



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 004 577.5**
(22) Anmeldetag: **14.01.2009**
(43) Offenlegungstag: **15.07.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **25.11.2010**

(51) Int Cl.⁸: **H03B 29/00** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens AG Österreich, Wien, AT

(74) Vertreter:
Maier, D., Dipl.-Ing. Univ., Pat.-Ass., 81739 München

(72) Erfinder:
Appel, Leopold, Sieghartskirchen, AT; Danzer, Hermann, Wien, AT; Hofmann, Andreas, Pöchlarn, AT

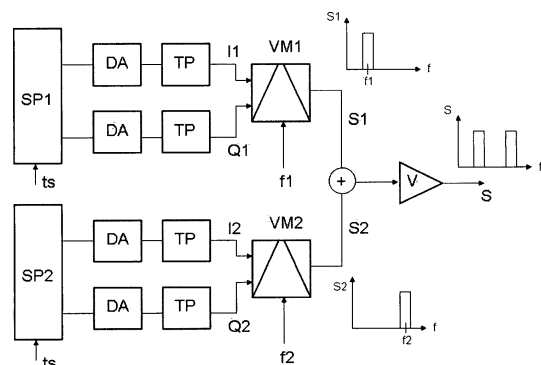
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 10 2007 038148 A1
US 50 08 845 A
WO 03/0 39 046 A1

BOYD, STEPHEN: Multitone Signals with Low Crest Factor. In: IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. CAS-33, No. 10, October 1986. Seiten 1018-1022

(54) Bezeichnung: **Rauschgenerator zur Erzeugung eines bandbegrenzten Rauschens, dessen Zeitsignal einen niedrigen Crest-Faktor aufweist**

(57) Zusammenfassung: Rauschgenerator zur Erzeugung bandbegrenzten Rauschens aus einer Anzahl N Sinussignalen gleichen Pegels und äquidistanter Frequenzlage im Rauschspektrum, wobei das Rauschsignal einen niedrigen Crest-Faktor aufweist und dazu die Phasenlage ϕ_k jedes einzelnen Sinussignals bestimmt wird.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rauschgenerator zur Erzeugung eines bandbegrenzten Rauschens, dessen Zeitsignal einen niedrigen Crest-Faktor aufweist.

Stand der Technik

[0002] Generatoren zur Erzeugung bandbegrenzten Rauschens werden üblicherweise in digitaler Technik realisiert, da analoge Schaltungen die oftmals erhobenen Forderungen nach geringer Welligkeit des Rauschspektrums, hoher Flankensteilheit des Rauschspektrums sowie geringem Signalpegel außerhalb des Rauschspektrums nicht erfüllen können. Solche digitalen Rauschgeneratoren füllen das Rauschspektrum mit einer (üblicherweise hohen) Anzahl an äquidistanten Signallinien (einzelnen Sinussignalen) auf und erzeugen ein scharf begrenztes Rauschspektrum. Mittels solcher Rauschgeneratoren ist auch das Erzeugen eines lückenbehafteten Rauschspektrums möglich. Allerdings weisen die zugehörigen Rauschsignale (im Zeitbereich) einen oftmals hohen Crest-Faktor auf, was in realen Anwendungen aufgrund der Nichtlinearitäten der im analogen Signalweg liegenden Verstärkerstufen zu Intermodulationen führt, welche ein Aufweiten des Rauschspektrums zufolge haben und wodurch hohe Störanteile außerhalb des gewünschten Rauschspektrums auftreten.

[0003] Zur Lösung dieses Problems werden geeignete Phasenbeziehungen der Signallinien zueinander gesucht. Beispielsweise wird in „Multitone Signals with low Crest Factor; Stephen Boyd, IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. CAS-33, No. 10“ ein Phasenoptimierungsverfahren beschrieben, welches die Phasen der einzelnen Signallinien gemäß:

$$\varphi_k = \frac{\pi (k-1)^2}{N}$$

bestimmt.

[0004] Allerdings ist es mit diesem Verfahren nicht möglich, ein lückenbehaftetes Rauschspektrum mit geringem Crest-Faktor zu erzeugen.

[0005] In bestimmten Anwendungsgebieten sind die Forderungen an minimale Störanteile außerhalb des gewünschten Rauschspektrums jedoch besonders hoch. Beispielsweise werden an Rauschgeneratoren, welche den Empfang bestimmter Mobilfunkfrequenzen in Flugzeugen unterdrücken sollen, besonders hohe Anforderungen betreffend der Störanteile außerhalb des gewünschten Frequenzspektrums gestellt. Die durch solche Generatoren zu erzeugenden Rauschspektren sind üblicherweise lückenbehaftet. Diese Forderungen lassen sich mit Rauschgeneratoren gemäß dem Stand der Technik nicht erfüllen.

[0006] DE 10 2007 038 148 A1 beschreibt ein Verfahren, welches mittels Summieren der Ausgaben von mehreren Rausch-FM-Signalen ein Zittersignal, das sowohl bandbegrenzt ist, als auch sich besser einer einheitlichen Wahrscheinlichkeitsverteilung annähert, erzeugt.

[0007] In WO 03/039046 A1 ist ein Simulator für Funkkanäle offenbart, welcher Rauschsignale durch Summierung mehrerer Teilrauschsignale erzeugt. Der Crest-Faktor eines solcherart erzeugten Rauschsignals kann jedoch mit diesem Verfahren nicht hinreichend reduziert werden.

[0008] US 5,008,845 offenbart ein Verfahren zur Erzeugung schneller Sweep-Signale (Chirps), deren Spektrum einen flachen Verlauf aufweist. Das Problem, ein Signal mit minimalem Crest-Faktor zu erzeugen, wird auch durch dieses Verfahren nicht gelöst.

Darstellung der Erfindung

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Rauschgenerator anzugeben, dessen erzeugtes Signal einen geringen Crest-Faktor aufweist.

[0010] Die Aufgabe wird durch einen Rauschgenerator nach Anspruch 1 und durch einen Rauschgenerator nach Anspruch 3 gelöst. Vorteilhafte Ausprägungen sind Gegenstand abhängiger Ansprüche.

[0011] Dem Grundgedanken der Erfindung nach wird ein Rauschgenerator aufgebaut, welcher mittels eines

Vektormodulators die I- und Q-Signalanteile eines Rauschsignals auf eine Trägerfrequenz aufmoduliert. Das Rauschsignal wird vorteilhafterweise mittels digital-analog Wandlung aus in einem Speicher abgelegten Abtastwerten gewonnen.

[0012] Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, das Rauschsignal mittels Summierung aus beliebig vielen sinusförmigen, im Frequenzbereich des gewünschten Rauschbandes liegenden, äquidistanten Einzelsignalen zu gewinnen, wobei die Phasenlage jedes einzelnen Sinussignals k gemäß

$$\varphi_k = 2\pi T_{START} k + \frac{\pi k^2 (T_{STOP} - T_{START})}{N} + \frac{C \pi (k - N/2)^4}{(N/(T_{STOP} - T_{START}))^2}$$

vorgegeben wird, wobei

N die Anzahl der Sinussignale darstellt,
 T_{STOP} einen beliebigen Wert zwischen 0 und 1 darstellt,
 T_{START} einen beliebigen Wert zwischen 0 und 1 darstellt, und $T_{STOP} > T_{START}$ ist, und
 C einen beliebigen positiven Wert darstellt.

[0013] Ein solcherart aus einer Anzahl N Sinussignalen mit jeweils der Phasenlage φ_k erstelltes Rauschsignal ähnelt einem sogenannten periodischen Sweepsignal.

[0014] Der in der Bestimmung von φ_k vorgesehene lineare Term ($2\pi T_{START} k$) bewirkt eine zeitliche Verschiebung des gesamten Signals um T_{START} .

[0015] Der in der Bestimmung von φ_k vorgesehene Faktor $(T_{STOP} - T_{START})$ im quadratischen Term

$$\left(\frac{\pi k^2 (T_{STOP} - T_{START})}{N} \right)$$

bewirkt eine zeitliche Stauchung des Signals, welches bei T_{STOP} endet.

[0016] Die Wertebereiche von T_{START} und T_{STOP} liegen zwischen 0 und 1, wobei 0 den Anfang und 1 das Ende einer Signalperiode (des sweepartigen Signals) darstellt.

[0017] Der in der Bestimmung von φ_k vorgesehene Term 4. Ordnung

$$\left(\frac{C \pi (k - N/2)^4}{(N/(T_{STOP} - T_{START}))^2} \right)$$

bewirkt eine Verlangsamung des zeitlichen Ablaufs des sweepartigen Signals zu Beginn und zu Ende der Signalperiode. Durch diese Verlangsamung werden die Amplituden im Bereich der Start- und der Stopffrequenz abgesenkt und damit die Intermodulationsprodukte der Start- bzw. Stopffrequenzen reduziert und die Flankensteilheit des Rauschspektrums erhöht.

[0018] Die in der Bestimmung von φ_k vorgesehene Variable C bewirkt eine Pegelveränderung des Signals zu Beginn und am Ende der Signalperiode sowie eine zeitliche Dehnung des Signals.

[0019] Mittels geeigneter Wahl der Variablen C kann die Einhüllende des zeitlichen Verlaufs des Signals eingestellt werden, womit ein optimal konstanter Verlauf dieser Einhüllenden erzielt werden kann. Dadurch ist es möglich, den Crest-Faktor des Signals weiter zu reduzieren.

[0020] Mittels der Parameter T_{START} und T_{STOP} kann eine Lücke im zeitlichen Verlauf des Signals eingefügt werden. Dies ist bei Rauschspektrums, welche im Frequenzbereich keine Lücken aufweisen, vorteilhaft, da durch geeignete Wahl von T_{START} und T_{STOP} die Flankensteilheit des Rauschspektrums optimiert und insbesondere die Intermodulationsprodukte außerhalb des Rauschspektrums minimiert werden können. Dabei hat eine zeitliche Lücke im Bereich von ca. 5% bis ca. 7% gute Resultate erzielt.

[0021] Mittels des erfindungsgemäßen Rauschgenerators ist der Vorteil erzielbar, dass die erzeugten Rauschsignale einen sehr geringen Crest-Faktor aufweisen und somit in nachfolgenden Verstärkerstufen nur sehr geringe Intermodulationsprodukte hervorrufen. Diese Intermodulationsprodukte entstehen durch die un-

vermeidlichen Nichtlinearitäten der Verstärkerstufen und können nur mittels großen schaltungstechnischen Aufwands reduziert werden.

[0022] Sollen jedoch Verstärkerstufen mit hohem Wirkungsgrad eingesetzt werden, so bestehen keine Möglichkeiten mehr, diese Intermodulationsprodukte zu reduzieren. Der erfindungsgemäße Rauschgenerator erzielt jedoch aufgrund des von ihm erzeugten Zeitsignals mit geringem Crest-Faktor nur äußerst geringe Intermodulationen an den Nichtlinearitäten nachfolgender Verstärkerstufen.

[0023] Es ist vorteilhaft, die Abtastwerte der I- und Q-Signalanteile eines Rauschsignals gemäß der angegebenen Methode zu berechnen und diese Abtastwerte in einem Speicher abzuspeichern, aus welchem während des Betriebs des Rauschgenerators die I- und Q-Signalanteile des Rauschsignals ausgelesen werden. Somit kann ein erfindungsgemäßer Rauschgenerator aufgebaut werden, welcher nur sehr geringe (bei Einsatz entsprechender digitaler Schaltungstechnik auch keinerlei) Rechenleistung erfordert.

[0024] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, die Ausgangssignale mehrerer Rauschgeneratoren zu summieren. Dadurch ist der Vorteil erzielbar, mehrere unterschiedliche Rauschspektren gemeinsam einer Verstärkerstufe zuführen zu können und somit ein lückenbehaftetes (Gesamt)Rauschspektrum erzeugen zu können, wobei die Vorteile eines erfindungsgemäßen Rauschgenerators erhalten bleiben.

[0025] Dabei ist besonders vorteilhaft, dass ein lückenbehaftetes Rauschspektrum erzeugt werden kann, bei welchem die einzelnen Subrauschbänder jeweils andere Signalpegel (Signalleistungen) aufweisen können.

[0026] Dazu ist es erforderlich, die einzelnen Signale der Subrauschbänder zeitlich zu staffeln und mit geringen zeitlichen Lücken innerhalb einer Signalperiode auszugeben, wobei jedes Signal die gleiche Amplitude aufweist und somit eine konstante Einhüllende des Gesamtrauschsignals entsteht.

[0027] Die unterschiedlichen Signalpegel (Leistungen) der einzelnen Subrauschbänder werden mittels der entsprechenden zeitlichen Zuteilung der Signalperiode realisiert. Mittels der Parameter T_{START} und T_{STOP} jedes einzelnen Rauschsignals wird jedem Subrauschband (bzw. dessen Rauschsignal) ein Zeitschlitz in der Signalperiode zugewiesen, wobei die Dauer des jeweiligen Zeitschlitzes äquivalent der relativen Rauschleistung des Subrauschbandes zur gesamten Rauschleistung ist und wobei die Leistung des Subrauschbandes gemäß dem Produkt aus Rauschbandbreite und Amplitude bestimmt wird.

[0028] Es ist auch die Erzeugung eines lückenbehafteten Rauschspektrums mit einem Generator möglich, wenn die eingesetzte Abtastfrequenz die Erzeugung aller gewünschten Subrauschbänder zulässt.

[0029] Es ist vorteilhaft, die Parameter T_{START} und T_{STOP} so zu wählen, dass die Signale der einzelnen Subrauschbänder (welche von getrennten Subrauschgeneratoren erzeugt werden) im Zeitbereich getrennt (hintereinander) ausgegeben werden, da dadurch eine besonders gute Unterdrückung der Intermodulationsprodukte erfolgen kann. Ebenso ist es vorteilhaft, die Signale der einzelnen Subrauschbänder in getrennten Subrauschgeneratoren zu erzeugen, wenn die einzelnen Subrauschbänder im Frequenzbereich weit voneinander getrennt sind und aufgrund der erforderlichen hohen Abtastfrequenz nicht von einem Rauschgenerator allein erzeugt werden können.

[0030] Das mittels des erfindungsgemäßen Rauschgenerators erzeugte Rauschspektrum weist eine Linienstruktur auf, da durch das zyklische Ausgeben von Abtastwerten aus einem Speicher endlicher Kapazität kein sogenanntes echtes Zufallsrauschen erzeugt werden kann.

[0031] Eine besondere Ausführungsform der Erfindung sieht deshalb vor, eine Phasenmodulation der dem Vektormodulator zugeführten Trägerfrequenz vorzunehmen. Dadurch werden die einzelnen, das Rauschspektrum bildenden Spektrallinien aufgeweitet, sodass ein kontinuierliches Spektrum entsteht.

[0032] Eine weitere besondere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass bei der Erzeugung eines lückenbehafteten Rauschspektrums die einzelnen Subrauschbänder eine abgeflachte (weniger steile) Flanke im Frequenzbereich aufweisen. Dadurch lassen sich die Intermodulationsprodukte der Subrauschbänder untereinander (praktisch komplett) reduzieren, da aufgrund dieser Maßnahme im Frequenzbereich die entsprechenden Zeitsignale keine zeitlichen Überlappungen mehr aufweisen. Eine Formung der Flanken im Frequenzbereich mittels einer quadratischen cosinus Funktion hat sich dabei als besonders wirkungsvoll herausgestellt.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

- [0033] Es zeigen beispielhaft:
- [0034] [Fig. 1](#) einen Rauschgenerator.
- [0035] [Fig. 2](#) einen Rauschgenerator zur Erzeugung eines lückenbehafteten Rauschspektrums.
- [0036] [Fig. 3](#) eine Einhüllende eines typischen Rauschsignals über eine Signalperiode.
- [0037] [Fig. 4](#) eine Einhüllende eines typischen Rauschsignals über eine Signalperiode mit zeitlicher Verschiebung und $C = 0,05\%$.
- [0038] [Fig. 5](#) Messergebnisse eines Versuchsaufbaus eines erfindungsgemäßen Rauschgenerators.
- [0039] [Fig. 6](#) ein Blockschaltbild eines Rauschgenerators zur Erzeugung von drei Rauschbändern.
- [0040] [Fig. 7](#) den Verlauf der Einhüllenden der Rauschsignale eines Rauschgenerators gemäß [Fig. 6](#).
- [0041] [Fig. 8](#) den zeitlichen Verlauf der Einhüllenden eines summierten Rauschsignals aus zwei Einzelausgangssignalen über eine Signalperiode.
- [0042] [Fig. 9](#) eine Simulation des zeitlichen Verlaufs der Einhüllenden eines Rauschsignals aus drei Subausgangssignalen über eine Signalperiode ohne Zeitschlitz.
- [0043] [Fig. 10](#) eine Simulation des zeitlichen Verlaufs der Einhüllenden eines Rauschsignals aus drei Subausgangssignalen über eine Signalperiode mit drei getrennten Zeitschlitz.
- [0044] [Fig. 11](#) Messergebnisse eines Versuchsaufbaus eines erfindungsgemäßen Rauschgenerators zur Erzeugung eines lückenbehafteten Rauschspektrums.
- [0045] [Fig. 12](#) eine Simulation des zeitlichen Verlaufs der Einhüllenden eines Rauschsignals über eine Signalperiode mit einer Flankenformung gemäß einer \cos^2 -Funktion.
- [0046] [Fig. 13](#) Messergebnisse eines Versuchsaufbaus eines erfindungsgemäßen Rauschgenerators mit einer Flankenformung der Einhüllenden des Zeitsignals gemäß einer \cos^2 -Funktion.

Ausführung der Erfindung

- [0047] [Fig. 1](#) zeigt beispielhaft und schematisch den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Rauschgenerators. Der Rauschgenerator R umfasst einen Speicher SP, zwei Digital-Analogwandler DA, zwei Tiefpassfilter TP und einen Vektormodulator VM. In dem Speicher SP sind die Abtastwerte für den sogenannten Inphasekanal und den sogenannten Quadraturkanal abgespeichert. Diese Abtastwerte werden periodisch mit der vom Taktsignal t_s vorgegebenen Geschwindigkeit ausgelesen und an zwei Digital-Analogwandler DA zugeführt, wobei jeweils ein Digital-Analogwandler DA pro (Inphase oder Quadratur) Kanal vorgesehen ist. Das solcherart gewandelte analoge Signal wird jeweils einem Tiefpassfilter TP zugeführt, welcher die bei der Digital-analog Wandlung entstehenden Spiegelfrequenzen unterdrückt. Die mittels Tiefpassfilterung erzeugten Signale (Inphase-Signal I und Quadratur-Signal Q) werden einem Vektormodulator VM zugeführt. Der Vektormodulator VM erzeugt aus dem Inphase-Signal I und dem Quadratur-Signal Q ein Rauschsignal S, welches mittels des Trägersignals f_t in die gewünschte Frequenzlage gebracht wird.
- [0048] [Fig. 2](#) zeigt beispielhaft und schematisch das Blockschaltbild eines Rauschgenerators zur Erzeugung eines lückenbehafteten Rauschspektrums.
- [0049] In [Fig. 2](#) sind zwei Teilrauschgeneratoren dargestellt, welche jeweils gemäß dem in [Fig. 1](#) gezeigten Blockschaltbild aufgebaut sind. Diese beiden Teilrauschgeneratoren umfassen jeweils einen Speicher SP1, bzw. SP2, jeweils zwei Digitalanalog Wandler DA, jeweils zwei Tiefpassfilter TP und jeweils einen Vektormodulator VM1, bzw. VM2. Die Frequenzlage des Rauschsignals des ersten Teilrauschgenerators wird durch die Frequenz des ersten Trägersignals f_1 bestimmt, die Frequenzlage des Rauschsignals des zweiten Teilrauschgenerators wird durch die Frequenz des zweiten Trägersignals f_2 bestimmt.

[0050] Das Rauschsignal S1 des ersten Teilrauschgenerators und das Rauschsignal S2 des zweiten Teilrauschgenerators werden an einen Summierpunkt geführt und das solcherart entstehende Summensignal mittels eines Verstärkers V verstärkt. Dieses verstärkte summierte Signal bildet das Rauschsignal S.

[0051] [Fig. 2](#) stellt weiters die Spektren des ersten Rauschsignals S1, des zweiten Rauschsignals S2 und des summierten und verstärkten Rauschsignals S dar. Das Spektrum des Rauschsignals S (welches das gewünschte Ausgangssignal des Rauschgenerators darstellt) umfasst die beiden Einzelspektren der (Teil)rauschsignale S1 und S2, welche jeweils zentriert um die Frequenz ihres Trägersignals f_1 bzw. f_2 liegen.

[0052] [Fig. 3](#) zeigt beispielhaft und schematisch eine Simulation des zeitlichen Verlaufs der Einhüllenden eines typischen Rauschsignals über eine Signalperiode. In diesem Beispiel ist der Parameter C mit dem Wert Null belegt und es ist keine zusätzliche zeitliche Verschiebung vorgesehen ($T_{\text{START}} = 0$, $T_{\text{STOP}} = 1$)

[0053] [Fig. 4](#) zeigt beispielhaft und schematisch eine Simulation des zeitlichen Verlaufs der Einhüllenden eines typischen Rauschsignals über eine Signalperiode. In diesem Beispiel ist der Parameter C mit dem Wert 0,05% belegt und es ist eine zusätzliche zeitliche Verschiebung von 3% der Signalperiodendauer vorgesehen.

[0054] [Fig. 5](#) zeigt beispielhaft und schematisch Messergebnisse eines Versuchsaufbaus des erfindungsgemäßen Rauschgenerators. Es sind zwei Rauschspektren überlagert dargestellt, welche im Frequenzbereich von ca. 868 MHz bis ca. 894 MHz einen konstanten Verlauf aufweisen. Das eine Rauschspektrum **100** entspricht einem Zeitsignal, wie es in [Fig. 3](#) dargestellt ist und keine zusätzliche zeitliche Lücke ($T_{\text{START}} = 0$, $T_{\text{STOP}} = 1$) und einen Parameter C = 0 aufweist.

[0055] Das andere Rauschspektrum **200** entspricht einem Zeitsignal, wie es in [Fig. 4](#) dargestellt ist.

[0056] [Fig. 6](#) zeigt beispielhaft und schematisch das Blockschaltbild eines Rauschgenerators zur Erzeugung von drei Rauschbändern.

[0057] Die Ausgangssignale (Rauschsignale) S1, S2, S3 von drei getrennten Rauschgeneratoren R1, R2, R3 (welche jeweils einen Aufbau gemäß [Fig. 1](#) aufweisen) werden in einem Summierpunkt addiert und mittels eines Verstärkers V verstärkt. Das Ausgangssignal des Verstärkers V bildet das Rauschsignal S.

[0058] [Fig. 7](#) zeigt beispielhaft und schematisch den zeitlichen Verlauf der Einhüllenden der Rauschsignale eines Rauschgenerators gemäß [Fig. 6](#) über eine Signalperiode.

[0059] Jedem der drei einzelnen Rauschsignale S1, S2, S3 ist ein Zeitschlitz zugewiesen, welcher sich mit keinem anderen Zeitschlitz (eines jeweils anderen Signals) überschneidet.

[0060] Das Rauschsignal S ist die Summe der drei einzelnen Rauschsignale S1, S2, S3.

[0061] [Fig. 8](#) zeigt beispielhaft und schematisch den zeitlichen Verlauf der Einhüllenden eines summierten Rauschsignals aus zwei Einzelrauschsignalen über eine Signalperiode (vom Zeitpunkt 0 bis zum Zeitpunkt 1).

[0062] Ein erstes Rauschsignal besetzt einen ersten Zeitschlitz vom Zeitpunkt T_{Start1} bis zum Zeitpunkt T_{Stop1} , ein zweites Rauschsignal besetzt einen zweiten Zeitschlitz vom Zeitpunkt T_{Start2} bis zum Zeitpunkt T_{Stop2} . Zwischen den beiden Zeitschlitz ist im Zeitraum von T_{Stop1} bis T_{Start2} eine zeitliche Lücke vorgesehen, ebenso im Zeitraum vom T_{Stop2} bis zum Ende der Periodendauer beim Zeitpunkt 1.

[0063] [Fig. 9](#) zeigt beispielhaft und schematisch eine Simulation des zeitlichen Verlaufs der Einhüllenden eines Rauschsignals über eine Signalperiode. Dieses, in [Fig. 9](#) dargestellte Rauschsignal ist mittels Summierung von drei Einzelrauschsignalen entstanden, welche jeweils die ganze Signalperiode von 0 bis 1 ausfüllen.

[0064] [Fig. 10](#) zeigt beispielhaft und schematisch eine Simulation des zeitlichen Verlaufs der Einhüllenden eines Rauschsignals über eine Signalperiode. Dieses, in [Fig. 10](#) dargestellte Rauschsignal ist mittels Summierung von drei Einzelrauschsignalen entstanden, welche jeweils getrennten Zeitschlitz zugewiesen wurden, deren Länge entsprechend der jeweiligen Leistung des einzelnen Rauschbandes bestimmt wurde.

[0065] [Fig. 11](#) zeigt beispielhaft und schematisch Messergebnisse eines Versuchsaufbaus eines erfindungsgemäßen Rauschgenerators zur Erzeugung eines lückenbehafteten Rauschspektrums. Es sind zwei Rauschspektren überlagert dargestellt, welche jeweils im Frequenzbereich von ca. 868 MHz bis ca. 894 MHz drei Sub-

rauschspektren aufweisen. Jedes dieser Subrauschspektren weist eine bestimmte, von anderen Subrauschspektren unterschiedliche Leistung auf.

[0066] Das eine Rauschspektrum **300** entspricht einem Zeitsignal, wie es in [Fig. 9](#) dargestellt ist, das andere Rauschspektrum **400** entspricht einem Zeitsignal, wie es in [Fig. 10](#) dargestellt ist. Es ist die zusätzliche Unterdrückung der Intermodulationsprodukte um ca. 20 dB ersichtlich, welche durch die Aufteilung des Rauschsignals in getrennte Zeitschlitze erzielt wird.

[0067] [Fig. 12](#) zeigt beispielhaft und schematisch eine Simulation des zeitlichen Verlaufs der Einhüllenden eines Rauschsignals über eine Signalperiode. Dieses, in [Fig. 12](#) dargestellte Rauschsignal ist mittels Summierung von zwei Einzelrauschsignalen entstanden, welche jeweils getrennten Zeitschlitzen zugewiesen wurden und deren steigende und fallende Flanken jeweils gemäß einer \cos^2 -Funktion abgeflacht sind.

[0068] [Fig. 13](#) zeigt beispielhaft und schematisch Messergebnisse eines Versuchsaufbaus eines erfindungsgemäßen Rauschgenerators zur Erzeugung eines lückenbehafteten Rauschspektrums. Es sind zwei Rauschspektren überlagert dargestellt, welche die gleichen Rauschbänder abdecken und den gleichen Pegel ausweisen. Außerhalb der Rauschspektren weist das Signal gemäß [Fig. 12](#) (mit einer Flankenformung gemäß einer \cos^2 -Funktion) ein deutlich niedrigeres Niveau an Intermodulationsprodukten auf als das zweite Rauschspektrum, welches keine Flankenformung besitzt.

Bezugszeichenliste

R, R1, R2, R3	Rauschgenerator
SP, SP1, SP2	Speicher
ts	Taktsignal
DA	Digital-Analogwandler
TP	Tiefpassfilter
VM, VM1, VM2	Vektormodulator
ft	Trägersignal
S, S1, S2, S3	Rauschsignal
I, I1, I2	Inphase-Signal
Q, Q1, Q2	Quadratur-Signal
f1	erstes Trägersignal
f2	zweites Trägersignal
V	Verstärker
f	Frequenz
N	Anzahl an Sinussignalen in einem Rauschband
k	Zählvariable Sinussignal
φ_k	Phasenlage des k-ten Sinussignals
T_{START}	relative Startzeit
T_{STOP}	relative Stopzeit
C	Parameter zur Optimierung des Crestfaktors
t	Zeit
100	Rauschspektrum zu Fig. 3
200	Rauschspektrum zu Fig. 4
300	Rauschspektrum zu Fig. 9
400	Rauschspektrum zu Fig. 10
500	Rauschspektrum zu Fig. 12

Patentansprüche

1. Rauschgenerator (R) zur Erzeugung eines Rauschsignals (S) mit einem bandbegrenzten Rauschspektrum aus einer Vielzahl (N) von Sinussignalen gleichen Pegels und äquidistanter Frequenzlage im Rauschspektrum, welcher mittels eines Vektormodulators (VM) die I- und Q-Signalanteile eines Rauschsignals in einem Basisband auf eine Trägerfrequenz (ft) aufmoduliert, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Phasenlage (φ_k) jedes einzelnen Sinussignals (k) gemäß

$$\varphi_k = 2\pi T_{START} k + \frac{\pi k^2 (T_{STOP} - T_{START})}{N} + \frac{C \pi (k - N/2)^4}{(N / (T_{STOP} - T_{START}))^2}$$

vorgegeben wird, wobei

N die Anzahl an Sinussignalen in dem bandbegrenzten Rauschspektrum darstellt,

k eine Zählvariable für die Sinussignale darstellt,

T_{STOP} einen beliebigen Wert zwischen 0 und 1 darstellt,

T_{START} einen beliebigen Wert zwischen 0 und 1 darstellt, und $T_{\text{STOP}} > T_{\text{START}}$ ist, und

C einen beliebigen positiven Wert darstellt.

2. Rauschgenerator (R) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerfrequenz (f_t) phasenmoduliert wird.

3. Rauschgenerator (R) zur Erzeugung eines Rauschsignals (S) mit einem lückenbehafteten bandbegrenzten Rauschspektrum, umfassend mindestens einen Rauschgenerator gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das lückenbehaftete bandbegrenzte Rauschspektrum mittels Summierung von Einzelrauschsignalen (S_1, S_2, S_3) erzeugt wird, welche jeweils getrennte Zeitbereiche einer Signalperiode besetzen.

4. Rauschgenerator (R) gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Einhüllende des Rauschsignals (S) einen konstanten Pegel aufweist und die Längen der getrennten Zeitbereiche entsprechend der Leistungen von Einzelrauschbändern bestimmt werden.

5. Rauschgenerator (R) gemäß Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Flanken des Rauschspektrums gemäß einer \cos^2 -Funktion ausgebildet sind.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

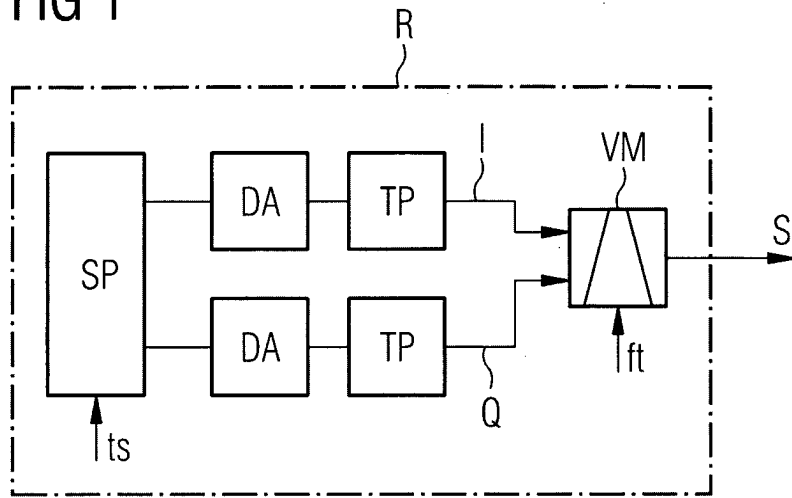


FIG 2

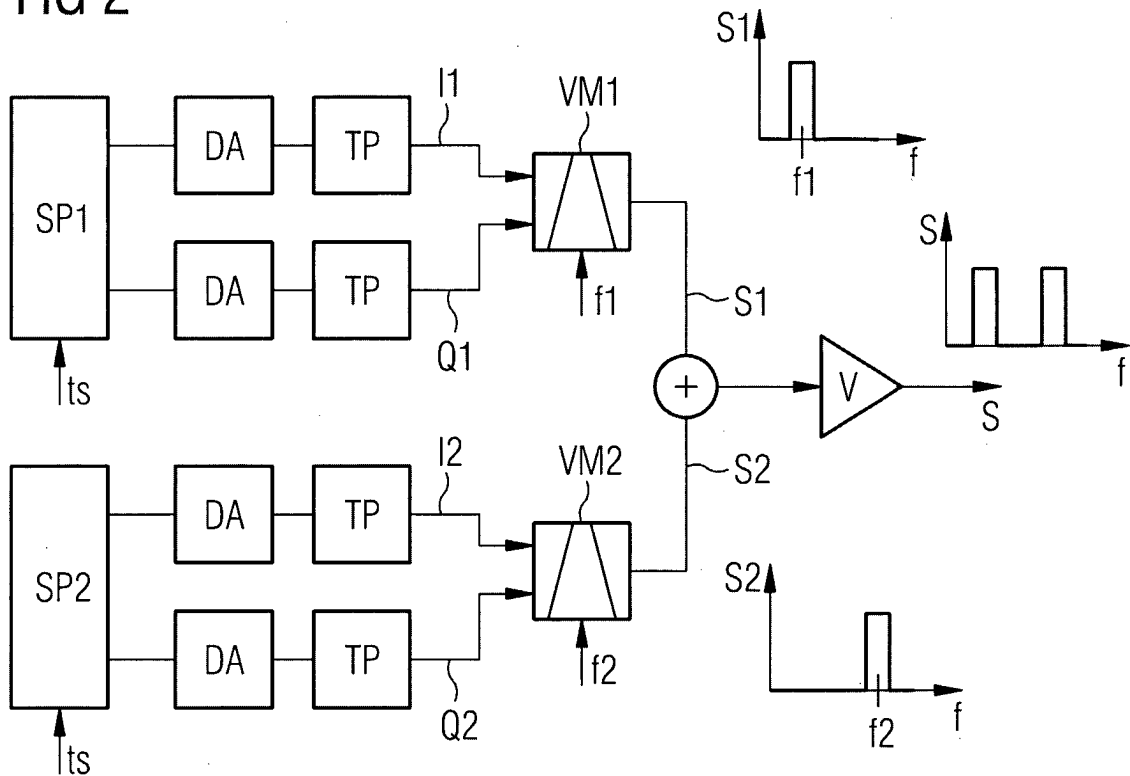


FIG 3

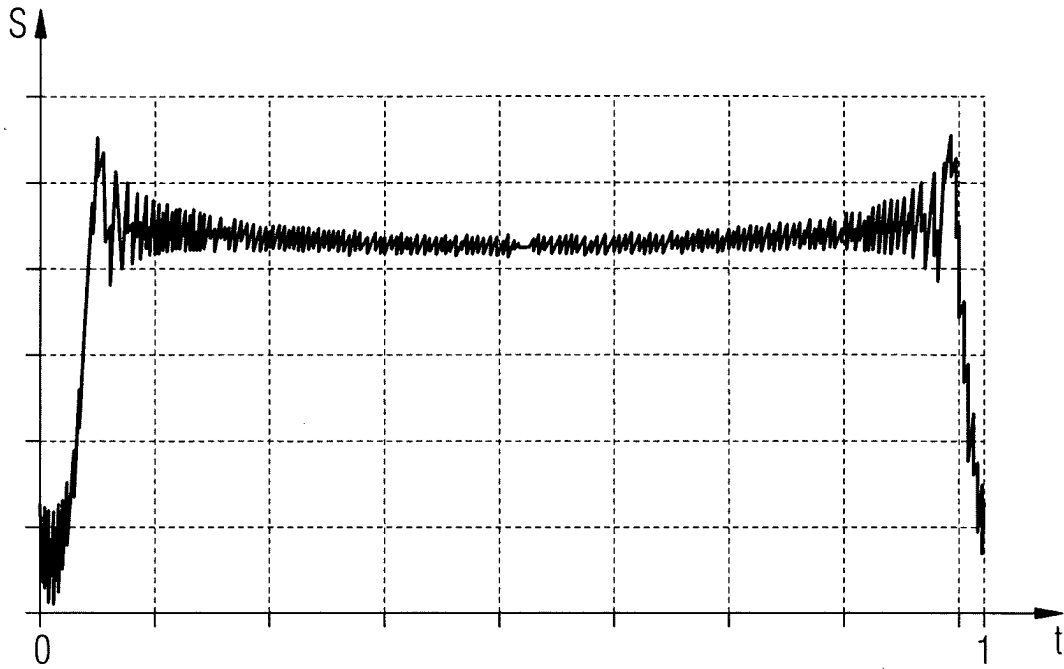


FIG 4

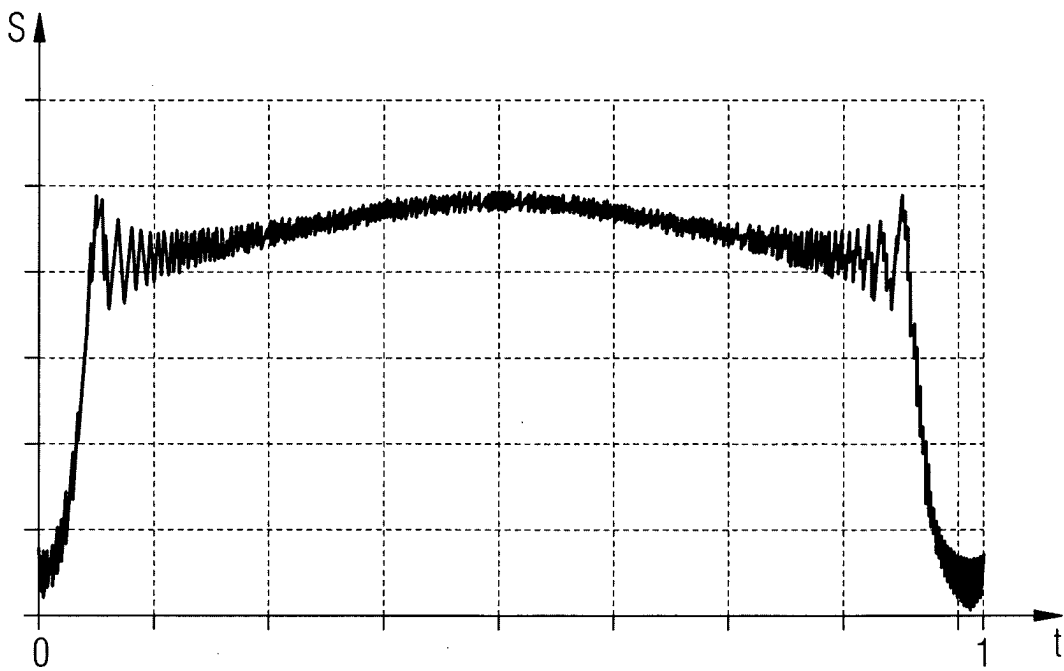


FIG 5

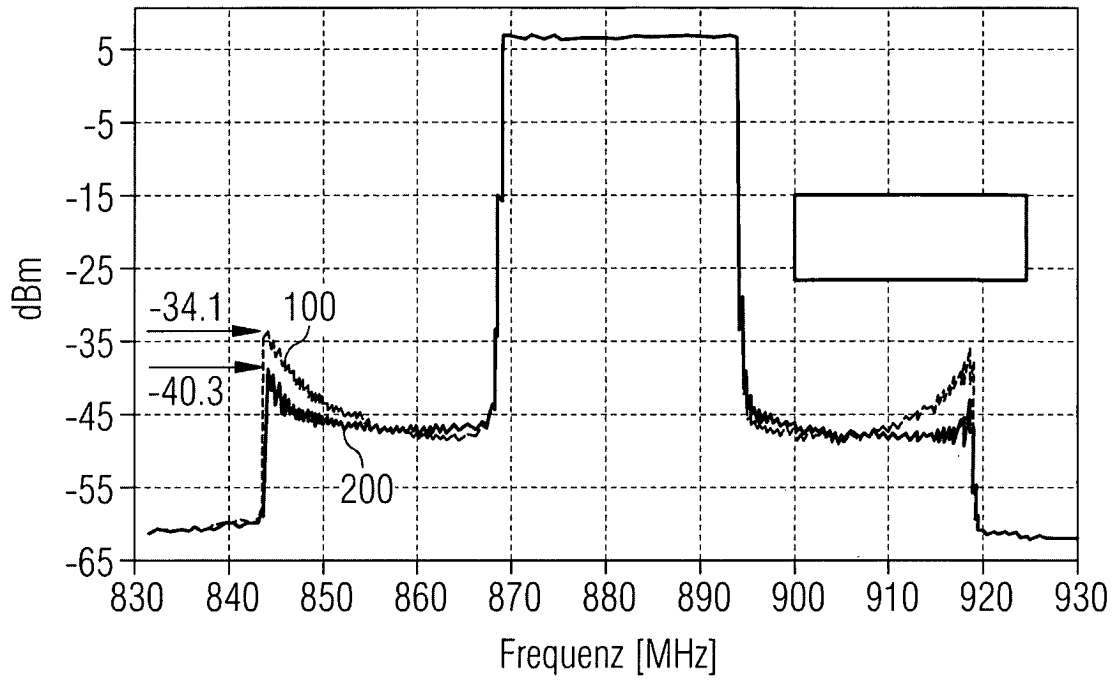


FIG 6

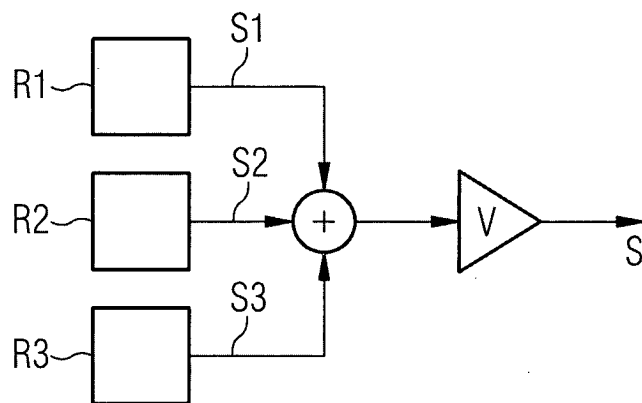


FIG 7

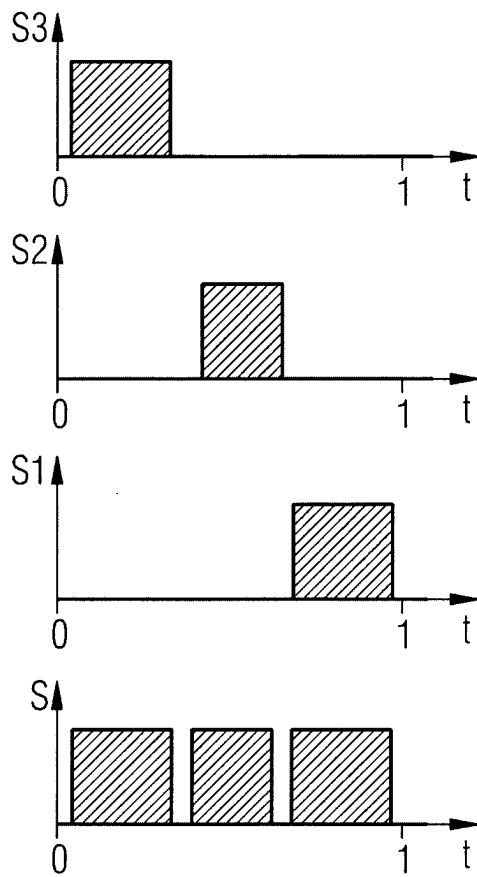


FIG 8

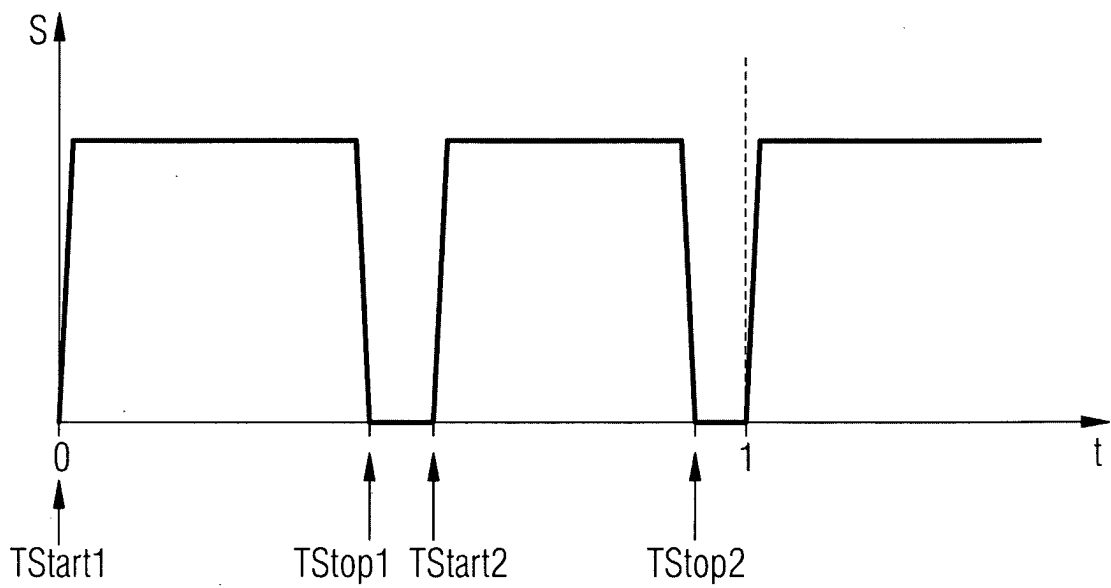


FIG 9

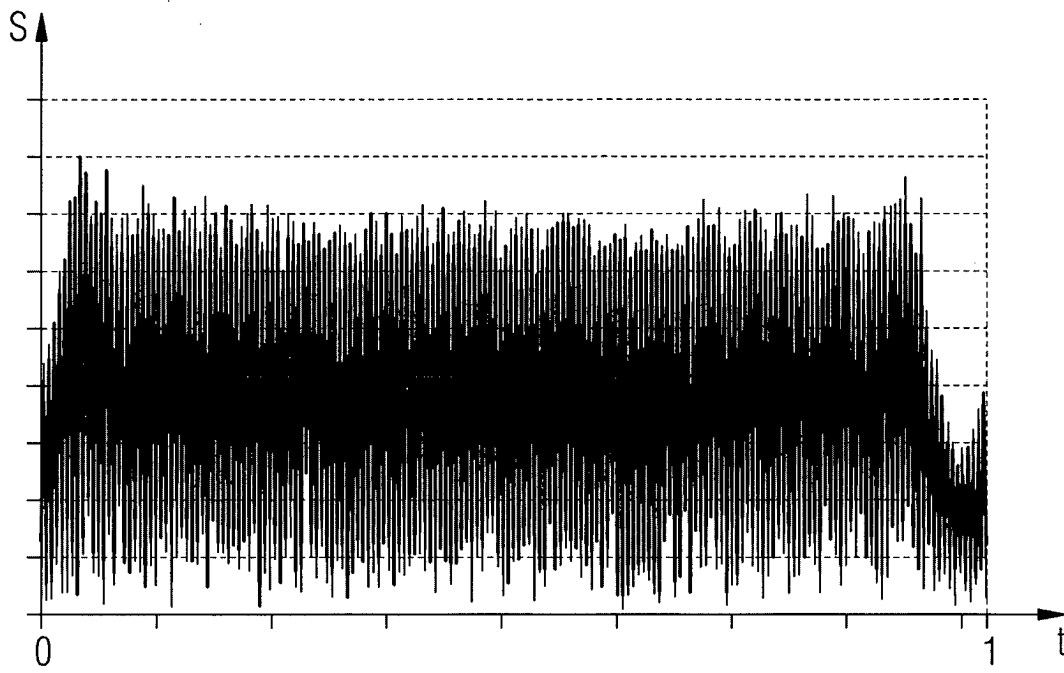


FIG 10

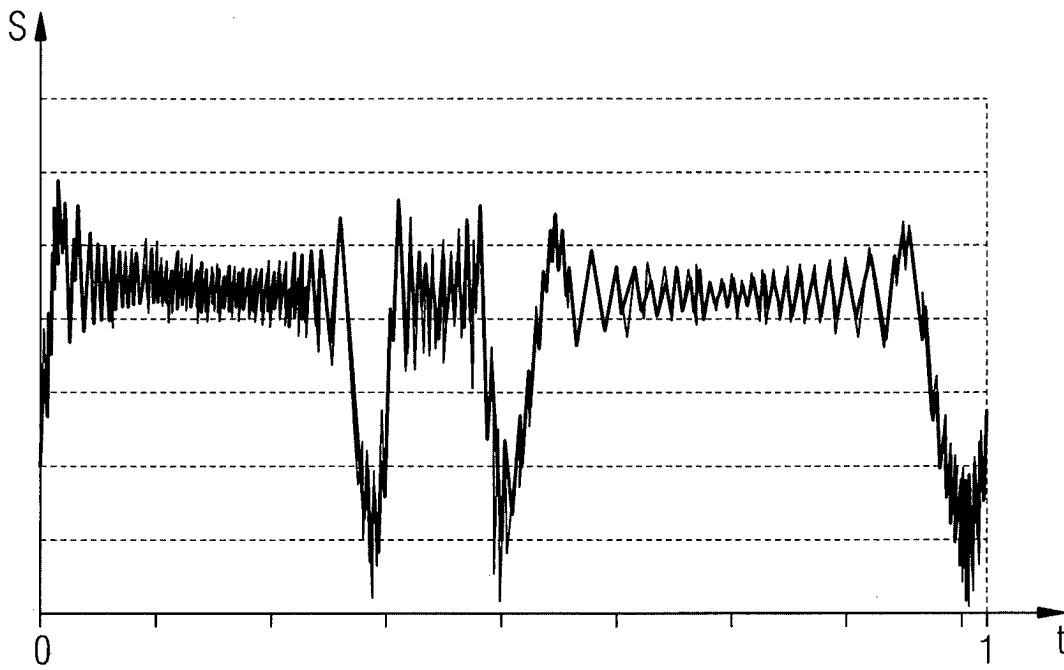


FIG 11

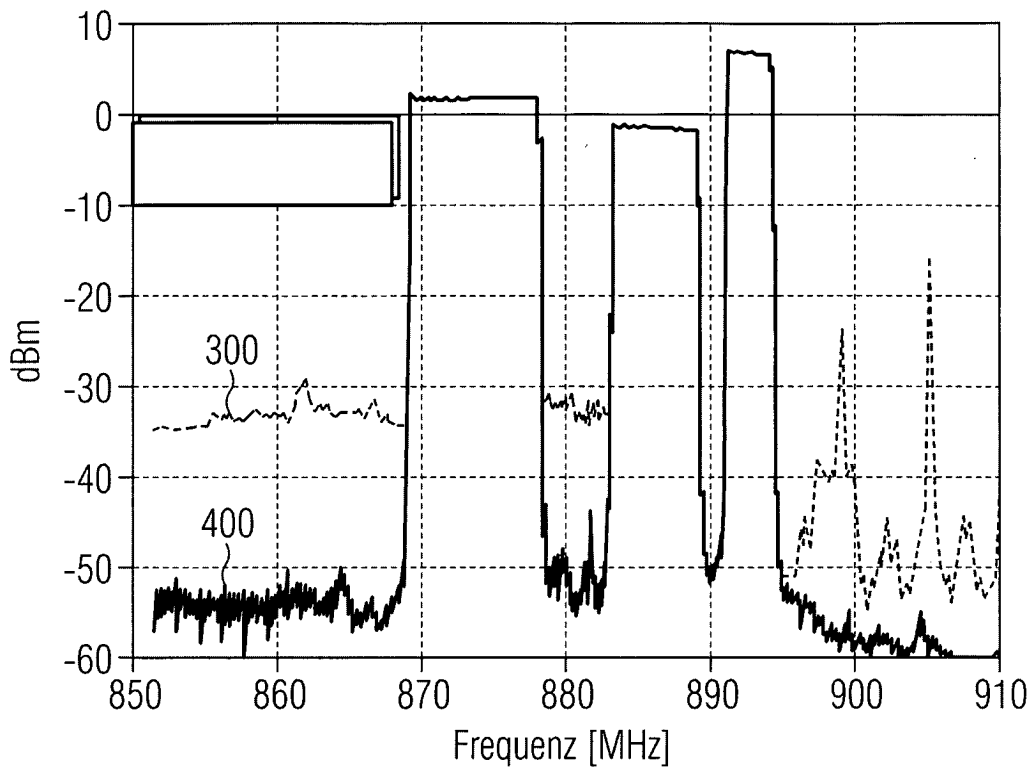


FIG 12

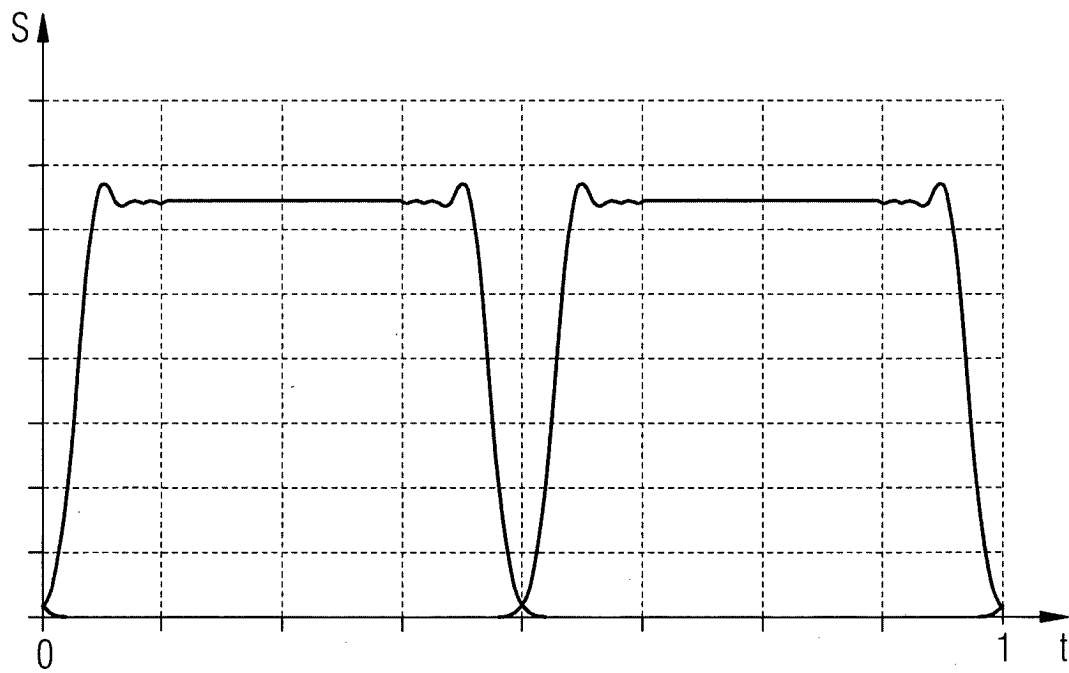


FIG 13

