



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.07.2004 Patentblatt 2004/30

(51) Int Cl.7: **H01Q 3/26**

(21) Anmeldenummer: **03026217.4**

(22) Anmeldetag: **14.11.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(72) Erfinder:
• **Schuster, Manfred, Dr.**
89257 Illertissen (DE)
• **Herrmann, Franz**
89614 Öpfingen (DE)

(30) Priorität: **14.01.2003 DE 10301125**

(74) Vertreter: **Meel, Thomas**
Patentassessor,
c/o Dornier GmbH
LPI
88039 Friedrichshafen (DE)

(71) Anmelder: **EADS Deutschland GmbH**
85521 Ottobrunn (DE)

(54) **Verfahren zur Erzeugung von Kalibriersignalen zur Kalibrierung räumlich entfernter Signalzweige von Antennensystemen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Kalibriersignalen zur Kalibrierung räumlich entfernter Signalzweige ($KE_{1,n}$) von Antennensystemen. Erfindungsgemäß wird mittels eines Taktgebers (TG) ein Basissignal erzeugt, welches eine Verteilereinheit (VN) zur Verteilung des Basissignals an Verstärkerschaltungen (VS) auf ihnen jeweils zugeordneten Signalzweigen (KE) auf ihnen jeweils zugeordneten Si-

gnalverteilungs-Leitungen (KL) zugeführt wird und am Ausgang der Verstärkerschaltungen (VS) wird jeweils ein Kalibriersignal durch Verstärkung des Basissignals innerhalb einer vorgebbaren oberen Amplitudengrenze und einer vorgebbaren unteren Amplitudengrenze erzeugt, welches dem jeweiligen, einer Verstärkerschaltung (VS) zugeordneten Einspeisepunkt des zu kalibrierenden Signalzweigs (KE) zugeführt wird.

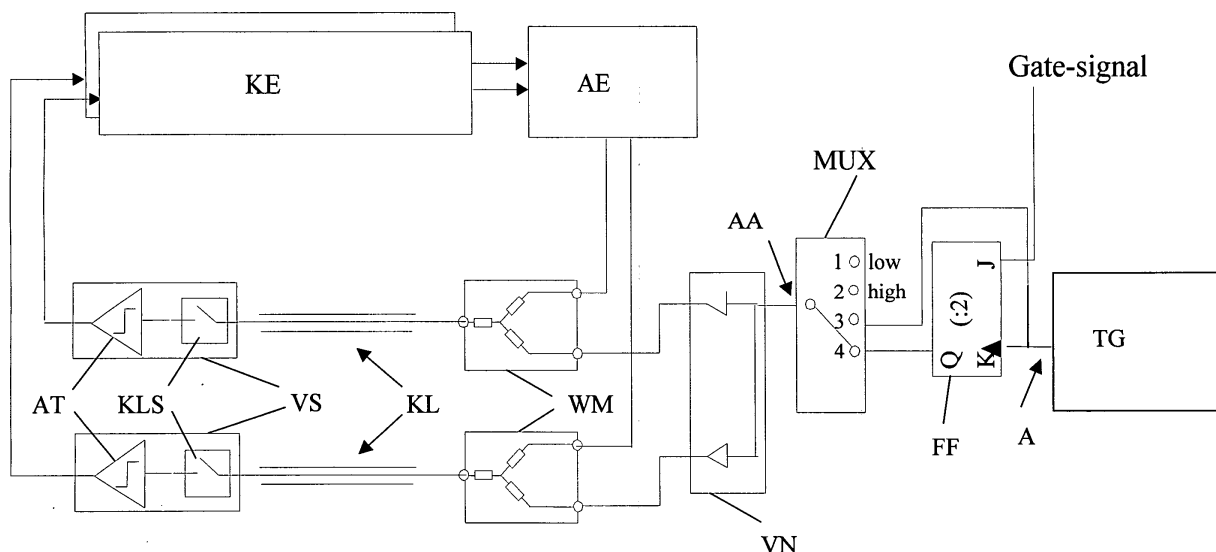


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Kalibriersignalen zur Kalibrierung räumlich entfernter Signalzweige von Antennensystemen.

[0002] Zur Kalibrierung von Signalzweigen von Antennensystemen werden die Kalibriersignale üblicherweise zentral mit der entsprechenden Frequenz bei der die Kalibrierung durchgeführt werden soll erzeugt. Problematisch hierbei ist, dass die Verteilerleitungen ein dispersives Verhalten über die Frequenz aufweisen, d.h. die Signallaufzeiten sind frequenz- und temperaturabhängig, wobei die Abhängigkeit um so größer ist, je höher die Absolutfrequenz ist. Außerdem weist eine Signalleitung in Abhängigkeit von Frequenz, Temperatur, Biegeradius der Leitungen sowie Alter verschiedene Dämpfung auf.

Aufgrund von ungenauen Impedanzanpassungen kommt es bei bekannten Verfahren zu Stehwellen, wodurch ein wellenförmiges Amplitudenverhalten der Signale auftritt. Eine Kalibrierung wird somit erschwert.

Bekannte Kalibrier-Messgeräte werden üblicherweise ortsfest in das zu vermessenden Antennensystem eingebaut. Nachteilig hierbei ist der hohe Raumbedarf der Messgeräte sowie die erschwerten und wechselnden Umgebungsbedingungen z.B. beim Einbau der Messgeräte in die Flügelspitzen eines Flugzeugs.

Ein weiterer Nachteil ist, dass bei bekannten Systemen frequenzselektive Filter verwendet werden, was zu einer unzureichenden Zeitgenauigkeit aufgrund von frequenzspezifischen Gruppenlaufzeiten führt. Diese Gruppenlaufzeiten sind darüber hinaus temperatur- und alterungsabhängig.

[0003] Für bestimmte Messverfahren wird jedoch eine hohe Zeitgenauigkeit gefordert, da die Zeitunterschiede des Auftreffens der empfangenen Signale an den verschiedenen Signalzweigen des Antennensystems zur Ermittlung der Empfangsrichtung herangezogen werden. Dies wird auch als Delta-Time-of-Arrival-Verfahren bezeichnet. Die Empfangsrichtung ist dabei ein wichtiges Kriterium für die Lokalisierung von Sendern.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem es möglich ist, Kalibriersignale zur Kalibrierung räumlich entfernte Signalzweige von Antennensystemen zu erzeugen, wobei die Laufzeit- und Amplitudenschwankungen der Kalibriersignale-möglichst gering gehalten wird.

[0005] Diese Aufgabe wird mit dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0006] Erfindungsgemäß wird mittels eines Taktgebers ein Basissignal erzeugt, welches eine Verteilereinheit zur Verteilung des Basissignals an Verstärkerschaltungen auf ihnen jeweils zugeordneten Signalverteilungs-Leitungen zugeführt wird. Außerdem wird erfindungsgemäß am Ausgang der Verstärkerschaltungen jeweils ein Kalibriersignal durch Verstärkung des Basissignals innerhalb einer vorgebbaren oberen Amplitudengrenze und einer vorgebbaren unteren Amplitudengrenze erzeugt, welches dem jeweiligen, einer Verstärkerschaltung zugeordneten Einspeisepunkt des zu kalibrierenden Signalzweigs zugeführt wird.

[0007] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können amplitudenstabile hochfrequente (im GHz-Bereich) Kalibriersignale mit einem definierten Amplitudenverhalten bei räumlich verteilten Einspeisepunkten in zu kalibrierende Empfangszweige generiert werden. Außerdem können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zeitgenaue Kalibriersignale bei beliebigen Frequenzen, z.B. gepulste HF-Signale im GHz-Bereich, erzeugt werden. Im Frequenzbereich von 1 GHz bis 20 GHz liegt die Zeitgenauigkeit der erfindungsgemäße erzeugten Kalibriersignalen im Sub-Nanosekundenbereich.

[0008] Das Basissignal wird z.B. mit einem Clock Divider erzeugt und kann ein gepulstes Signal (für Zeitkalibrierung) oder ein Dauersignal (für Amplitudenkalibrierung) sein mit einer Frequenz je nach Anwendungsfall im Bereich zwischen 200 und 750 MHz (bis zu 5 GHz) Vorteilhaft ist für die Zeitkalibrierung ein Puls-Burst, das in einem J-K-Flipflop erzeugt wird. Dabei kann das J-K-Flipflop z.B. durch das Ausgangssignal des Clock-Dividers gesteuert werden. Ein Vorteil hierbei ist, dass die Puls-Bursts immer phasenrichtig starten und dass alle Pulse eines Puls-Bursts gleiche Pulsbreite und Tastverhältnisse haben, solange der Referenztakt, z.B. vom Clock Divider eine konstante Frequenz aufweist. Dadurch wird gewährleistet, dass bis zur Bandbreitengrenze eine symmetrische Pulsfolge erzeugt wird.

[0009] Die Erzeugung der Kalibriersignale erfolgt durch die Verstärkung des Basissignals im Ausgangsverstärker der Verstärkerschaltung. Der Ausgangsverstärker, hier auch als Treiberverstärker bezeichnet, weist zweckmäßig eine hohe Bandbreite auf. Mittels des Treiberverstärkers wird am Ausgang der Verstärkerschaltung ein Rechtecksignal mit definierten Ober- und Untergrenzen, auch als High- und Low-Level bezeichnet, und mit-einer hohen Flankensteilheit im Bereich von einigen Pikosekunden. Zur Verbesserung der Flankensteilheit des Kalibriersignals können vorteilhaft dem Ausgangsverstärker der Verstärkerschaltung ein oder mehrere weitere Verstärkerstufen vorgeschaltet werden (Fig. 2). Die Hochfrequenzbandbreite des dem Ausgangsverstärker vorgeschalteten Verstärkers kann vorteilhaft kleiner als die des Ausgangsverstärkers oder gleich der Hochfrequenzbandbreite des Ausgangsverstärkers sein. Das Verhältnis richtet sich dabei insbesondere nach der zu erzeugenden Flankensteilheit, welche üblicherweise durch die sogenannte Rise- und Fall-time angegeben wird.

Die Frequenzanteile des Kalibriersignals verhalten sich gemäß der Fourier-Reihenentwicklung:

$$U(t) = a * \sin(t) + 1/3 * a * \sin(3t) + 1/5 * a * \sin(5t) + \dots + 1/19 * a * \sin(19t) + \dots$$

wobei gilt :

$$a = (U_{\text{High}} - U_{\text{Low}}) * (2/\pi)$$

mit

U_{High} : Ausgangsspannung des High-Levels

U_{Low} : Ausgangsspannung des Low-Levels

[0010] Eine beispielhafte Darstellung der Ausgangsleistung der einzelnen harmonischen Frequenzen ist in Fig. 3 dargestellt.

[0011] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahren ist, dass die Verstärkerschaltung zur Erzeugung der Rechtecksignale eine kurze Gruppenlaufzeit aufweist, insbesondere beträgt die Gruppenlaufzeit des Treiberverstärkers weniger als 50 ps. Dadurch wird eine hohe Zeitgenauigkeit des Kalibriersignals erreicht. Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Verstärkerschaltung keine frequenzselektiven Baueile, z.B. Filter aufweist, ist die Laufzeitdispersion des Kalibriersignals gering.

[0012] Mit dem erfindungsgemäßen Kalibrierverfahren wird somit eine hohe Messgenauigkeit der Empfangszeitpunkte bezogen auf die Antennenpositionen gewährleistet, wodurch die Empfangsrichtung eines Signals genau ermittelt werden kann. Ein mögliches Einsatzgebiet des erfindungsgemäßen Verfahrens ist z.B. ein Radar-Warnempfänger oder ein Aufklärungsempfänger (ESM), welche bekanntermaßen aus allen Richtungen empfangsbereit sein müssen. Die hohe Ermittlungsgenauigkeit der Empfangsrichtung eines Signals mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erlaubt somit eine genaue Positionsermittlung des Senders.

[0013] Um die Laufzeit auf den Signalverteilungs-Leitungen, welches insbesondere impedanzangepasste Leitungen sind, zu erfassen, umfaßt die Verstärkerschaltung vorteilhaft einen Kalibrierungsschalter, der direkt vor dem jeweiligen Treiberverstärker angeordnet ist. Der Kalibrierungsschalter KLS ist dabei vorteilhaft zwischen einem Durchgangszustand und einem signalreflektierenden Zustand schaltbar. Zur Bestimmung der Leitungslaufzeit wird nun bei auf "reflektierend" gestelltem Kalibrierungsschalter KLS ein Puls-Signal in die Signalverteilungs-Leitung eingespeist und gleichzeitig, sowohl das eingespeiste Signal, als auch der reflektierte Signalanteil mit einer Auswerteeinheit gemessen, die mit einer in die jeweilige Signalverteilungs-Leitung zwischen die Verstärkerschaltung und die Verteilereinheit geschalteten Widerstandsmatrix verbunden ist. Diese Auswerteeinheit ist z.B. ein Hochgeschwindigkeits-Breitband- A/D Wandler mit nachgeschaltetem digitalen Signalrecorder.

[0014] Zweckmäßig ist hier die Verwendung eines Puls-Signals mit einer Pulsbreite kleiner als die kleinste doppelte Leitungslaufzeit (Laufzeit bis zum Auftreten der reflektierten Signalanteile am Einspeisepunkt).

[0015] Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausführungen der Erfindungen werden im weiteren anhand von Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine beispielhafte Schaltungsanordnung einer Kalibrierschaltung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 eine beispielhafte Schaltungsanordnung der Verstärkerschaltung,

Fig. 3 eine beispielhafte Darstellung der Ausgangsleistung der einzelnen harmonischen Frequenzen.

[0016] Die in Fig. 1 gezeigte beispielhafte Schaltungsanordnung einer Kalibrierschaltung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahren umfaßt einen Taktgeber TG, der mittels eines integrierten sogenannten Clock Dividers ein Basissignal mit einem vorgebbaren Referenztakt erzeugt. Der Ausgang A des Taktgebers TG ist mit dem Eingang K eines J/K-Flipflops FF verbunden. Bei dem J/K-Flipflop FF handelt es sich um einen sogenannten gesteuerten 2/1-Frequenzteiler. Mit dem verwendeten Flipflop FF ist es somit möglich, exakt gleiche Puls zu erzeugen, ohne dass weitere Abgleicharbeiten an den erzeugten Pulsen vorgenommen werden müssen. Es wird somit gewährleistet, dass alle Pulse gleich lang sind. Statt eines J/K-Flipflops FF kann aber auch eine Verzögerungsleitung und ein Schmitt-Trigger-Gatter verwendet werden. Am anderen Eingang J des J/K-Flipflops FF wird ein Steuerungssignal (Gate-Signal) angelegt.

[0017] Der Ausgang Q des J/K-Flipflops FF ist mit einem Eingang 4 eines nachgeschalteten Mehrfachumschalters MUX verbunden. Ein weiterer Eingang 3 des Mehrfachumschalters MUX ist direkt mit dem Ausgang A des Taktgebers

TG verbunden. Am Eingang 1 des Mehrfachumschalters MUX liegt ein Low-Signal und am Eingang 2 des Mehrfachumschalters MUX liegt ein High-Signal an.

[0018] Der Ausgang AA des Mehrfachumschalters MUX ist mit dem Eingang der Verteilereinheit VN verbunden, das das Basissignal auf mehrere Kalibrierleitungen KL verteilt. Die Kalibrierleitungen KL umfassen dabei an ihrem einen Ende jeweils eine Widerstandsmatrix WM und an ihrem anderen Ende eine Verstärkerschaltung VS mit einem Ausgangsverstärker AT und einem Kalibrierleitungsschalter KLS. Die Ausgangsverstärker AT sind mit den Eingängen der jeweils zugeordneten zu kalibrierenden Empfangszweige KE verbunden. Diese Verbindung ist dabei hinreichend klein gegenüber den Kalibrierleitungen KL. Die Ausgänge der Empfangszweige KE sind mit einer Auswertereinheit AE verbunden.

Die Widerstandsmatrizen WM sind dabei derart geschaltet, dass ein anliegendes Basissignal gleichzeitig durch die Widerstandsmatrix WM auf die Kalibrierleitung KL geleitet und zu der mit der Widerstandsmatrix WM verbundenen Auswertereinheit AE geleitet wird.

[0019] Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Schaltungsanordnung einer Verstärkerschaltung VS mit einem Kalibrierleitungsschalter KLS. Der Kalibrierleitungsschalter KLS ist hierbei beispielhaft auf Durchgang D eingestellt. Dem Ausgangsverstärker AT der Verstärkerschaltung VS ist ein weiterer Verstärker VV vorgeschaltet. Dadurch wird erreicht, dass die Flankensteilheit des Ausgangssignals (Kalibriersignals) vergrößert wird. Die Hochfrequenzbandbreite des dem Ausgangsverstärker AT vorgeschalteten Verstärkers VV kann vorteilhaft kleiner als die des Ausgangsverstärkers AT oder gleich der Hochfrequenzbandbreite des Ausgangsverstärkers AT sein. Am Ausgang AV des Ausgangsverstärkers AT ist eine Spannungsmesseinrichtung SE geschaltet, mittels der die Ausgangsspannungen für High und Low Pegel des Kalibriersignals gemessen werden. Außerdem ist dem Ausgang AV eine Gleichspannungssperre GS, z.B. ein Kondensator, nachgeschaltet.

[0020] Die Messung der Ausgangsspannung von Referenzsignalen am Ausgang der Verstärkerschaltung umfaßt folgende Verfahrensschritte:

- Schalten des Mehrfachumschalters MUX auf Eingang 1 zur Einstellung des Low-Levels und Einstellen des Kalibrierleitungsschalters KLS auf "Durchgang",
- Übertragung des statischen Low-Signals an den Ausgangsverstärker AT über eine Kalibrierleitung KL
- Messung der Ausgangsspannung des Ausgangsverstärkers AT für das Low-Signal an der Spannungsmesseinrichtung SE
- Schalten des Mehrfachumschalters MUX auf Eingang 2 zur Einstellung des High-Levels
- Übertragung des statischen High-Signals an den Ausgangsverstärker AT über eine Kalibrierleitung KL
- Messung der Ausgangsspannung des Ausgangsverstärkers AT für das High-Signal an der Spannungsmesseinrichtung SE
- Berechnung der frequenzabhängigen Ausgangsleistung eines Basissignals am Ausgang der Verstärkerschaltung gemäß:

$$P_{Ausgang} = 10 * \log \left[\frac{2 * (U_{High} - U_{Low})}{\pi * \sqrt{2}} \right]^2 / IMP$$

mit

U_{High} : Ausgangsspannung High-Signal
 U_{Low} : Ausgangsspannung Low-Signal
 IMP : Impedanz der Signalleitungen in Ohm

[0021] Die Amplitudenkalibrierung eines Signals in einem Empfangszweig erfolgt vorteilhaft gemäß folgender Verfahrensschritte:

- Einstellen des Mehrfachumschalters MUX auf Eingang 3, wobei der Ausgang A des Taktgebers TG direkt mit dem Mehrfachumschalter MUX verbunden ist und wobei das Basissignal des Taktgebers eine Frequenz aufweist die gleich oder kleiner ist als die in den Empfangszweigen KE zu kalibrierende Frequenz
- Übertragung des so erzeugten Basissignals an den Ausgangsverstärker AT über die Kalibrierleitung KL und den auf "Durchgang" geschalteten Kalibrier-Leitungsschalter KLS.
- Verstärkung des Basissignals durch den Ausgangsverstärker AT, wobei eine Begrenzung der Ausgangsspannung

auf die zuvor gemessenen High- und Low Ausgangsspannungen erfolgt. Dabei kommt die Ausgangsspannung durch die hohe Bandbreite des Ausgangsverstärkers einem idealen Rechteck-Ausgangssignal sehr nahe. Insbesondere weist dieses Ausgangssignal entsprechend der Fourier Reihe definierte Ausgangsleistungen sowohl auf der Grundfrequenz als auch auf den ungeraden Vielfachen der Grundfrequenz auf, wobei der Frequenzbereich für die Gültigkeit der Fourier Beziehung nur durch die Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeit des Ausgangssignals, sowie durch Symmetriefehler des Basissignals eingeschränkt wird.

- Einspeisung des generierten Kalibriersignals in den zu kalibrierenden Empfangskanal KE. Durch die spezifischen Frequenzeigenschaften der Empfangskanäle KE werden aus dem Kalibriersignal die entsprechenden Frequenzanteile selektiert und vermessen. Dies kann z.B. durch eine Reihe von Verstärker-, Filter- und Mischeranordnungen zur Erhöhung des Nutzfrequenzbereichs des Empfangskanals KE erfolgen.
- Berechnung des Verhältnisses der vorbekannten Leistung des Kalibriersignals bei den entsprechenden Vielfachen der Grundfrequenz (oder auch der Grundfrequenz selbst) und der durch den Empfangskanal KE gemessenen Leistung, welches als Kalibrierwert für die Ermittlung der tatsächlichen Eingangsleistungen bei der entsprechenden Frequenz verwendet werden kann.

[0022] Die Bestimmung der Eigenlaufzeit eines Signals zwischen der Verteilereinheit und der Verstärkerschaltung erfolgt vorteilhaft gemäß folgender Verfahrensschritte:

- Einstellen des Mehrfachumschalters MUX auf den Eingang 4, welcher mit dem Ausgang Q des J/K-Flipflops FF verbunden ist und Einstellen des Kalibrier-Leitungsschalter KLS auf den reflektierenden Zustand.
- Erzeugung eines Puls-Paketes durch Umschaltung des J/K Flipflops von "Hold" auf "Toggle" durch einen Wechsel des Gate-Signals am Eingang J des J/K -Flipflops FF, wobei das J/K-Flipflop FF für die Dauer der aktiven Freischaltung durch das Gate-Signal am Eingang J des J-K-Flipflops FF ein Pulspaket erzeugt, dessen Frequenz der halben Frequenz des im Taktgeber TG erzeugten Basissignals entspricht. Alle Pulse innerhalb des Pulspaketes sind gleich lang.
- Das erzeugte Pulspaket wird über eine Verteilereinheit VN, welches z.B. weitere Treiberverstärker umfaßt, zu der Widerstandsmatrix WM weitergeleitet. Über die Widerstandsmatrix WM wird das Pulspaket sowohl direkt an die Auswerteeinheit AE, welches z.B. der Analog-Digital-Wandler der Empfangseinheit ist, als auch auf die Kalibrierleitung KL weitergeleitet.
- Das auf die Kalibrierleitung KL weitergeleitete Signal wird an dem sich in einem reflektierenden Zustand befindlichen Kalibrier-Leitungsschalter KLS reflektiert und über die Kalibrierleitung KL und die Widerstandsmatrix WM ebenfalls an die Auswerteeinheit AE weitergeleitet. Der gemessene Zeitunterschied zwischen dem Empfang des Ersten Pulspaketes und dem reflektierten Pulspaket entspricht genau der doppelten Signallaufzeit auf der Kalibrierleitung KL.

[0023] Die Signallaufzeit im Ausgangsverstärker AT ist klein gegenüber den Laufzeiten in den Kalibrierleitungen KL. Außerdem ist das Signal über den Frequenzbereich über den eine Laufzeitkalibrierung durchzuführen ist nahezu konstant. Die Abweichung beträgt wenige Pikosekunden. Die Signallaufzeit innerhalb des Ausgangsverstärkers AT kann somit für alle zu kalibrierenden Empfangszweige als konstant angenommen werden. Schwankungen der Signallaufzeit können deswegen vernachlässigt werden.

[0024] Die Laufzeit eines Signals in dem zu kalibrierenden Signalzweig wird vorteilhaft folgendermaßen gemessen:

- Einstellen des Mehrfachumschalters MUX auf den Eingang 4, welcher mit dem Ausgang Q des J/K-Flipflops FF verbunden ist und Einstellen des Kalibrierleitungsschalters KLS auf "Durchgang". Insbesondere wird der zu kalibrierende Empfangszweig KE auf den entsprechenden Frequenzbereich eingestellt, in welchem die Kalibrierung stattfinden soll.
- Erzeugung eines Puls-Paketes durch Umschaltung des J/K-Flipflops FF von "Hold" auf "Toggle" durch einen Wechsel des Gate-Signals am Eingang J des J/K-Flipflops FF, wobei das J/K-Flipflop FF für die Dauer der aktiven Freischaltung durch das Gate-Signal am Eingang J des J/K-Flipflops FF ein Pulspaket erzeugt, dessen Frequenz der halben Frequenz im Taktgeber TG erzeugten Basissignals entspricht. Auch sind alle Pulse innerhalb des Pulspaketes gleich lang.
- Das erzeugte Pulspaket wird über eine Verteilereinheit VN, welches z.B. weitere Treiberverstärker umfaßt, zu den Widerstandsmatrizen WM weitergeleitet. Jede Widerstandsmatrix leitet das Pulspaket sowohl direkt an die Auswerteeinheit als auch auf die jeweilige Kalibrierleitung KL weiter.
- das auf die Kalibrierleitung KL weitergeleitete Signal wird durch den Ausgangsverstärker AT verstärkt und zu einem Rechtecksignal geformt, wobei die Begrenzung der Ausgangsspannung des Kalibriersignals auf die zuvor gemessenen High- und Low-Ausgangsspannungen erfolgt. Dabei kommt die Ausgangsspannung des Kalibriersignals durch die hohe Bandbreite des Ausgangsverstärkers einem idealen Rechteck-Ausgangssignal sehr nahe.

- Einspeisung des generierten Kalibriersignals in den zu kalibrierenden Empfangskanal KE. Durch die spezifischen Frequenzeigenschaften der Empfangskanäle KE werden aus dem Kalibriersignal die entsprechenden Frequenzanteile selektiert und vermessen. Dies kann z.B. durch eine Reihe von Verstärker-, Filter- und Mischeranordnungen zur Erhöhung des Nutzfrequenzbereichs des Empfangskanals KE erfolgen.
- Messen des Laufzeitunterschieds der beiden in der Auswerteeinheit AE empfangenen Signale, wobei die Laufzeit des Signals in dem entsprechenden Signalzweig KE dem zeitliche Unterschied zwischen dem Eingangszeitpunkt des Basissignals aus der Widerstandsmatrix WM an der Auswerteeinheit AE und dem Eingangszeitpunkt des Kalibriersignals durch den zu kalibrierenden Signalzweig KE abzüglich der Eigenlaufzeit zwischen der Verteilereinheit VM und dem Kalibrierungsschalter KLS entspricht.

[0025] Bei der Bestimmung des frequenzspezifischen Laufzeitunterschieds zwischen zwei oder mehreren Empfangskanälen KE wird statt des letzten Aufzählungspunktes der zeitliche Unterschied durch direkten Vergleich der Eingangszeitpunkte der Signale an den jeweiligen Auswerteeinheiten ermittelt. Hierbei ist die jeweilige Eigenlaufzeit der Kalibrieranordnung zwischen der Verteilereinheit und der Verstärkerschaltung zu berücksichtigen.

[0026] Wie bereits oben erläutert, ist die Signallaufzeit im Ausgangsverstärker AT klein gegenüber den Laufzeiten in den Kalibrierleitungen KE. Bei gleichartiger Gestaltung der verwendeten Ausgangstreiber für alle zu kalibrierenden Empfangskanäle KE kann die Signallaufzeit in den Ausgangsverstärkern AT als konstant angenommen werden. Sofern Laufzeitunterschiede der Empfangskanäle KE (nicht Absolutlaufzeiten) gemessen werden, kann somit die Laufzeit der Ausgangsverstärker-Schaltung vernachlässigt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Kalibriersignalen zur Kalibrierung räumlich entfernter Signalzweige (KE) von Antennensystemen, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels eines Taktgebers (TG) ein Basissignal erzeugt wird, welches einer Verteilereinheit (VN) zur Verteilung des Basissignals an Verstärkerschaltungen (VS) auf ihnen jeweils zugeordneten Signalverteilungs-Leitungen (KL) zugeführt wird und dass am Ausgang der Verstärkerschaltungen (VS) jeweils ein Kalibriersignal durch Verstärkung des Basissignals innerhalb einer vorgebbaren oberen Amplitudengrenze und einer vorgebbaren unteren Amplitudengrenze erzeugt wird, welches dem jeweiligen, einer Verstärkerschaltung (VS) zugeordneten Einspeisepunkt des zu kalibrierenden Signalzweigs (KE) zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstärkerschaltung (VS) einen Kalibrierleitungsschalter (KLS) umfaßt, der direkt vor den Ausgangsverstärker (AT) geschaltet ist, wobei der Kalibrierleitungsschalter (KLS) zwischen einem Durchgangszustand und einem signalreflektierenden Zustand schaltbar ist und wobei im signalreflektierenden Zustand die Signallaufzeit des Basissignals auf den Signalverteilungs-Leitungen (KL) mit einer Auswerteeinheit (AE) gemessen wird, die mit einer in die jeweilige Signalverteilungs-Leitung (KL) zwischen die Verstärkerschaltung (VS) und der Verteilereinheit (VN) geschalteten Widerstandsmatrix (WM) verbunden ist.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verbesserung der Flankensteilheit des Kalibriersignals dem Ausgangsverstärker (AT) ein oder mehrere weitere Verstärker (VV) vorgeschaltet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochfrequenzbandbreite der weiteren vorgeschalteten Verstärker (VV) im Verhältnis zu dem Ausgangsverstärker (AT) kleiner oder gleich ist.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Basissignal ein Puls-Burst ist, welcher in einem J/K-Flipflop als Taktgeber erzeugt wird, so dass die erzeugten Pulse gleiche Frequenz, Pulsbreite und Tastverhältnis aufweisen.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ermittlung der unteren Amplitudengrenze ein Low-Signal erzeugt wird, welches über die Verteilereinheit (VN) und die Signalverteiler-Leitungen (KL) an die Verstärkerschaltungen (VS) geleitet wird und dass am Ausgang der Verstärkerschaltungen (VS), deren Kalibrierleitungsschalter (KLS) in Durchgang geschaltet sind, eine Ausgangsspannung für das entsprechende Low-Signal gemessen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ermittlung der oberen Amplitudengrenze ein High-Signal erzeugt wird, welches über die Verteilereinheit (VN) und die Signalverteiler-Leitungen (KLS) an die Verstärkerschaltungen (VS) geleitet wird und dass am Ausgang der Verstärkerschaltungen (VS),

deren Kalibrierleitungsschalter (KLS) in Durchgang geschaltet sind, eine Ausgangsspannung für das entsprechende High-Signal gemessen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 und 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die frequenzabhängige Ausgangsleistung eines Basissignals am Ausgang der Verstärkerschaltung (VS) folgendermaßen berechnet wird:

$$P_{Ausgang} = 10 * \log \left[\frac{2 * (U_{High} - U_{Low})}{\pi * \sqrt{2}} \right]^2 / IMP$$

mit

U_{High} : Ausgangsspannung High-Signal

U_{Low} : Ausgangsspannung Low-Signal

IMP : Impedanz der Signalleitungen (KLS) in Ohm

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Amplitude eines Signals in einem Empfangszweig (KE) folgendermaßen kalibriert wird :

- der Kalibrierleitungsschalter (KLS) der entsprechenden Verstärkerschaltung (VS) wird auf Durchgang geschaltet,
- ein Basissignal wird über die entsprechende Verstärkerschaltung (VS) und den zu kalibrierenden Empfangszweig (KE) geleitet und an der mit dem Ausgang des zu kalibrierenden Empfangszweigs (KE) verbundenen Auswerteeinheit (AE) wird die Leistung des entsprechenden Signals gemessen,
- Bestimmung des Verhältnisses der Ausgangsleistung der Verstärkerschaltung (VS) und der am Ausgang des Empfangszweigs (KE) ermittelten Leistung.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eigenlaufzeit eines Signals zwischen der Verteilereinheit (VN) und der Verstärkerschaltung (VS) folgendermaßen gemessen wird :

- der Kalibrierleitungsschalter (KLS) der zu vermessenden Verstärkerschaltung (VS) wird in einen signalreflektierenden Zustand geschaltet,
- ein Basissignal wird über die Verteilereinheit (VN) gleichzeitig an die mit der Widerstandsmatrix (WM) verbundene Auswerteeinheit (AE) und über die Signalverteiler-Leitung (KL) an die Verstärkerschaltung (VS) geleitet, wobei Signalverteiler-Leitung (KL) an die Verstärkerschaltung (VS) geleitet, wobei die Widerstandsmatrix (WM) das von dem Kalibrierleitungsschalter (KLS) reflektierte Signal an die Auswerteeinheit (AE) weiterleitet,
- Messen des Laufzeitunterschieds der beiden in der Auswerteeinheit (AE) empfangenen Signale, der der doppelten Laufzeit zwischen der Verteilereinheit (VN) und dem Kalibrierleitungsschalter (KLS) entspricht.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufzeit eines Signals in dem zu kalibrierenden Signalzweig (KE) folgendermaßen gemessen wird:

- der Kalibrierleitungsschalter (KLS) der entsprechenden Verstärkerschaltung (VS) wird auf Durchgang geschaltet,
- ein Basissignal wird über die Verteilereinheit (VN) gleichzeitig an die Auswerteeinheit und über die Signalverteiler-Leitungen (KL) und die Verstärkerschaltung (VS) an den Einspeisepunkt des zu kalibrierenden Signalzweigs (KE) geleitet, wobei der Ausgang des zu kalibrierenden Signalzweigs (KE) mit der Auswerteeinheit (AE) verbunden ist,
- Messen des Laufzeitunterschieds der beiden in der Auswerteeinheit (AE) empfangenen Signale, wobei die Laufzeit des Signals in dem entsprechenden Signalzweig (KE) dem zeitliche Unterschied zwischen dem Eingangszeitpunkt des Basissignals aus der Widerstandsmatrix (WM) an der Auswerteeinheit (AE) und dem Eingangszeitpunkt des Kalibriersignals durch den zu kalibrierenden Signalzweig (KE) abzüglich der Eigenlaufzeit zwischen Verteilereinheit (VN) und Kalibrierungsschalter (KLS) entspricht.

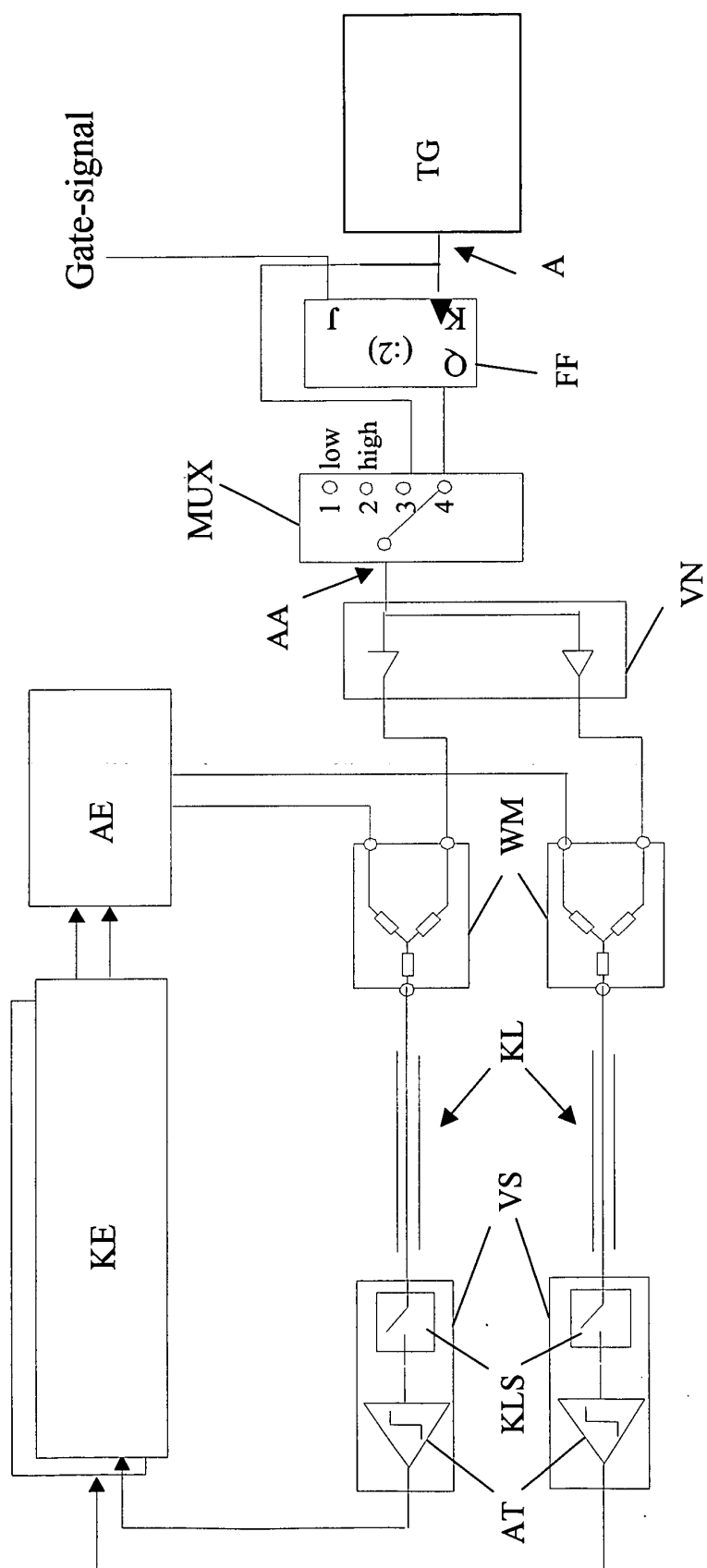


Fig. 1

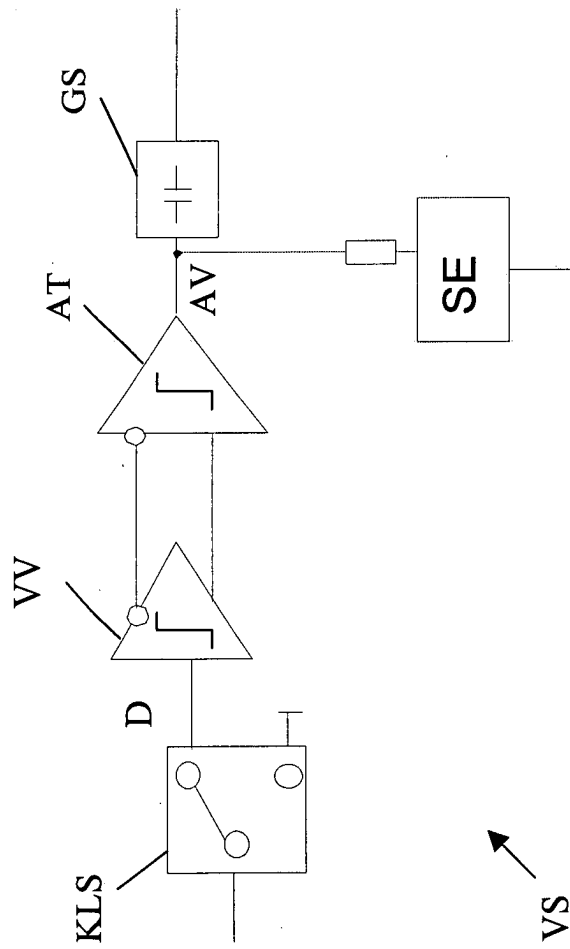


Fig. 2

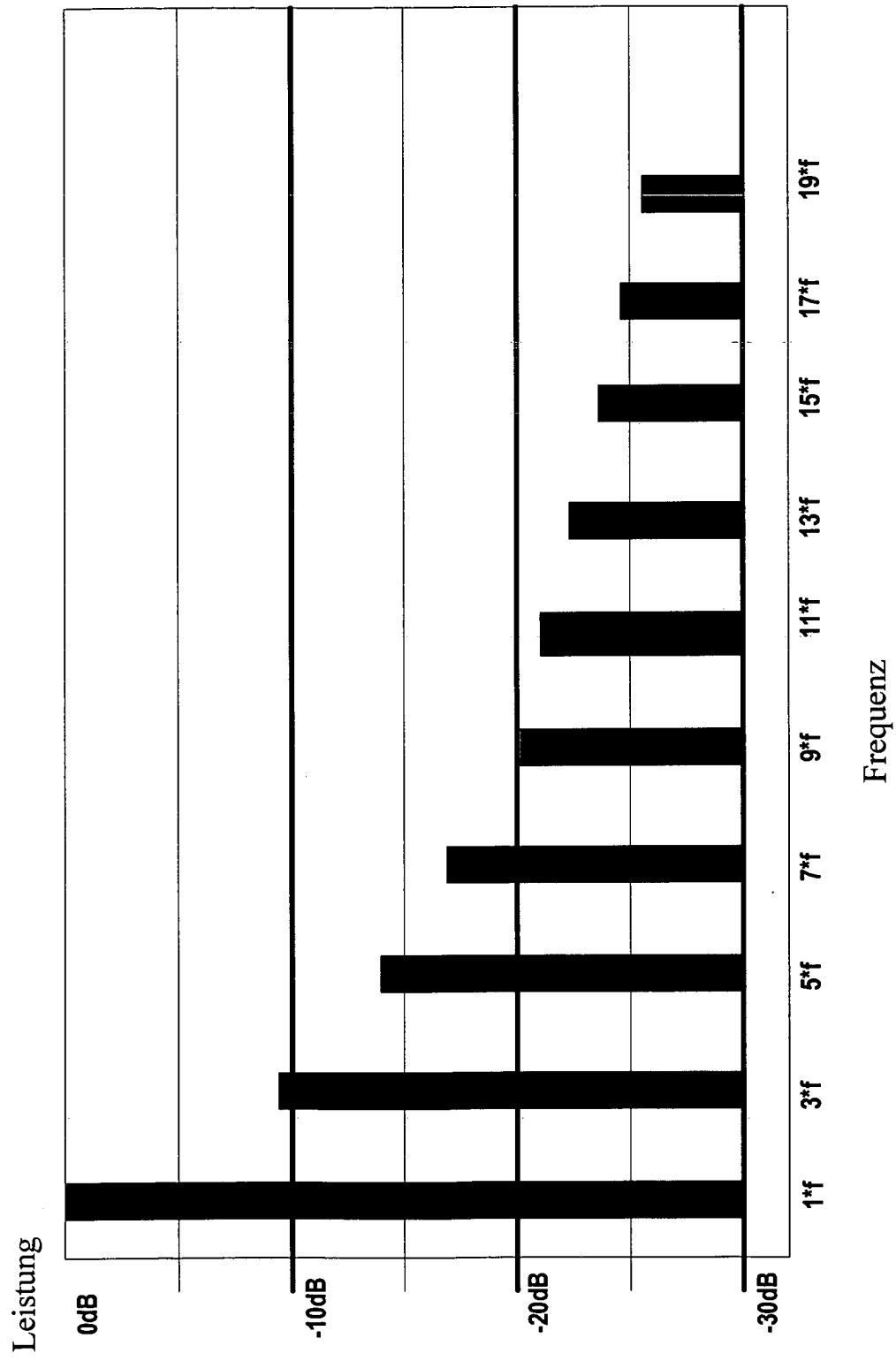


Fig. 3