

(19)



(11)

EP 1 413 075 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.12.2009 Patentblatt 2009/49

(51) Int Cl.:
H04H 20/49 (2008.01)

(21) Anmeldenummer: **02727296.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2002/001314

(22) Anmeldetag: **10.04.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2002/098028 (05.12.2002 Gazette 2002/49)

(54) **VERFAHREN UND ANORDNUNG FÜR DIGITALE ÜBERTRAGUNG MIT AM-SENDERN**

METHOD AND ARRANGEMENT FOR DIGITAL TRANSMISSION USING AM EMITTERS

PROCEDE ET DISPOSITIF PERMETTANT LA TRANSMISSION NUMERIQUE AU MOYEN D'EMETTEURS AM

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(73) Patentinhaber: **Deutsche Telekom AG
53113 Bonn (DE)**

(30) Priorität: **30.05.2001 DE 10127571**

(72) Erfinder: **RUDOLPH, Dietmar
14163 Berlin (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.04.2004 Patentblatt 2004/18

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 431 201 WO-A-95/34128
DE-A- 19 911 437 US-A- 6 049 703**

EP 1 413 075 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft das Gebiet der Rundfunksender, die im Zuge der Digitalisierung von analoger Amplitudenmodulation (AM) auf digitale Modulation umgestellt werden.

[0002] Die bisher üblichen Sendertypen, nichtlineare AM-Sender mit RF-Eingang (Radio Frequency) und Audioeingang, sollen dabei weiterhin verwendet werden. Dies hat folgende Gründe:

- Die AM-Sender arbeiten intern im Schaltbetrieb und haben demzufolge bis zu einem Faktor 3 bessere Wirkungsgrade als lineare Sender, die sonst üblicherweise für digitale Übertragung, z.B. bei DAB (Digital Audio Broadcasting) und DVB (Digital Video Broadcasting), eingesetzt werden. Dadurch ergibt sich eine Einsparung an Betriebskosten.
- Die Broadcaster sind leichter zur Umstellung von analog nach digital zu überzeugen, wenn keine großen Investitionen im Vorfeld anfallen.

[0003] Die Digitalisierung des AM-Rundfunks wird als einzige Chance gesehen, diese Frequenzbereiche und die darin angewendete Technologie langfristig zu erhalten. Für die Umsetzung wurde das Konsortium "Digital Radio Mondiale" gegründet, siehe Rundfunktechnische Mitteilungen, Jahrgang 43, 1999, Heft 1, Seite 29-35.

[0004] Die Verwendung eines nichtlinearen AM-Senders für digitale Modulation erfordert eine spezielle Betriebsart des Senders. Die Erzeugung des modulierten digitalen Signals erfolgt mittels zweier, zueinander orthogonaler Teilsignale (I und Q). Das I-Signal ("In Phase") wird auf eine Kosinusschwingung mit der Frequenz f_t (Trägerfrequenz) moduliert. Das Q-Signal ("Quadratur") wird auf eine Sinusschwingung der gleichen Frequenz f_t moduliert. Die Summe beider modulierten Schwingungen ergibt das komplexe modulierte Datensignal (Kosinus 0 - 180 Grad, Sinus -90 - +90 Grad). Das modulierte I/Q-Signal wird durch Filter so geformt, dass es exakt die vorgeschriebene Kurvenform mit der gewünschten Bandbreite hat.

[0005] Für den nichtlinearen Betrieb muss das modulierte I/Q-Signal so umgewandelt werden, dass die beiden Signale Amplitudensignal (A-Signal) und phasenmoduliertes Trägersignal (RF-P) daraus entstehen, die geeignet sind, den AM-Sender richtig anzusteuern. Am Ausgang des AM-Senders ergibt sich hernach wiederum das modulierte I/Q-Signal mit größerer Leistung.

[0006] Das modulierte I/Q-Signal entspricht einer kartesischen Darstellung. Diese wird in eine polare Darstellung mit Amplitude und Phase überführt. Für die Ansteuerung des AM-Senders am Audioeingang wird dadurch das Amplitudensignal (A-Signal) gewonnen. Aus dem zunächst entstehenden Phasensignal (P-Signal) wird ein phasenmoduliertes RF (RF-P-Signal) erzeugt. Vorteilhaft kann auch das RF-P-Signal ohne den Zwischenschritt über das P-Signal direkt gewonnen werden. Damit

erhält man die für die Ansteuerung des AM-Senders notwendigen Signale:

- Amplitudensignal (A-Signal)
- Phasenmoduliertes RF-Signal (RF-P-Signal)

[0007] Das A-Signal wird in den Modulatoreingang (Audioeingang) des AM-Senders gegeben und das RF-P-Signal dient zur HF-mäßigen Ansteuerung des Senders. In der Senderendstufe werden die beiden Signale A&RF-P multiplikativ vereinigt und bilden das hochfrequente digitale Ausgangssignal.

[0008] Sowohl das A-Signal als auch das RF-P-Signal erhalten aufgrund des erforderlichen Aufbereitungsprozesses weit größere Bandbreiten als das digitale Signal zunächst hatte und auch am Ausgang des Senders wieder haben soll.

[0009] Die erhöhten Bandbreiten (Faktor 3 - 5) können häufig von den älteren Modulatoren nicht bereitgestellt werden, da diese dafür nicht ausgelegt wurden. Wird nur die eingeschränkte Bandbreite verwendet, die "ältere" Sender im Modulatorteil zur Verfügung haben, so führt das zu erheblichen Außerbandabstrahlungen. Diese haben die Eigenschaft, dass sie im Spektrum nur eine sehr geringe Steigung aufweisen und somit recht viele Nachbar Kanäle stören.

[0010] Im Allgemeinen liegen die Störaussendungen auch oberhalb der durch die ITU koordinierten Grenzwerte, so dass eine Genehmigung fraglich erscheint.

[0011] Besonders problematisch sind nichtlineare Verzerrungen, wenn als digitale Modulation Mehrträger-Signale, z. B. OFDM-Signale (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), übertragen werden sollen.

[0012] Bei dem aktuell von der ITU zur Standardisierung empfohlenen DRM-System (Digital Radio Mondiale) zur digitalen Übertragung in den AM-Bereichen wird als Mehrträgerverfahren ein OFDM-Verfahren mit etwa 200 Trägern vorgeschlagen.

[0013] Vielträgermodulationen haben zwar ein fast rechteckförmiges Spektrum, jedoch im Zeitbereich rauschähnlichen Charakter, und zwar sowohl für die I-Komponente als auch für die Q-Komponente des Zeitsignals. Das ist die Folge von der hierbei stattfindenden Überlagerung von vielen, statistisch praktisch von einander unabhängigen, Subkanälen. Nach den Regeln des "Zentralen-Grenzwert-Satzes" (Central Limit Theorem) hat eine derartige Überlagerung eine Verteilungsdichtefunktion der Amplitudenwerte, sowohl der I-Komponente als auch der Q-Komponente, die jeweils die Form einer Gauß'schen Glockenkurve fast erreicht. In einem solchen Fall hat die Verteilungsdichtefunktion der Amplitudenwerte der Summenfunktion die Form einer Rayleigh-Verteilung. Das bedeutet, dass kleine und mittlere Amplitudenwerte recht häufig auftreten, hingegen große Amplitudenwerte sehr selten vorkommen.

[0014] Wird bei einem AM-Sender, der in diesem nichtlinearen Mode betrieben wird, das Amplitudensignal amplitudenbegrenzt, so entstehen nichtlineare Verzerrun-

gen, die einerseits zu erhöhter Außerbandstrahlung führen und andererseits auch Innerbandstörungen verursachen, die aufgrund der Betriebsweise des Senders erheblich über den Außerbandstrahlungen liegen können. Die Innerbandstörungen reduzieren die erreichbare Versorgungsfläche, da ein bereits in sich gestörtes Signal weniger Störungen im Funkkanal vertragen kann, um am Empfänger an eine kritische Schwelle zu kommen.

[0015] EP-A-0431201 offenbart einem AM-Sender für digitale Signale der in linearen Mode betrieben wird.

[0016] Die vorliegende Erfindung beschreibt eine Verfahrensweise und Anordnung für digitale Übertragung mit herkömmlichen AM-Sendern, mit denen unerwünschte Nebenaussendungen durch nichtlineare Verzerrungen weitestgehend vermieden werden.

[0017] Nichtlineare Verzerrungen können verhindert werden, wenn der Arbeitspunkt des Senders so verschoben wird, dass eine lineare Arbeitsweise entsteht. Für den linearen Betrieb wird die Senderendstufe mit dem komplexen modulierten Datensignal (I/Q-Signal) angesteuert, wie von den digitalen Systemen DAB und DVB her bekannt ist.

[0018] Der Linearbetrieb des Senders ist vorteilhaft bezüglich der Störaussendungen. Diese haben spektral sehr viel größere Steigungen als im zuvor beschriebenen nichtlinearen Mode, so dass die ITU-Spektrumsmaske bei gutem Abgleich des Senders eingehalten werden kann. Nur der Wirkungsgrad des Senders ist im Linearbetrieb sehr gering und verursacht hohe Stromkosten.

[0019] Der Wirkungsgrad bei Linearbetrieb des AM-Senders ist deshalb so schlecht, weil auch bei kleiner Aussteuerung der Senderendstufe die volle Versorgungsspannung an dieser Stufe anliegt und aufgrund des Ruhestromes der Senderendstufe Leistung in Wärme umgesetzt wird. Ein verbesserter Wirkungsgrad kann dadurch erreicht werden, dass die Versorgungsspannung nicht viel größer gemacht wird, als die momentane Aussteuerung der Endstufe es erfordert.

[0020] Für das Nachführen der Versorgungsspannung für die Senderendstufe in Abhängigkeit von der momentanen Aussteuerung wird die Hüllkurve des komplexen modulierten Datensignals durch einen Amplitudendetektor (Hüllkurven-Gleichrichter oder Spitzengleichrichter) abgetastet und die Versorgungsspannung bzw. Anodenspannung der Endstufe mittels des als getaktetes Netzteil arbeitenden Modulators gesteuert.

[0021] Besonderer Wert ist darauf zu legen, dass im Rahmen der Nachführung keine - wenn auch nur kurzzeitige - Übersteuerung auftritt. Eine Übersteuerung könnte dadurch entstehen, dass die Hüllkurve des digitalen Signals schneller ansteigt, als es die Nachführung der Versorgungsspannung schafft. Davon ist im Regelfall auszugehen, da der Modulator gerade nicht die erforderliche Bandbreite hat. Dieser Nachteil kann dadurch behoben werden, dass das komplexe digitale Signal nach der Abtastung seiner Hüllkurve in einer Verzögerungsstufe so verzögert wird, dass zwischenzeitlich die Versorgungsspannung der Senderendstufe nachgeführt

werden kann. Amplitudendetektor und Verzögerungsstufe sind anlässlich der Umstellung auf digitalen Betrieb im Sender nachzurüsten (siehe Fig. 1).

[0022] Die Zeitkonstante des Hüllkurvendetektors muss so beschaffen sein, dass einem Anstieg der Hüllkurve unmittelbar gefolgt werden kann, damit keine Übersteuerung mit den dadurch bedingten Verzerrungen und Störausstrahlungen auftritt. Anders jedoch als es z. B. bei "dynamischer Amplitudenmodulation" üblich ist, kann die Zeitkonstante für den Abfall genau so groß gewählt werden wie für den Anstieg, da hier nicht auf einen "Höreindruck" Rücksicht genommen werden muss. Die kleinere Abfall-Zeitkonstante vergrößert den Wirkungsgrad des Senders zusätzlich.

[0023] Sender, die mit Pulse Duration Modulation (PDM) oder mit Pulse Step Modulation (PSM) arbeiten, haben derartige Modulatoren in Form von getakteten Netzteilen. Die Spannung, die aus der abgetasteten Hüllkurve des digitalen Signals gewonnen wird, benutzt man zur Ansteuerung dieser PDM- oder PSM-Modulatoren und erreicht damit exakt die Nachführung der Versorgungsspannung für die Senderendstufe gemäß der Hüllkurve des digitalen Signals. Damit sind beide Ziele erreicht: Linearbetrieb und Erhöhung des Wirkungsgrades des Senders auf einen akzeptablen Wert.

Liste der verwendeten Bezugszeichen

[0024]

- 1 Amplitudendetektor für die Hüllkurven-Abtastung
- 2 Verzögerungsstufe für das komplexe modulierte Datensignal
- 3 Hochfrequenz-Vorverstärkerstufen
- 4 Senderendstufe
- 5 Treiberstufe des Modulators für Nachführung der Versorgungsspannung
- 6 Leistungsstufe des Modulators für Nachführung der Versorgungsspannung
- 7 Glättungs-Tiefpass des Modulators
- 8 Ausgangsfilter des AM-Senders

Patentansprüche

1. Verfahren für digitale Übertragung mit AM-Sendern, bei denen infolge der nichtlinearen Betriebsweise bei digitaler Übertragung nichtlineare Verzerrungen auftreten, die zu Innerbandstörungen und Ausserbandabstrahlungen führen, wobei die Endstufe des AM-Senders im linearen Mode betrieben wird, dass der lineare Mode in Verbindung mit einer Nachführung der Versorgungsspannung der Senderendstufe in Abhängigkeit von der momentanen Aussteuerung betrieben wird, um den Wirkungsgrad zu verbessern, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Modulator des AM-Senders als getaktetes Netzteil arbeitet und die nachgeführte

Versorgungsspannung für die Senderendstufe liefert, dass die Hüllkurve des komplexen modulierten Datensignals abgetastet wird und dieses Signal die Nachführung der Versorgungsspannung für die Senderendstufe steuert, dass die Zeitkonstante bei der Abtastung der Hüllkurve so beschaffen ist, dass einem Anstieg der Hüllkurve unmittelbar gefolgt wird, dass die Zeitkonstante bei der Abtastung der Hüllkurve für Anstieg und Abfall, der Hüllkurve gleich gross ist, und dass das komplexe modulierte Datensignal nach der Abtastung seiner Hüllkurve so verzögert wird, dass zwischenzeitlich die Nachführung der Versorgungsspannung wirksam ist und somit selbst kurzzeitige übersteuerungen der Senderendstufe verhindert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der als getaktetes Netzteil arbeitende Modulator auch ein Pulse Duration Modulator oder Puls Step Modulator sein kann, und dass bei AM-Sendern mit Gegentakt-B-Modulatoren ein Austausch gegen einen dieser Modulatoren vorzunehmen ist.
3. Anordnung für digitale Übertragung mit AM-Sendern, bei denen die Senderendstufe zur Vermeidung nichtlinearer Verzerrungen im linearen Mode betrieben wird und deren Versorgungsspannung zur Verbesserung des Wirkungsgrades in Abhängigkeit von der Ansteuerung durch das komplexe modulierte Datensignal nachgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Amplitudendetektor (1) dem als getaktetes Netzteil arbeitenden Modulator (5 und 6) vorgeschaltet wird, der die Hüllkurve des komplexen modulierten Datensignals abtastet, und dass eine Verzögerungsstufe (2) für das komplexe modulierte Datensignal vor den hochfrequenten Vorverstärkerstufen (3) in den Signalweg zur Senderendstufe (4) installiert wird, wobei die Zeitkonstante bei der Abtastung der Hüllkurve den Amplitudendetektor (1) für Anstieg und Abfall der Hüllkurve gleich gross ist.

Claims

1. A method for digital transmission using AM transmitters, in which nonlinear distortions resulting in inband interference and out-of-band emissions occur during digital transmission, due to the nonlinear mode of operation, the output stage of the AM transmitter being operated in linear mode, the linear mode being operated in conjunction with a correction of the supply voltage of the transmitter output stage as a function of the instantaneous drive in order to improve efficiency, **characterized in that** the modulator of the AM transmitter operates as a switched-mode power supply unit and supplies the corrected supply voltage for the transmitter output

stage; the envelope of the complex modulated data signal is scanned, and this signal controls the correction of the supply voltage for the transmitter output stage; the time constant during the scanning of the envelope is such that a rise in the envelope is immediately followed; the time constant during the scanning of the envelope is equal for the rise and decay of its envelope; and the complex modulated data signal is delayed after the scanning of an envelope in such a way that the correction of the supply voltage is effective in the meantime, thus preventing even short-duration overdriving of the transmitter end stage.

2. The method according to Claim 1, **characterized in that** the modulator operating as a switched-mode power supply unit can also be a pulse duration modulator or a pulse step modulator; and if AM transmitters having class B push-pull modulators are used, replacement with one of these modulators must be carried out.
3. A system for digital transmission using AM transmitters, in which the transmitter output stage is operated in linear mode to avoid non-linear distortions, and whose supply voltage is corrected by the complex modulated data signal as a function of the drive in order to improve efficiency, **characterized in that** an amplitude detector (1) which scans the envelope of the complex modulated data signal is connected upstream from the modulator (5 and 6) operating as a switched-mode power supply unit; a delay stage (2) for the complex modulated data signal is installed upstream from the high-frequency preamplifier stages (3) in the signal path to the transmitter output stage (4), the time constant during scanning of the envelope by the amplitude detector (1) being equal for the rise and decay of the envelope.

Revendications

1. Procédé de transmission numérique à l'aide d'émetteurs AM dans lesquels des distorsions non linéaires apparaissent en raison du mode de fonctionnement non linéaire en transmission numérique, et entraînent un brouillage intrabande et des rayonnements hors bande, l'étage de sortie de l'émetteur AM fonctionnant en mode linéaire, le mode linéaire étant appliqué en combinaison avec un ajustement de la tension d'alimentation de l'étage de sortie de l'émetteur en fonction de la modulation instantanée de l'émetteur pour améliorer le rendement, **caractérisé en ce que** le modulateur de l'émetteur AM fonctionne comme une alimentation à découpage et fournit la tension d'alimentation ajustée pour l'étage de sortie de l'émetteur, **en ce que** l'enveloppe du signal de

données complexe modulé est détectée, ce signal commandant l'ajustement de la tension d'alimentation pour l'étage de sortie de l'émetteur, **en ce que** la constante de temps lors de la détection de l'enveloppe est constituée de manière telle qu'une montée de l'enveloppe est immédiatement suivie, **en ce que** la constante de temps lors de la détection de l'enveloppe est de dimension identique pour la montée et la descente de l'enveloppe et **en ce que** le signal de données complexe modulé est temporisé après la détection de son enveloppe de manière que, entre temps, l'ajustement de la tension d'alimentation soit efficace permettant ainsi d'éviter des surmodulations, même brèves, de l'étage de sortie de l'émetteur.

5

10

15

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**

le modulateur fonctionnant comme une alimentation à découpage peut également être un modulateur à modulation d'impulsions en durée (pulse duration) ou un modulateur à modulation échelon amplitude (pulse step) et **en ce que** sur les émetteurs AM à modulateurs à amplificateurs symétriques classe B, un échange contre l'un de ces modulateurs doit être réalisé.

20

25

3. Ensemble de transmission numérique à l'aide d'émetteurs AM dans lesquels l'étage de sortie fonctionne en mode linéaire pour éviter les distorsions non linéaires et dont la tension d'alimentation est ajustée par le signal de données complexe modulé en fonction de la modulation pour améliorer le rendement, **caractérisé en ce qu'**un détecteur d'amplitude (1), destiné à détecter l'enveloppe du signal de données complexe modulé, est monté en amont du modulateur (5 et 6) fonctionnant comme une alimentation à découpage et **en ce qu'**un étage de temporisation (2) du signal de données complexe modulé est intégré dans le trajet du signal en direction de l'étage de sortie (4) de l'émetteur, en amont des étages de pré-amplification haute fréquence (3), la constante de temps au cours de la détection de l'enveloppe par le détecteur d'amplitude (1) étant de dimension identique pour la montée et la descente de l'enveloppe.

30

35

40

45

50

55

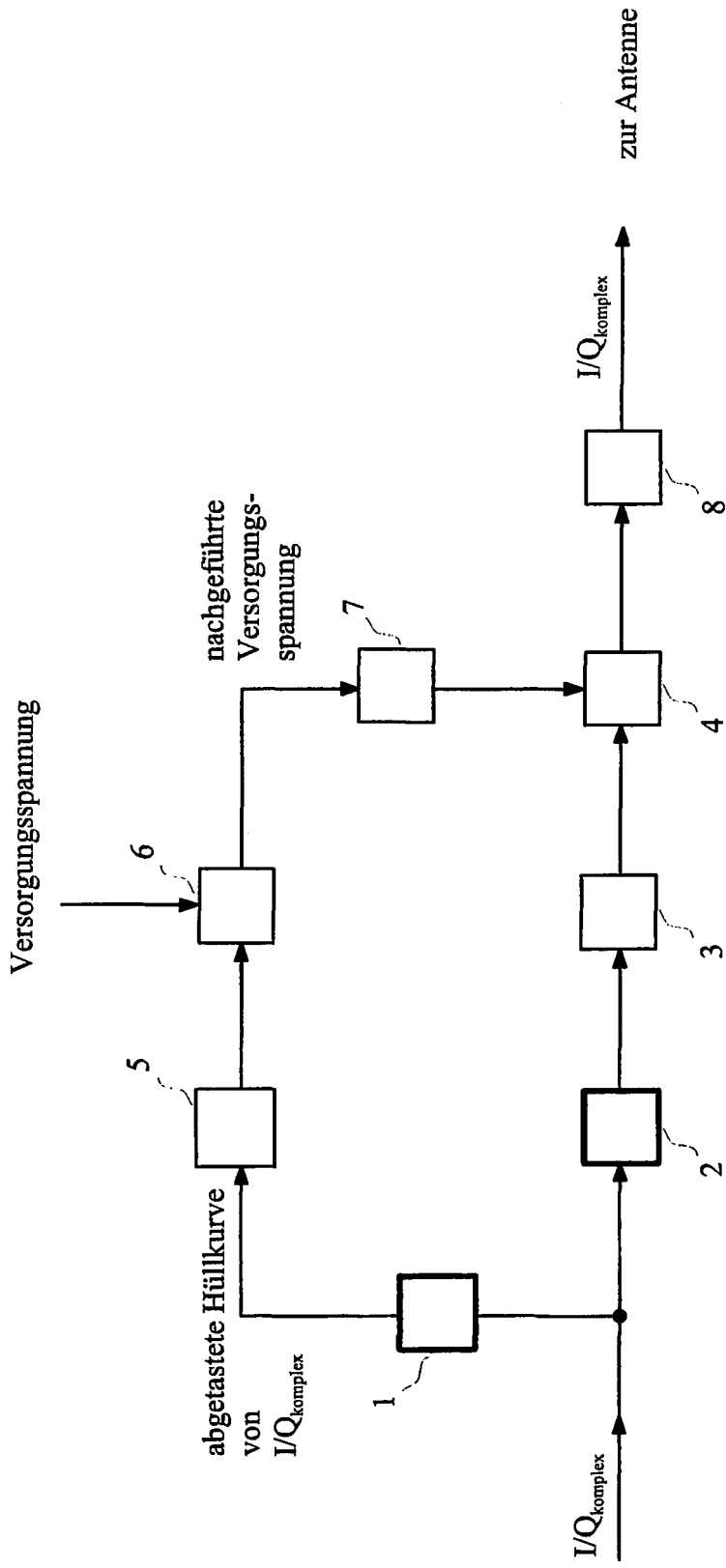


Fig. 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0431201 A [0015]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- *Rundfunktechnische Mitteilungen*, 1999, 29-35
[0003]