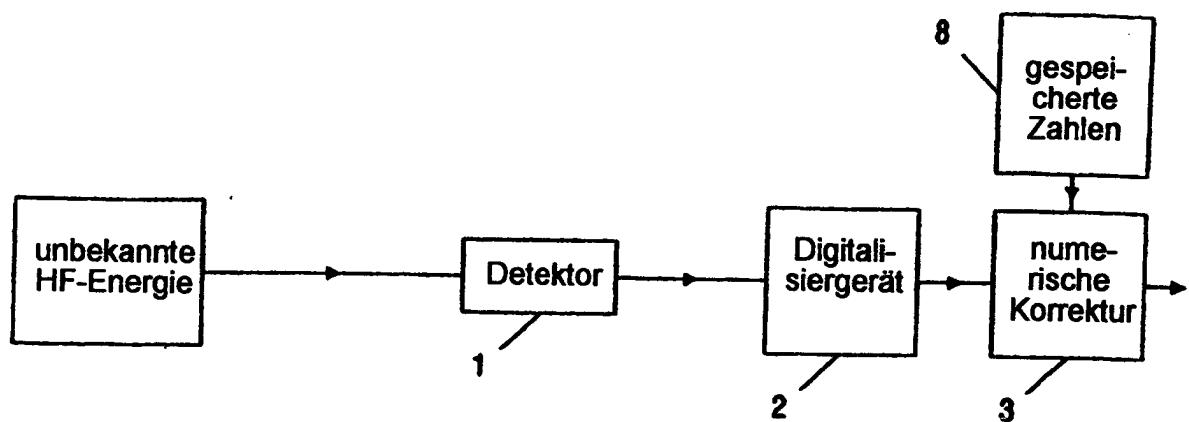
- Verwenden eines ersten Detektors (11), um die zu messende HF-Energie in ein erstes Messsignal umzuwandeln,
- Verwenden eines zweiten Detektors (15), der mit dem ersten Detektor (17) thermisch gekoppelt ist, um die durch eine Bezugsquelle erzeugte HF-Energie in ein zweites Messsignal (12) umzuwandeln,
- und Verarbeiten des ersten und des zweiten Messsignals, die bei der gleichen Temperatur gewonnen wurden, durch numerisches Anwenden eines vorgegebenen Korrekturfaktors auf das erste und das zweite Messsignal, um von der zu messenden HF-Energie einen Wert abzuleiten.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der vorgegebene Korrekturfaktor auf eine vorgegebene Übertragungsfunktion des ersten Detektors (11) bezogen ist und in einem Speicher (18) vorgespeichert wird.

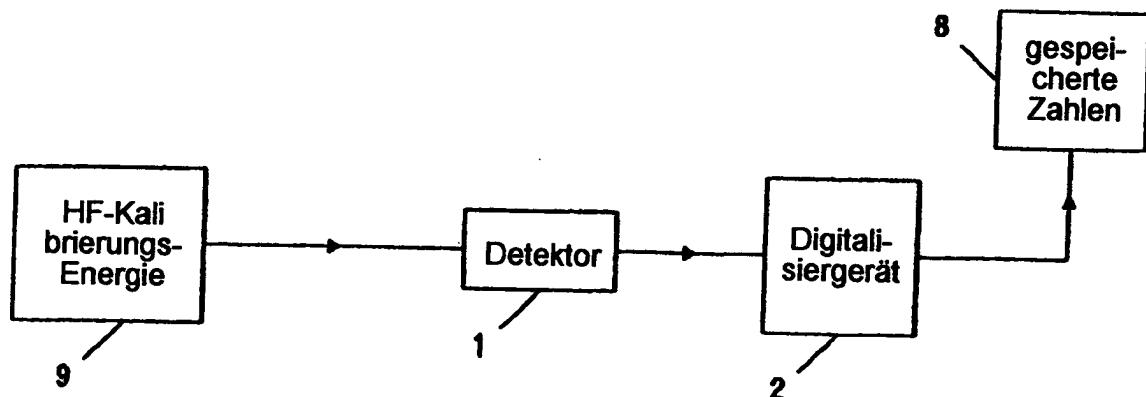
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der vorgegebene Korrekturfaktor zu einem Verhältnis des ersten und des zweiten Messsignals proportional ist, das durch ein Kalibrierungsverfahren mittels einer HF-Kalibrierungsquelle an Stelle einer zu messenden HF-Energie gewonnen wurde.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

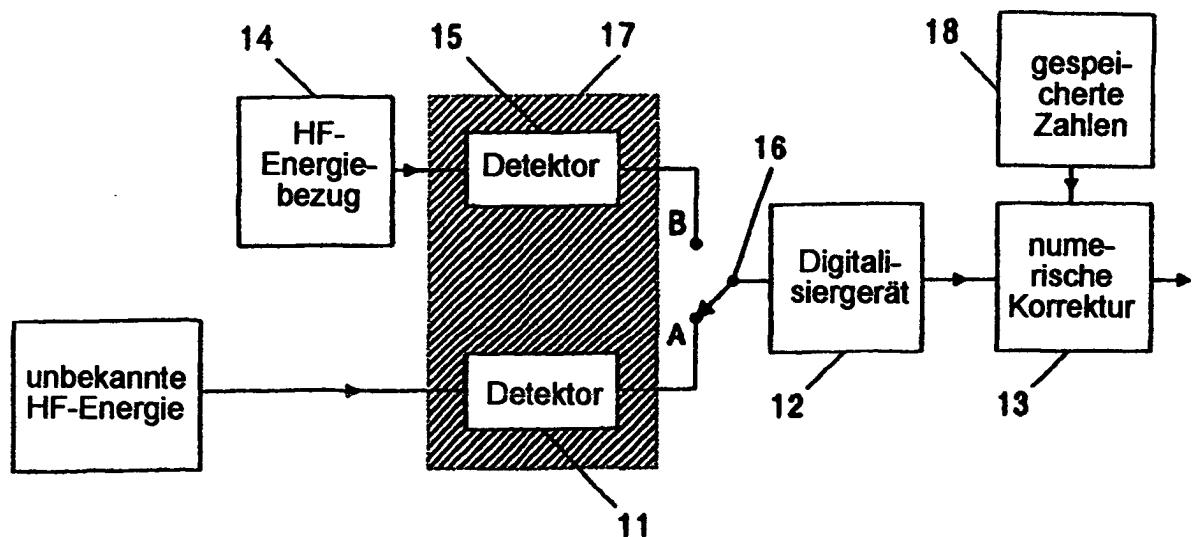
## Anhängende Zeichnungen



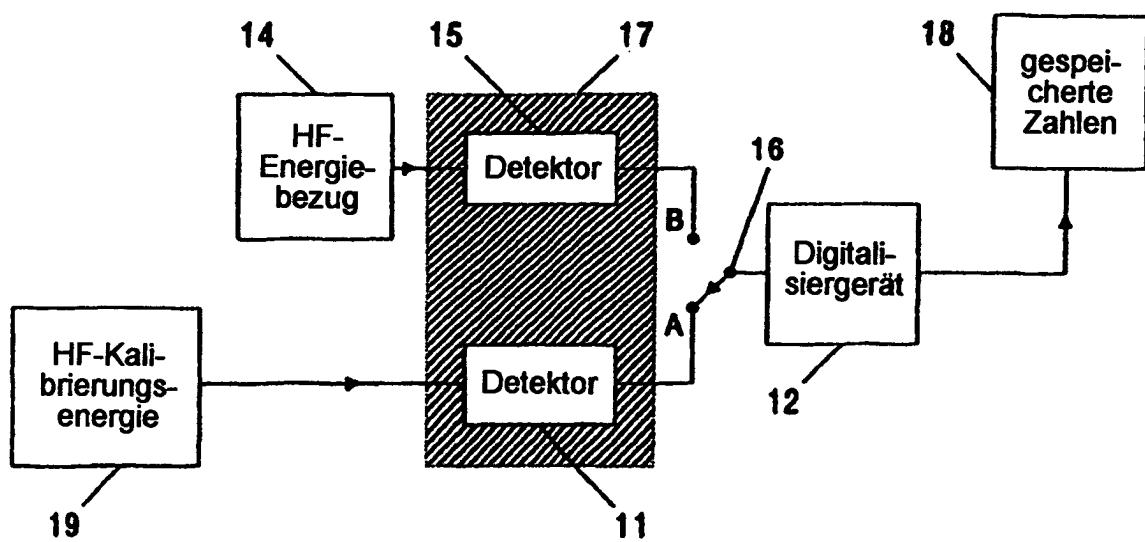
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4