



(11) **EP 1 685 668 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
14.12.2011 Patentblatt 2011/50

(51) Int Cl.:
H04H 20/67 (2008.01)

(21) Anmeldenummer: **04790677.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2004/011869

(22) Anmeldetag: **20.10.2004**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2005/050882 (02.06.2005 Gazette 2005/22)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ÜBERWACHUNG DER
TRÄGERFREQUENZSTABILITÄT VON SENDERN IN EINEM GLEICHWELLENNETZ**

METHOD AND DEVICE FOR MONITORING CARRIER FREQUENCY STABILITY OF
TRANSMITTERS IN A COMMON WAVE NETWORK

PROCEDE ET DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DE LA STABILITE DE LA FREQUENCE PORTEUSE
D'EMETTEURS DANS UN RESEAU DE FREQUENCES COMMUNES

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

• **BALZ, Christoph**
81543 München (DE)

(30) Priorität: **21.11.2003 DE 10354468**

(74) Vertreter: **Körfer, Thomas**
Mitscherlich & Partner
Patent- und Rechtsanwälte
Postfach 33 06 09
80066 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.08.2006 Patentblatt 2006/31

(73) Patentinhaber: **Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG**
81671 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 063 799 DE-A1- 4 330 054
DE-A1- 19 937 457 DE-C1- 4 341 211
US-A- 4 188 582 US-A- 5 689 808

(72) Erfinder:
• **HOFMEISTER, Martin**
81541 München (DE)

EP 1 685 668 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 ein Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz von mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz.

[0002] Der terrestrische digitale Hör- und TV-Rundfunk (DAB und DVB-T) wird mittels digitalen Mehrträgerverfahren (z. B. OFDM = orthogonal frequency division multiplexing) über ein Netz von Sendern übertragen, die phasen- und frequenzsynchron über ein Gleichwellennetz im Sendegebiet ausstrahlen.

[0003] Zur effizienten Nutzung der vorhandenen Frequenzressourcen strahlen alle Sender eines Gleichwellennetzes zeitgleich ein identisches Sendesignal aus. Neben der Phasensynchronität muß in einem Gleichwellennetz deshalb auch die Identität der auszustrahlenden Trägerfrequenz bei den einzelnen Sendern gewährleistet sein.

[0004] In der DE 199 37 457 A1 wird ein Verfahren zur Überwachung der Phasensynchronität der einzelnen Sender eines Gleichwellennetzes vorgestellt. Eine auftretende Phasenasynchronität zweier Sender wird über eine Laufzeitdifferenzmessung durch Ermittlung der Kanalimpulsantworten der beiden Sender erfasst. Liegt eine Abweichung zwischen der gemessenen Laufzeitdifferenz der beiden Sender und einer Referenzlaufzeitdifferenz für den synchronen Betriebsfall der beiden Sender in größerem Umfang vor, so strahlen die beiden Sender asynchron aus. Diese Abweichung der Laufzeitdifferenz wird von einer Empfangsstation im Sendegebiet des Gleichwellennetzes durch Auswertung der Kanalimpulsantworten ermittelt und den beiden phasenasynchronen Sendern für eine nachträgliche Synchronisierung übermittelt. Ein Verfahren zur Überwachung identischer Trägerfrequenzen bei zwei Sendern in einem Gleichwellennetz kann der DE 199 37 457 A1 nicht entnommen werden.

[0005] Die Synchronisierung von Sendern in einem Gleichwellennetz hinsichtlich identischer Trägerfrequenz ist in der DE 43 41 211 C1 beschrieben. Hierbei überträgt eine Zentrale den einzelnen Sendern des Gleichwellennetzes neben den Übertragungsdaten auch ein Frequenzreferenzsymbol. Dieses Frequenzreferenzsymbol wird von jedem Sender des Gleichwellennetzes ausgewertet und für eine Synchronisierung der Trägerfrequenz an die Frequenzreferenz herangezogen.

[0006] Nachteilig an diesem Verfahren ist die Tatsache, dass die Auswertung der Synchronität der Trägerfrequenz von jedem Sender einzeln durchgeführt wird. Diese senderspezifische Auswertung der Frequenzsynchronität der Trägerfrequenz kann folglich mit einem gewissen senderspezifischen Vermessungs- und Auswertungsfehler behaftet sein, der zu einer uneinheitlichen Überwachung der Trägerfrequenz aller im Gleichwellennetz beteiligten Sender führen kann. Hinzukommt, dass die Überwachung der Trägerfrequenz bei jedem einzelnen Sender eine Synchronisierung der einzelnen Sender mittels einer Zeit-Referenz erforderlich macht, die vom einzelnen Sender beispielsweise über GPS empfangen wird. Schließlich findet die Frequenzsynchronisierung in der Schaltungsanordnung der DE 43 41 211 C1 vor der Modulation statt, so dass eine nachträgliche Frequenzverschiebung der Trägerfrequenz durch nachfolgende Funktionseinheiten des Senders nicht ausgeschlossen ist. Alle diese Schwachpunkte können zu einem unerwünschten Empfang unterschiedlicher Trägerfrequenzen der einzelnen Sender in einem an einem beliebigen Ort im Sendegebiet des Gleichwellennetzes positionierten Empfänger führen.

[0007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz anzugeben, bei dem die Synchronität der Trägerfrequenzen der einzelnen Sender einheitlich durch eine einzige Meßanordnung, die an einer beliebigen Stelle im Sendegebiet des Gleichwellennetzes positioniert sein kann, ohne Synchronisierung der Meßanordnung mittels einer Zeit-Referenz überwacht wird.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 oder 13 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Die Überwachung der Trägerfrequenzstabilität der zu einem Gleichwellennetz gehörigen Sender erfolgt über eine einzige Empfangseinrichtung, die im Sendegebiet des Gleichwellennetzes an einem beliebigen Ort positioniert ist. Die Empfangseinrichtung ermittelt aus der Übertragungsfunktion des Übertragungskanal vorzugsweise mittels der inversen komplexen Fourier-Transformation den Verlauf der Summenimpulsantwort sämtlicher Sender zu zwei verschiedenen Zeitpunkten. Die zum jeweiligen Sender gehörigen Impulsantworten werden aus den beiden Summenimpulsantworten ausgeblendet, nachdem deren Phasenlage zur Phasenlage der beiden Impulsantworten eines Bezugssenders des Gleichwellennetzes in Relation gesetzt wurden. Anschließend werden die Phasenverläufe der beiden zum jeweiligen Sender gehörigen Impulsantworten ermittelt, aus denen wiederum für jeden Sender die Phasenverschiebungsdifferenz der Impulsantwort des jeweiligen Senders zur Phasenlage der Impulsantwort des Bezugssenders zwischen zwei Beobachtungszeitpunkten abgeleitet wird. Aus dem Verlauf der Phasenverschiebungsdifferenz kann, wie weiter unten noch im Detail gezeigt wird, die Trägerfrequenzverschiebung jedes Senders zur Trägerfrequenz eines Bezugssenders des Gleichwellennetzes berechnet werden.

[0010] Zur eindeutigen Identifizierung einer dauerhaften Trägerfrequenzverschiebung bei einem Sender des Gleichwellennetzes werden die Summenimpulsantworten sämtlicher Sender aus der Übertragungsfunktion des Übertragungskanal durch Anwendung der inversen komplexen Fourier-Transformation zu mehreren verschiedenen Zeitpunkten

wiederholt durchgeführt und darauf aufbauend die Trägerfrequenzverschiebung jedes Senders zur Trägerfrequenz eines Bezugssenders des Gleichwellennetzes wiederholt berechnet und einer anschließenden Mittelung zugeführt.

[0011] Sinkt die Phasenverschiebungsdifferenz eines Senders zwischen zwei Zeitpunkten auf einen Wert kleiner $-\pi$ bzw. übersteigt die Phasenverschiebungsdifferenz eines Senders zwischen zwei Zeitpunkten auf einen Wert größer $+\pi$, so wird der Wert der Phasenverschiebungsdifferenz des jeweiligen Senders zwischen zwei Zeitpunkten in diesem Zeitabschnitt um den Wert $+2\pi$ erhöht bzw. um 2π reduziert. Auf diese Weise wird die Phasenverschiebungsdifferenz auf Werte zwischen $-\pi$ und $+\pi$ begrenzt.

[0012] Die Gewinnung der Impulsantwort jedes Senders des Gleichwellennetzes erfolgt durch Ermittlung der Koeffizienten der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals aus den Koeffizienten des an den Übertragungskanal angepaßten Entzerrers in der Empfangseinrichtung und anschließende Berechnung der inversen Fourier-Transformation. Beim digitalen terrestrischen TV-Rundfunk (DVB-T) kann die Impulsantwort für jeden Sender alternativ aus der inversen Fourier-Transformation der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals durch Auswertung der zu den verstreuten Pilotträgern gehörigen OFDM-modulierten Übertragungssignale abgeleitet werden.

[0013] Zwei Ausführungsformen der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden nachfolgend näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine funktionale Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz;

Fig. 2 ein Beispiel für eine grafische Darstellung der zeitdiskreten Summenimpulsantwort;

Fig. 3 ein Beispiel für eine grafische Darstellung für eine Verlaufsänderung der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals;

Fig. 4A ein Flußdiagramm zur Erläuterung der ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz;

Fig. 4B ein Flußdiagramm zur Erläuterung der zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz;

Fig. 5A eine beispielhafte Ergebnisdarstellung der ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen-Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz;

Fig. 5B eine beispielhafte Ergebnisdarstellung der zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen. Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz;

Fig. 6A eine beispielhafte dreidimensionale grafische Darstellung der Amplituden- und Trägerfrequenzabweichung und

Fig. 6B eine beispielhafte zweidimensionale grafische Darstellung der Amplituden- und Trägerfrequenzabweichung.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz wird in seinen beiden Ausführungsformen nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis Fig. 5 beschrieben.

[0015] Die in einem Gleichwellennetz positionierten Sender $S_0, \dots, S_i, \dots, S_n$, beispielsweise gemäß Fig. 1 die Sender S_1, S_2, S_3, S_4 und S_5 , strahlen z.B. im Rahmen des digitalen Hör- und TV-Rundfunks jeweils ein identisches phasen- und frequenzsynchrones Signal $s(t)$ aus. Eine Empfangseinrichtung E, die im Sendegebiet des Gleichwellennetzes positioniert ist, empfängt ein Empfangssignal $e(t)$ als Überlagerung sämtlicher zu den einzelnen Sendern $S_0, \dots, S_i, \dots, S_n$ gehörigen Empfangssignale $e_i(t)$. Dieses überlagerte Empfangssignal $e(t)$ weist gemäß Gleichung (1) folgenden Zeitverlauf auf:

$$e(t) = \sum_{i=0}^n e_i(t) = s(t) + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\omega_i t} * s(t - \tau_i) \quad (1)$$

[0016] Im Rahmen der folgenden Betrachtungen wird beispielsweise der Sender S_0 zum Bezugssender des Gleichwellennetzes definiert. Die Dämpfungs- und Phasenverzerrungen sowie die Laufzeiten, die die Sendesignale $s(t)$ der einzelnen Sender $S_0, \dots, S_i, \dots, S_n$ im Übertragungskanal zur Empfangseinrichtung E erfahren, werden jeweils in Relation

zur Dämpfungs- und Phasenverzerrung sowie zur Laufzeit des Bezugssenders S_0 gesetzt. Das in der Empfangseinrichtung E empfangene Signal $e_0(t)$ des Bezugssenders S_0 in Gleichung (1) entspricht deshalb seinem Sendesignal $s(t)$.

[0017] Die Amplitude v_i des Empfangssignals $e_i(t)$ der übrigen Sender S_i bis S_n ergibt sich gemäß Gleichung (2) aus der Dämpfungsnormierung als Quotient zwischen der Amplitude des Empfangssignals $e_i(t)$ des jeweiligen Senders S_i zur Amplitude des Empfangssignals $e_0(t)$ des Bezugssenders S_0 :

$$v_i = |e_i / e_0| \quad (2)$$

[0018] Die Laufzeitdifferenz τ_i der Sender S_1 bis S_n läßt sich gemäß Gleichung (3) aus der Differenz zwischen der Laufzeit t_i des Senders S_i und der Laufzeit t_0 des Bezugssenders S_0 ermitteln:

$$\tau_i = t_i - t_0 \quad (3)$$

[0019] Die Laufzeitdifferenzen τ_i der einzelnen Sender S_0 bis S_n beruhen auf folgenden Effekten:

- unterschiedliche Laufzeiten aufgrund unterschiedlicher Wegstrecken zwischen den jeweiligen Sendern S_i und der Empfangseinrichtung E und
- unterschiedliche Phasenverzerrungen der Sendesignale $s(t)$ der jeweiligen Sender S_i in den unterschiedlichen Übertragungsstrecken zur Empfangseinrichtung E.

[0020] Eine zusätzliche Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i$ zwischen einem Sender S_i und dem Bezugssender S_0 kann bei der Phasennormierung des Empfangssignals $e(t)$ auftreten, wenn gemäß Gleichung (4) ein Unterschied in der Trägerfrequenz ω_i des jeweiligen Senders S_i zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 auftritt:

$$\begin{aligned} \Delta\Theta_i &= \Theta_i - \Theta_0 = \omega_i * t - \omega_0 * t = (\Delta\omega_i + \omega_0) * t - \omega_0 * t \\ &= \Delta\omega_i * t \end{aligned} \quad (4)$$

[0021] Die Trägerfrequenzabweichung $\Delta\omega_i$ des jeweiligen Senders S_i zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 führt gemäß Gleichung (4) zu einer Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i(t)$ des zum jeweiligen Sender S_i gehörigen Empfangssignals $e_i(t)$

[0022] Unter Berücksichtigung der Beziehung in Gleichung (4) wird Gleichung (1) für den Zeitverlauf des Empfangssignals $e(t)$ nach Gleichung (5) übergeführt.

$$e(t) = s(t) + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i(t)} * s(t - \tau_i) \quad (5)$$

[0023] Setzt man gemäß Gleichung (6) voraus, daß die Zeitdauer Δt_B für die Beobachtung des Empfangssignals $e_i(t)$ wesentlich kleiner ist als die periodendauern aller Phasenrotationen $\Delta\Theta_i(t)$ der Empfangssignale $e_i(t)$ aufgrund einer Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_i$ des jeweiligen Senders S_i , so kann davon ausgegangen werden, dass die Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i$ des Empfangssignals $e_i(t)$ innerhalb dieses Zeitschlitzes Δt_B näherungsweise konstant ist.

$$\Delta t_B \ll 2 * \pi / \max\{\Delta\omega_i\} \quad (6)$$

[0024] Gleichung (5) für den Zeitverlauf des Empfangssignals $e(t)$ geht für den Zeitbereich des Zeitschlitzes Δt_B in Gleichung (7) über.

$$e(t) = s(t) + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i} * s(t - \tau_i) \quad (7)$$

[0025] In Fig. 2 ist der Zusammenhang der Normierung des Empfangssignals $e_1(t)$ eines Senders S_1 zum Empfangssignal $e_0(t)$ eines Bezugssenders S_0 hinsichtlich der Dämpfung und der Laufzeit dargestellt.

[0026] Bei bekannter Übertragungsfunktion des Übertragungskanals des aus den Sendern S_0 bis S_n bestehenden Gleichwellennetzes (single frequency network) kann das Empfangssignal $e(t)$ durch die jeweiligen Impulsantworten $h_{SFNi}(t)$ der Sender $S_0, \dots, S_i, \dots, S_n$ zusammengesetzte Summenimpulsantwort $h_{SFN}(t)$ des Übertragungskanals des Gleichwellennetzes (single frequency network) gemäß der Gleichung

$$h_{SFN}(t) = \sum_{i=0}^n h_{SFNi}(t) = \delta(t) + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i} * \delta(t - \tau_i) \quad (8)$$

aufgefaßt werden.

[0027] Das Frequenzspektrum $E(\omega)$ des Empfangssignals $e(t)$ in Gleichung (9) ergibt sich aus der Fourier-Transformation des Empfangssignals $h_{SFN}(t)$ gemäß Gleichung (8) multipliziert mit der Übertragungsfunktion $S(\omega)$ des Übertragungskanals des Gleichwellennetzes:

$$E(\omega) = S(\omega) * (1 + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i} * e^{-j\omega\tau_i}) = S(\omega) * H_{SFN}(\omega) \quad (9)$$

[0028] Der Klammerterm des Frequenzspektrums $E(\omega)$ des Empfangssignals $e(t)$ in Gleichung (9) entspricht der Übertragungsfunktion $H_{SFN}(\omega)$ des Übertragungskanals des Gleichwellennetzes. Er besteht aus einer Summe von Zeitgertern, deren Phase sich mit dem Term $-j\omega\tau_i$ ändern und für einen bestimmten Zeitpunkt t eine konstante Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i = \Delta\omega * t$ aufweisen.

[0029] Der Betrag der Übertragungsfunktion $|H_{SFN}(f)|$ für ein Gleichwellennetz mit einem Bezugssender S_0 und einem zweiten Sender S_1 ist über der Frequenz f in Fig. 3 dargestellt. Der Betrag der Übertragungsfunktion $|H_{SFN}(f)|$ weist einen periodischen Kurvenverlauf mit einer Periodendauer von $1/\tau_1$ auf. Der Verlauf des Betrags der Übertragungsfunktion $|H_{SFN}(f)|$ verschiebt sich von einem periodischen Kurvenverlauf zum Zeitpunkt $t=t_1$ (durchgezogene Linie) zu einem ebenfalls periodischen Kurvenverlauf gleicher Periodendauer zum späteren Zeitpunkt $t=t_2 > t_1$ (gestrichelte Linie) aufgrund des Einflusses der Phasenverschiebung $\Delta\Theta_1$ des Empfangssignals $e_1(t)$ des Senders S_1 zum Empfangssignal $e_0(t)$ des Bezugssenders S_0 aufgrund einer Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_1$ des Senders S_1 zur Trägerfrequenz ω_0 des Senders S_0 .

[0030] Die Geschwindigkeit der Verschiebung des Verlaufs des Betrags der Übertragungsfunktion $|H_{SFN}(f)|$ wird bestimmt durch die Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_1$ des Senders S_1 zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 . Die benötigte Zeit t_{per} zur Verschiebung des Verlaufs des Betrags der Übertragungsfunktion $|H_{SFN}(f)|$ um genau eine Periode des Betragsverlaufs der Übertragungsfunktion $|H_{SFN}(f)|$ ergibt sich gemäß Gleichung (10) mit Hilfe von Gleichung (4) unter der Annahme einer Phasenverschiebung $\Delta\Theta_1$ von $2*\pi$ bei einer vollen Rotation der Phasenverschiebung $\Delta\Theta_1$:

$$t_{per} = 2 * \pi / \Delta\omega_1 = 1 / \Delta f_1 \quad (10)$$

[0031] Wird die Übertragungsfunktion $H_{SFN}(f)$ zu zwei verschiedenen Zeitschlitten Δt_{B1} und Δt_{B2} betrachtet, so ändert sich gemäß Gleichung (4) die aus einer Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_1$ des Senders S_1 zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 resultierende Phasenverschiebung $\Delta\Theta_1$ in der Übertragungsfunktion $H_{SFN}(f)$ über der Zeit t zwischen dem Zeitschlitz Δt_{B1} und dem Zeitschlitz Δt_{B2} und damit auch sein Verlauf über der Frequenz f . Analog ändert sich auch der Verlauf der zur Übertragungsfunktion $H_{SFN}(f)$ korrespondierenden Summenimpulsantwort $h_{SFN}(t)$ gemäß Gleichung (8).

[0032] Mit der Änderung des Verlaufs der Summenimpulsantwort $h_{SFN}(t)$ bei rotierender Phasenverschiebung $\Delta\Theta_1(t)$ des Senders S_1 vom Zeitschlitz Δt_{B1} zum Zeitschlitz Δt_{B2} ändert sich auch der Verlauf der Impulsantwort $h_{SFNi}(t)$ des

Senders S_i , deren Trägerfrequenz ω_i sich zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 verschoben hat. Die Phasenwinkelverschiebung $\Delta\Theta_i(t)$ der zum Sender S_i gehörigen Impulsantwort $h_{SFNi}(t)$ vom Zeitpunkt t_{B1} des Zeitschlitzes Δt_{B1} zum Zeitpunkt t_{B2} des Zeitschlitzes Δt_{B2} ist folglich gemäß Gleichung (11) proportional zum Verlauf der Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_i(t)$ des Senders S_i zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 .

$$\Delta\Theta_i(t_{B2}) - \Delta\Theta_i(t_{B1}) = \Delta\omega_i(t) * (t_{B2} - t_{B1}) \quad (11)$$

[0033] Aus Vereinfachungsgründen wird davon ausgegangen, daß sich die Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_i(t)$ zwischen den beiden Beobachtungszeitpunkten t_{B1} und t_{B2} nicht ändert. Gleichung (11) geht unter dieser sinnvollen Voraussetzung über in Gleichung (12).

$$\Delta\Theta_i(t_{B2}) - \Delta\Theta_i(t_{B1}) = \Delta\omega_i * (t_{B2} - t_{B1}) \quad (12)$$

[0034] Die erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz ergibt sich folglich gemäß Fig. 4A aus den nachfolgenden dargestellten Verfahrensschritten:

[0035] In Verfahrensschritt S10 wird die Übertragungsfunktion $H_{SFN}(f)$ des Übertragungskanals von den einzelnen Sendern $S_0, \dots, S_i, \dots, S_n$ des Gleichwellennetzes zur Empfangseinrichtung E ermittelt. Hierzu können der Verlauf der Übertragungsfunktion $H_{SFN}(f)$ aus den Koeffizienten des in der Empfangseinrichtung E integrierten Entzerrers, die bei an den Übertragungskanal angepaßtem Entzerrer den Koeffizienten der Übertragungsfunktion $H_{SFN}(f)$ entsprechen, ermittelt werden.

[0036] In Verfahrensschritt S20 werden aus der Übertragungsfunktion $H_{SFN}(f)$ des Übertragungskanals mittels diskreter inverser Fourier-Transformation die Verläufe der zugehörigen komplexen Summenimpulsantworten $\underline{h}_{SFN1}(t)$ und $\underline{h}_{SFN2}(t)$ zu den beiden Zeitpunkten t_{B1} des Zeitschlitzes Δt_{B1} und t_{B2} des Zeitschlitzes Δt_{B2} berechnet. Hierbei handelt es sich um zeitdiskrete komplexe Summenimpulsantworten $\underline{h}_{SFN1}(t)$ und $\underline{h}_{SFN2}(t)$ zu einzelnen Abtastzeitpunkten t .

[0037] Aus den beiden zeitdiskreten Verläufen der komplexen Summenimpulsantworten $\underline{h}_{SFN1}(t)$ und $\underline{h}_{SFN2}(t)$ werden im Verfahrensschritt S30 die zu den im Gleichwellennetz beteiligten Sendern S_i jeweils gehörigen Verläufe der komplexen Impulsantworten $\underline{h}_{SFNi}(t)$ und $\underline{h}_{SFN2i}(t)$ zu den Zeitpunkten t_{B1} und t_{B2} herausgefiltert.

[0038] Alternativ zur obig dargestellten Ermittlung der Übertragungsfunktion $H_{SFN}(f)$ des Übertragungskanals aus den Koeffizienten des in der Empfangseinrichtung integrierten Entzerrers ist beim digitalen terrestrischen TV-Rundfunk eine Ermittlung der Übertragungsfunktion $H_{SFN}(f)$ des Übertragungskanals aus den DVB-T-Symbolen der verstreuten Trägerpiloten möglich.

[0039] Diese zeitdiskreten Verläufe der Impulsantworten $\underline{h}_{SFNi}(t)$ und $\underline{h}_{SFN2i}(t)$ des jeweiligen Senders S_i zu den Zeitpunkten t_{B1} und t_{B2} sind jeweils komplexe Zahlenfolgen. Aus diesen komplexen Verläufen der Impulsantworten $\underline{h}_{SFN1i}(t)$ und $\underline{h}_{SFN2i}(t)$ werden im Verfahrensschritt S40 die zugehörigen zeitdiskreten Phasenverläufe $\arg(\underline{h}_{SFN1i}(t))$ und $\arg(\underline{h}_{SFN2i}(t))$ des jeweiligen Senders S_i zu den Zeitpunkten t_{B1} und t_{B2} ermittelt. Alternativ kann zu diesem Zeitpunkt auch noch keine Zuordnung der Impulsantwort zu den Sendern erfolgen und vorerst können nur Gesamt-Impulsantworten $\underline{h}_{SFN1}(t)$ und $\underline{h}_{SFN2}(t)$ verrechnet werden.

[0040] Durch Subtraktion der zeitdiskreten Phasenverläufe $\arg(\underline{h}_{SFN1i}(t))$ und $\arg(\underline{h}_{SFN2i}(t))$ der Impulsantworten $\underline{h}_{SFN1i}(t)$ und $\underline{h}_{SFN2i}(t)$ des jeweiligen Senders S_i zu den Zeitpunkten t_{B1} und t_{B2} erhält man eine Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ der Phasenverschiebung des jeweiligen Senders S_i zum Bezugssender S_0 zwischen den Zeitpunkten t_{B2} und t_{B1} , die über der Zeit konstant ist und der Differenz der Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i(t_{B2})$ zum Zeitpunkt t_{B2} und der Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i(t_{B1})$ zum Zeitpunkt t_{B1} des Senders S_i zum Bezugssender S_0 entspricht. Diese wird im Verfahrensschritt S50 gemäß Gleichung (13) resultierend aus Gleichung (8) berechnet:

$$\begin{aligned} \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) &= \arg(\underline{h}_{SFN2i}(t)) - \arg(\underline{h}_{SFN1i}(t)) \\ &= \Delta\Theta_i(t_{B2}) - \Delta\Theta_i(t_{B1}) \end{aligned} \quad (13)$$

[0041] Die Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ der Phasenverschiebung des Senders S_i zum Bezugssender S_0 zwischen den Zeitpunkten t_{B1} und t_{B2} kann u.U. Werte kleiner $-\pi$ annehmen, die außerhalb des zulässigen Wertebereiches liegen. Von daher wird im Verfahrensschritt S60 in Zeitbereichen, in denen die Phasenverschiebungsdifferenz

$\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ der Phasenverschiebung des Senders S_i zum Bezugssender S_0 zwischen den Zeitpunkten t_{B1} und t_{B2} Werte kleiner $-\pi$ annimmt, die Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ der Phasenverschiebung gemäß Gleichung (14) um den Wert $2*\pi$ erhöht.

$$\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) = \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) + 2*\pi$$

$$\text{für } \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) <= -\pi \quad (14)$$

[0042] Nimmt die Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ der Phasenverschiebung des Senders S_i zum Bezugssender S_0 zwischen den Zeitpunkten t_{B1} und t_{B2} Werte größer $+\pi$ an, die außerhalb des zulässigen Wertebereiches liegen, so wird die Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ der Phasenverschiebung in Verfahrensschritt S65 gemäß Gleichung (15) um den Wert $2*\pi$ reduziert.

$$\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) = \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) - 2*\pi$$

$$\text{für } \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) > \pi \quad (15)$$

[0043] Die in den Verfahrensschritten S60 und S65 durchgeführten Begrenzungen der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ der Phasenverschiebung des Senders S_i zum Bezugssender S_0 zwischen den Zeitpunkten t_{B1} und t_{B2} gemäß der Gleichungen (13) und (14) gewährleisten einen eindeutigen Phasenwert im Bereich von $-\pi$ bis $+\pi$.

[0044] In Verfahrensschritt S70 wird gemäß Gleichung (16) der Verlauf der Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_i$, des Senders S_i zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 zwischen den Zeitpunkten t_{B1} und t_{B2} resultierend aus Gleichung (12) und (13) aus der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ der Phasenverschiebung des Senders S_i zum Bezugssender S_0 zwischen den Zeitpunkten t_{B1} und t_{B2} berechnet.

$$\Delta\omega_i = [\Delta\Theta_i(t_{B2}) - \Delta\Theta_i(t_{B1})] / (t_{B2} - t_{B1})$$

$$= \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) / (t_{B2} - t_{B1}) \quad (16)$$

[0045] Da sich über der Zeit t zur Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i(t)$ des Empfangssignals $e_i(t)$ des Senders S_i aufgrund einer Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_i$ des Senders S_i zum Bezugssender S_0 zusätzliche Phasenänderungen, beispielsweise aufgrund von Phasenrauschen, überlagern können, wie dies in Fig. 5A dargestellt ist, ist eine entsprechende Bereinigung der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ der Phasenverschiebung des Senders S_i zum Bezugssender S_0 zwischen zwei Beobachtungszeitpunkten t_{B1} und t_{B2} von derartigen Phasenstörungen durchzuführen. Diese Bereinigung erfolgt in der zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz gemäß Fig. 4B.

[0046] Im Unterschied zur ersten Ausführungsform in Fig. 4A werden in der zweiten Ausführungsform in Fig. 4B in Verfahrensschritt S50 die Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(\Delta t_B)$ der Phasenverschiebung des Senders S_i zum Bezugssender S_0 innerhalb eines Zeitintervalls Δt_B nicht nur zwischen den Beobachtungszeitpunkten t_{B1} und t_{B2} ermittelt, sondern zu mehreren anderen Beobachtungszeitpunkten t_{Bj} und $t_{B(j+1)}$, die gemäß Gleichung (17) durch ein Zeitintervall Δt_B voneinander getrennt sind.

$$\Delta t_B = t_{B(j+1)} - t_{Bj} \quad \text{für } j = 1, 2, 3, \dots \quad (17)$$

[0047] Hierzu wird in Verfahrensschritt S20 der zeitdiskrete Verlauf der komplexen Summenimpulsantwort $\underline{h}_{SFNj}(t)$ und $\underline{h}_{SFN(j+1)}(t)$ jeweils zu den Beobachtungszeitpunkten t_j und t_{j+1} ermittelt.

[0048] Analog wird in Verfahrensschritt S30 aus den zeitdiskreten Verläufen der komplexen Summenimpulsantworten $\underline{h}_{SFNj}(t)$ und $\underline{h}_{SFN(j+1)}(t)$ die zeitdiskreten Verläufe der komplexen Impulsantworten $\underline{h}_{SFNji}(t)$ und $\underline{h}_{SFN(j+1)i}(t)$ des jeweiligen Senders S_i zu den Zeitpunkten t_j und t_{j+1} ausgeblendet.

[0049] Schließlich werden in Verfahrensschritt S40 aus den zeitdiskreten Verläufen der komplexen Impulsantworten

$\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t)$ und $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$ die Phasenverläufe $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t))$ und $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t))$ des Senders S_i zu den Zeitpunkten t_j und t_{j+1} ermittelt.

[0050] Die Subtraktion des Phasenverlaufs $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t))$ vom Phasenverlauf $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t))$ in Verfahrensschritt S50 führt zur Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ der Phasenverschiebung des jeweiligen Senders S_i zum Bezugssender S_0 zwischen den Zeitpunkten $t_{B(j+1)}$ und t_{Bj} , die der Differenz der Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)})$ zum Zeitpunkt $t_{B(j+1)}$ und der Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i(t_{Bj})$ zum Zeitpunkt t_{Bj} des Senders S_i zum Bezugssender S_0 entspricht.

[0051] Die Begrenzung der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ der Phasenverschiebung des jeweiligen Senders S_i zum Bezugssender S_0 zwischen den Zeitpunkten $t_{B(j+1)}$ und t_{Bj} auf den zulässigen Wertebereich zwischen $-\pi$ und $+\pi$ erfolgt in den Verfahrensschritten S60 und S65.

[0052] Im Verfahrensschritt S70 wird aus der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ der Phasenverschiebung des jeweiligen Senders S_i zum Bezugssender S_0 zwischen den Zeitpunkten $t_{B(j+1)}$ und t_B die Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_{ij}$ des Senders S_i basierend auf der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ der Phasenverschiebung zu den Beobachtungszeitpunkten t_j und t_{j+1} berechnet.

[0053] Die Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_{ij}$ des Senders S_i zum Bezugssender S_0 auf der Basis der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ der Phasenverschiebung zu den Beobachtungszeitpunkten t_j und t_{j+1} wird zu unterschiedlichen Beobachtungszeitpunkten t_j und t_{j+1} insgesamt j_{max} -mal wiederholt ermittelt und berechnet.

[0054] Die insgesamt j_{max} berechneten Trägerfrequenzverschiebungen $\Delta\omega_{ij}$ des Senders S_i zum Bezugssender S_0 werden anschließend im Verfahrensschritt S80 einer Mittelung zugeführt, um den Einfluß der obengenannten Phasenstörungen, beispielsweise aufgrund von Phasenrauschen, auf die Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_i$, zu beseitigen bzw. zu minimieren.

[0055] Die Mittelung kann auch in Form einer Pipeline-Struktur erfolgen, bei der der jeweils älteste Wert verworfen wird. Eine Speicher-sparende Variante ist eine rekursive Mittelung.

[0056] Ein beispielhafter Verlauf einer derart von Phasenstörungen bereinigten Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_i$, eines Senders S_i zu einem Bezugssender S_0 ist in Fig. 5B dargestellt.

[0057] Eine Vorrichtung zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz ist in Fig. 1 dargestellt.

[0058] Das Gleichwellennetz in Fig. 1 besteht beispielsweise aus den fünf Sendern S_1, S_2, S_3, S_4 und S_5 . Die Sendesignale der Sender S_1 bis S_5 werden von einer Empfangseinrichtung E empfangen. Die Empfangseinrichtung E ist mit einer elektronischen Datenverarbeitungseinheit 1 verbunden. In einer Einheit 11 zur Ermittlung der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals wird auf der Basis der von der Empfangseinrichtung E empfangenen Sendesignale der Sender S_1 bis S_5 die Übertragungsfunktion $H_{\text{SFN}}(f)$ des Übertragungskanals von den Sendern S_1 bis S_5 zur Empfangseinrichtung E ermittelt. Hierbei bedient man sich der Koeffizienten des in der Empfangseinrichtung E integrierten Entzerrers, die bei einem an den Übertragungskanal abgeglichenen Entzerrer den Koeffizienten der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals entsprechen.

[0059] Alternativ kann die Übertragungsfunktion $H_{\text{SFN}}(f)$ des Übertragungskanals von den Sendern S_1 bis S_5 zur Empfangseinrichtung E aus den verstreuten Pilotenträgern eines DVB-T-Signals beim digitalen terrestrischen TV-Rundfunks unter Umgehung der Einheit 11 ermittelt werden.

[0060] In einer sich anschließenden Einheit 12 zur Durchführung der inversen Fourier-Transformation werden aus der Übertragungsfunktion $H_{\text{SFN}}(f)$ des Übertragungskanals die zeitdiskreten Verläufe der komplexen Summenimpulsantworten $\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t)$ und $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$ zu den Beobachtungszeitpunkten t_{Bj} und $t_{B(j+1)}$ berechnet.

[0061] In einer sich anschließenden Einheit 13 zur Ausblendung der Impulsantwort für jeden Sender aus der Summenimpulsantwort werden aus den zeitdiskreten Verläufen der komplexen Summenimpulsantworten $\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t)$ und $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$ die zeitdiskreten Verläufe der komplexen Impulsantworten $\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t)$ und $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$ für jeden Sender S_i des Gleichwellennetzes zu den Zeitpunkten t_{Bj} und $t_{B(j+1)}$ ausgeblendet.

[0062] In einer sich anschließenden Einheit 14 zur Ermittlung des Phasenverlaufs der Impulsantwort werden aus den zeitdiskreten Verläufen der komplexen Impulsantworten $\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t)$ und $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$ die zeitdiskreten Phasenverläufe $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t))$ und $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t))$ der Impulsantworten $\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t)$ und $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$ zu den Zeitpunkten t_{Bj} und $t_{B(j+1)}$ berechnet.

[0063] In einer sich anschließenden Einheit 15 zur Berechnung der Differenz der Phasenverschiebungen und der Trägerfrequenzverschiebung jedes Senders zur Trägerfrequenz eines Bezugssenders werden aus den zeitdiskreten Phasenverläufen $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t))$ und $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t))$ der Impulsantworten $\underline{h}_{\text{SFN}j_i}(t)$ und $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$ zu den Zeitpunkten t_j und t_{j+1} die Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ der Phasenverschiebungen eines Senders S_i zu einem Bezugssender S_0 zu den Beobachtungszeitpunkten t_{Bj} und $t_{B(j+1)}$ berechnet, die der Differenz der Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i(t_{Bj})$ und $\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)})$ des Senders S_i zum Bezugssender S_0 zu den Zeitpunkten t_{Bj} und $t_{B(j+1)}$ entspricht, und darauf aufbauend die Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_{ij}$ für jeden Sender S_i zu einem Bezugssender S_0 auf der Basis einer ermittelten Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ der Phasenverschiebungen zu Beobachtungszeitpunkten t_{B3} und $t_{B(j+1)}$ abgeleitet.

[0064] In einer Einheit 2 der tabellarischen und/oder grafischen Darstellung der Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_i$ aller Sender S_i , die an die elektronische Datenverarbeitungseinheit 1 angeschlossen ist, werden die Trägerfrequenzverschie-

bungen $\Delta\omega_i$, jedes Senders S_i zu einem Bezugssender S_0 des Gleichwellennetzes entweder tabellarisch oder grafisch dargestellt.

[0065] Hinsichtlich der gleichzeitigen Darstellung der Amplitudenabweichung und der Trägerfrequenzabweichung eines Senders S_i zu einem Bezugssender S_0 zu einem bestimmten Beobachtungszeitpunkt t_{Bi} in einer Grafik bietet sich einerseits eine dreidimensionale Darstellung mit der Zeit t als erste Dimension, der Frequenzabweichung $\Delta\omega_i$ des jeweiligen Senders S_i zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 als zweite Dimension und schließlich der Amplitudenabweichung ΔA_i des jeweiligen Senders S_i zur Amplitude A_0 des Bezugssenders S_0 als dritte Dimension an. Wird der Bezugssender S_0 normiert auf seine Amplitude A_0 zum Zeitpunkt $t=0$ in die dreidimensionale Grafik gesetzt, so wird entsprechend Fig. 6A jeder Sender S_i entsprechend der jeweiligen Amplituden- und Trägerfrequenzabweichung ΔA_i und $\Delta\omega_i$ durch einen Punkt in der Grafik repräsentiert. Andererseits wird bei einer zweidimensionalen Darstellung gemäß Fig. 6B die Zeit t in der Abszisse und die Amplitudenabweichung ΔA_i des jeweiligen Senders S_i zur Amplitude A_0 des Bezugssenders S_0 auf der Ordinate aufgetragen, während die Trägerfrequenzabweichung $\Delta\omega_i$ des jeweiligen Senders S_i zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 durch einen zur Trägerfrequenzabweichung $\Delta\omega_i$ korrespondierendes Symbol des zum jeweiligen Sender S_i gehörigen Punktes charakterisiert wird. Wiederum wird die Amplitude A_0 des Bezugssenders S_0 zum Zeitpunkt $t=0$ in die Grafik eingetragen.

[0066] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere sind alle beschriebenen Merkmale beliebig miteinander kombinierbar. Auch eignet sich das beschriebene Verfahren nicht nur für Signale des DAB- oder DVB-T-Standards, sondern für alle Standards, die SFN ermöglichen, insbesondere auch für Signale des amerikanischen ATSC-Standards.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz (ω_i) von identischen Sendesignalen ($S_i(t)$) mehrerer Sender ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) eines Gleichwellennetzes durch Auswerten der Phasenlage eines zu einem Sendesignal ($s_i(t)$) eines Senders (S_i) gehörigen Empfangssignals ($e_i(t)$) in Bezug zu einem Empfangssignal ($e_0(t)$) eines Bezugssenders (S_0), die beide von einer im Sendegebiet des Gleichwellennetzes positionierten Empfangseinrichtung (E) empfangen werden,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine Berechnung (S70) einer Trägerfrequenzverschiebung ($\Delta\omega_i$) einer Trägerfrequenz (ω_i) eines Senders (S_i) bezüglich einer Referenz-Trägerfrequenz (ω_0) des Bezugssenders (S_0) aus einer durch die Trägerfrequenzverschiebung ($\Delta\omega_i$) dieses Senders hervorgerufenen Phasenverschiebungsdifferenz ($\Delta\Delta\theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) zwischen einer Phasenverschiebung ($\Delta\theta_i(t_{B2})$) zu zumindest einem zweiten Beobachtungszeitpunkt (t_{B2}) und einer Phasenverschiebung ($\Delta\theta_i(t_{B1})$) zu einem ersten Beobachtungszeitpunkt (t_{B1}) eines zum Sendesignal ($S_i(t)$) gehörigen Empfangssignals ($e_i(t)$) dieses Senders (S_i) in Bezug zu einem zum Sendesignal ($S_0(t)$) gehörigen Empfangssignal ($e_0(t)$) des Bezugssenders (S_0) erfolgt.

2. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Berechnung (S70) der Trägerfrequenzverschiebung ($\Delta\omega_i$) der Trägerfrequenz (ω_i) des Senders (S_i) zur Trägerfrequenz (ω_0) des Bezugssenders (S_0) aus der Phasenverschiebungsdifferenz ($\Delta\Delta\theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) die folgenden Verfahrensschritte vorausgehen:

- Ermittlung (S10) einer Übertragungsfunktion ($H_{SFN}(f)$) des Übertragungskanals von den Sendern ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) zur Empfangseinrichtung (E),
- Berechnung (S20) eines Verlaufs einer komplexen zeitdiskreten Summenimpulsantwort ($h_{SFN1}(t)$) zum ersten Beobachtungszeitpunkt (t_{B1}) und eines Verlaufs einer komplexen zeitdiskreten Summenimpulsantwort ($h_{SFN2}(t)$) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt (t_{B2}) des Übertragungskanals jeweils aus der Übertragungsfunktion ($H_{SFN}(f)$) des Übertragungskanals,
- Herausfiltern (S30) eines Verlaufs einer komplexen Impulsantwort ($h_{SFN1i}(t)$) zum ersten Beobachtungszeitpunkt (t_{B1}) und eines Verlaufs einer komplexen Impulsantwort ($h_{SFN2i}(t)$) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt (t_{B2}) für jeden Sender (S_i) des Gleichwellennetzes jeweils aus dem Verlauf der komplexen Summenimpulsantwort ($h_{SFN1}(t)$) zum ersten Beobachtungszeitpunkt (t_{B1}) und aus dem Verlauf der komplexen Summenimpulsantwort ($h_{SFN2}(t)$) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt (t_{B2}),
- Ermittlung (S40) eines Phasenverlaufs ($\arg(h_{SFN1i}(t))$) der komplexen Impulsantwort ($h_{SFN1i}(t)$) zum ersten Beobachtungszeitpunkt (t_{B1}) und eines Phasenverlaufs ($\arg(h_{SFN2i}(t))$) der komplexen Impulsantwort ($h_{SFN2i}(t)$) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt (t_{B2}) für jeden Sender (S_i) des Gleichwellennetzes,
- Berechnung (S50) der Phasenverschiebungsdifferenz ($\Delta\Delta\theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) zwischen einer Phasenverschiebung

($\Delta\Theta_i(t_{B2})$) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt (t_{B2}) und einer Phasenverschiebung ($\Delta\Theta_i(t_{B1})$) zum ersten Beobachtungszeitpunkt (t_{B1}) durch Subtraktion eines Phasenverlaufs ($\arg(\underline{h}_{SFN1i}(t))$) der komplexen Impulsantwort ($\underline{h}_{SFN1i}(t)$) zum ersten Beobachtungszeitpunkt (t_{B1}) von einem Phasenverlauf ($\arg(\underline{h}_{SFN2i}(t))$) der komplexen Impulsantwort ($\underline{h}_{SFN2i}(t)$) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt (t_{B2}) des jeweiligen Senders (S_i).

3. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 2, **gekennzeichnet durch**

- Erhöhen (S60) der Phasenverschiebungsdifferenz ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) um den Faktor 2π im Falle eines Absinkens der Phasenverschiebungsdifferenz ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) auf oder unter den Wert $-\pi$ und
- Reduzieren (S65) der Phasenverschiebungsdifferenz ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) um den Faktor -2π im Falle einer Erhöhung der Phasenverschiebungsdifferenz ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) über den Wert π .

4. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet,**

daß beim digitalen terrestrischen TV-Rundfunk die Übertragungsfunktion des Übertragungskanals von den Sendern ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) zur Empfangseinrichtung (E) aus den DVB-T-Symbolen von verstreuten Pilotträgern der nach dem orthogonal-frequency-division-multiplexing-(OFDM)-Verfahren modulierten Empfangssignale ($e_i(t)$) der Sender ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) ermittelt wird.

5. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,**

daß sich die Berechnung (S20) eines Verlaufs einer komplexen zeitdiskreten Summenimpulsantwort $\underline{h}_{SFN1/2}(t)$ zum diskreten ersten Beobachtungszeitpunkt t_{B1} des Übertragungskanals aus der Übertragungsfunktion $H_{SFN}(f)$ des Übertragungskanals mit Hilfe der Fourier-Transformation entsprechend der Formel

$$\underline{h}_{SFN1/2}(t) = \sum_{k=0}^{N_F-1} H_{SFN}(k) * e^{j2\pi kt/N_F}$$

ergibt,
wobei

$H_{SFN}(f)$ die Übertragungsfunktion bzw. der Frequenzgang des Übertragungskanals,
 N_F die Anzahl der Abtastwerte für die diskrete Fourier-Transformation,
 k die diskreten Frequenzwerte,
 t die Abtastzeitpunkte der zeitdiskreten Summenimpulsantwort des Übertragungskanals und
 $1/2$ der Index für den Beobachtungszeitpunkt t_{B1} bzw. t_{B2}

bedeuten.

6. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,**

daß sich die Berechnung (S50) der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ für jeden Sender S_i des Gleichwellennetzes entsprechend der Formel

$$\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) = \arg(\underline{h}_{SFN2i}(t)) - \arg(\underline{h}_{SFN1i}(t))$$

ergibt,
wobei

i der Index für den Sender S_i ,
 $\arg(\underline{h}_{SFN2i}(t))$ der Phasenverlauf der komplexen Impulsantwort $\underline{h}_{SFN2i}(t)$ zum Beobachtungszeitpunkt t_{B2} des Senders S_i und
 $\arg(\underline{h}_{SFN1i}(t))$ der Phasenverlauf der komplexen Impulsantwort $\underline{h}_{SFN1i}(t)$ zum Beobachtungszeitpunkt t_{B1} des

Senders S_i

bedeuten.

7. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** sich die Berechnung (S70) der Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_i$ des Senders S_i zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders des Gleichwellennetzes entsprechend der Formel

$$\Delta\omega_i = \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) / (t_{B2}-t_{B1})$$

ergibt,
wobei

i der Index für den Sender S_i ,
 $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ die Phasenlagendifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ für den Sender S_i des Gleichwellennetzes und t_{B1} , t_{B2} die Beobachtungszeitpunkte

bedeuten.

8. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** zur eindeutigen Identifizierung der dauerhaften Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_i$ des Senders S_i im Gleichwellennetz zu der Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 zu mehreren Beobachtungszeitpunkten t_{Bj} die Verfahrensschritte

- Berechnung (S20) des Verlaufs der komplexen zeitdiskreten Summenimpulsantwort $\underline{h}_{SFNj}(t)$ und $\underline{h}_{SFN(j+1)}(t)$ zu den Beobachtungszeitpunkten t_{Bj} und $t_{B(j+1)}$,
- Herausfiltern (S30) des Verlaufs der komplexen Impulsantwort $\underline{h}_{SFNji}(t)$ und $\underline{h}_{SFN(j+1)i}(t)$ zu den Beobachtungszeitpunkten t_{Bj} und $t_{B(j+1)}$ für jeden Sender S_i des Gleichwellennetzes,
- Ermittlung (S40) der Phasenverläufe $\arg(\underline{h}_{SFNji}(t))$ und $\arg(\underline{h}_{SFN(j+1)i}(t))$ der komplexen Impulsantworten $\underline{h}_{SFNji}(t)$ und $\underline{h}_{SFN(j+1)i}(t)$ zu den Beobachtungszeitpunkten t_{Bj} und $t_{B(j+1)}$,
- Berechnung (S50) des Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ zwischen der Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)})$ zum Beobachtungszeitpunkt $t_{B(j+1)}$ und der Phasenverschiebung $\Delta\Theta_i(t_{Bj})$ zum Beobachtungszeitpunkt t_{Bj} für jeden Sender S_i des Gleichwellennetzes,
- Erhöhung (S60) der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ um den Faktor 2π im Falle eines Absinkens der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ auf oder unter den Wert $-\pi$,
- Reduzierung (S65) der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ um den Faktor -2π im Falle einer Erhöhung der Phasenverschiebungsdifferenz $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ über den Wert π und
- Berechnung (S70) der Trägerfrequenzverschiebung $\Delta\omega_{ij}$ des Senders S_i zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders des Gleichwellennetzes zu mehreren Beobachtungszeitpunkten t_{Bj} ,

wiederholt durchgeführt werden und anschließend eine Mittelung (S80) aller im Verfahrensschritt (S70) jeweils berechneten Trägerfrequenzverschiebungen $\Delta\omega_{ij}$ jedes Senders S_i zur Trägerfrequenz ω_0 des Bezugssenders S_0 des Gleichwellennetzes zu den Beobachtungszeitpunkten t_{Bj} erfolgt.

9. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** die Mittelung (S80) aller im Verfahrensschritt (S70) berechneten Trägerfrequenzverschiebungen $\Delta\omega_{ij}$ jedes Senders S_i zur Trägerfrequenz ω_0 eines Bezugssenders S_0 des Gleichwellennetzes mit Hilfe eines rekursiven Verfahrens erfolgt.

10. Vorrichtung zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz (ω_i) von identischen Sendesignalen $s_i(t)$ mehrerer Sender ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) eines Gleichwellennetzes mit:

- einer Empfangseinrichtung (E),

• einer Einheit (11) zur Ermittlung einer Übertragungsfunktion ($H_{SFN}(f)$) eines Übertragungskanal von mehreren Sendern ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) des Gleichwellennetzes zu der innerhalb des Sendegebietes des Gleichwellennetzes befindlichen Empfangseinrichtung (E) aus den Koeffizienten eines in der Empfangseinrichtung (E) integrierten und an den Übertragungskanal angepaßten Entzerrers,

• einer Einheit (12) zur Durchführung einer inversen Fourier-Transformation an der Übertragungsfunktion ($H_{SFN}(t)$) zur Ermittlung einer Summenimpulsantwort ($h_{SFN}(t)$),

• einer Einheit (13) zur Herausfilterung einer Impulsantwort ($h_{SFNi}(t)$) für jeden Sender (S_i) aus der Summenimpulsantwort ($h_{SFN}(t)$), wobei die Summenimpulsantwort ($h_{SFN}(t)$) gemäß der Gleichung $h_{SFN}(t) =$

$$\sum_{i=0}^n h_{SFNi}(t) = \delta(t) + \sum_{i=0}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i} * \delta(t - \tau_i) \text{ gebildet wird, wobei}$$

v_i die Amplitude des zum Sender S_i gehörigen Empfangssignals $e_i(t)$,

$\Delta\Theta_i$ die Phasenverschiebung zwischen dem zum Sender S_i gehörigen Empfangssignals $e_i(t)$ und dem zum Bezugssender S_0 gehörigen Empfangssignals $e_0(t)$ und

τ_i die Laufzeitdifferenz zwischen Sender S_i und Bezugssender S_0 ist,

• einer Einheit (14) zur Ermittlung des Phasenverlaufs ($\arg(h_{SFNi}(t))$) der Impulsantwort ($h_{SFNi}(t)$) für jeden Sender (S_i),

• einer Einheit (15) zur Berechnung der Phasenverschiebungsdifferenz ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)} - t_{Bj})$) der Phasenverschiebung ($\Delta\Theta_i$) eines Senders (S_i) zu einem Bezugssender (S_0) zu zumindest zwei verschiedenen Zeitpunkten ($(t_{Bj}, t_{B(j+1)})$) und der Trägerfrequenzverschiebung ($\Delta\omega_i$) jedes Senders (S_i) zur Trägerfrequenz (ω_0) des Bezugssenders (S_0) und

• einer Einheit (2) zur Darstellung der berechneten Trägerfrequenzverschiebung ($\Delta\omega_i$) jedes Senders (S_i) zur Trägerfrequenz (ω_0) des Bezugssenders (S_0) des Gleichwellennetzes.

11. Vorrichtung zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz (ω_i) von identischen Sendesignalen $s_i(t)$ mehrerer Sender ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) eines Gleichwellennetzes mit:

• einer Empfangseinrichtung, (E),

• einer Einheit (16) zur Ermittlung einer Übertragungsfunktion ($H_{SFN}(f)$) aus Pilotträgern der Empfangssignale ($e_i(t)$),

• einer Einheit (12) zur Durchführung einer inversen Fourier-Transformation an der Übertragungsfunktion ($H_{SFN}(f)$) zur Ermittlung einer Summenimpulsantwort ($h_{SFN}(t)$),

• einer Einheit (13) zur Herausfilterung einer Impulsantwort ($h_{SFNi}(t)$) für jeden Sender (S_i) aus der Summenimpulsantwort ($h_{SFN}(t)$), wobei die Summenimpulsantwort ($h_{SFN}(t)$) gemäß der Gleichung $h_{SFN}(t) =$

$$\sum_{i=0}^n h_{SFNi}(t) = \delta(t) + \sum_{i=0}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i} * \delta(t - \tau_i) \text{ gebildet wird, wobei}$$

v_i die Amplitude des zum Sender S_i gehörigen Empfangssignals $e_i(t)$,

$\Delta\Theta_i$ die Phasenverschiebung zwischen dem zum Sender S_i gehörigen Empfangssignals $e_i(t)$ und dem zum Bezugssender S_0 gehörigen Empfangssignals $e_0(t)$ und

τ_i die Laufzeitdifferenz zwischen Sender S_i und Bezugssender S_0 ist.

• einer Einheit (14) zur Ermittlung des Phasenverlaufs ($\arg(h_{SFNi}(t))$) der Impulsantwort ($h_{SFNi}(t)$) für jeden Sender (S_i),

• einer Einheit (15) zur Berechnung der Phasenverschiebungsdifferenz ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)} - t_{Bj})$) der Phasenverschiebung ($\Delta\Theta_i$) eines Senders (S_i) zu einem Bezugssender (S_0) zu zumindest zwei verschiedenen Zeitpunkten ($(t_{Bj}, t_{B(j+1)})$) und der Trägerfrequenzverschiebung ($\Delta\omega_i$) jedes Senders (S_i) zur Trägerfrequenz (ω_0) des Bezugssenders (S_0) und

• einer Einheit (2) zur Darstellung der berechneten Trägerfrequenzverschiebung ($\Delta\omega_i$) jedes Senders (S_i) zur Trägerfrequenz (ω_0) des Bezugssenders (S_0) des Gleichwellennetzes.

12. Vorrichtung zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet,

daß die Einheit (2) zur Darstellung der berechneten Trägerfrequenzverschiebung ($\Delta\omega_i$) jedes Senders (S_i) zur Trägerfrequenz (ω_0) des Bezugssenders (S_0) eine tabellarische und/oder grafische Darstellungseinrichtung aufweist.

5

Claims

1. A method for monitoring the stability of the carrier frequency (ω_i) of identical transmitted signals ($s_i(t)$) of several transmitters ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) of a single-frequency network by evaluating the phase position of a received signal ($e_i(t)$) associated with a transmitted signal ($s_i(t)$) of a transmitter (S_i) with reference to a received signal ($e_0(t)$) of a reference transmitter (S_0), both of which are received by a receiver device (E) positioned within the transmission range of the single-frequency network,

characterised in that

a calculation (S70) of a carrier-frequency displacement ($\Delta\omega_i$) of a carrier frequency (ω_i) of a transmitter (S_i) relative to a reference carrier frequency (ω_0) of the reference transmitter (S_0) is implemented from a phase-displacement difference ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) caused by the carrier-frequency displacement ($\Delta\omega_i$) of this transmitter between a phase displacement ($\Delta\Theta_i(t_{B2})$) at least at one second observation time (t_{B2}) and a phase displacement ($\Delta\Theta_i(t_{B1})$) at a first observation time (t_{B1}) of a received signal ($e_i(t)$) of this transmitter (S_i) associated with the transmitted signal ($s_i(t)$) relative to a received signal ($e_0(t)$) of the reference transmitter (S_0) associated with the transmitted signal ($s_0(t)$).

2. The method for monitoring the stability of the carrier frequency according to claim 1, **characterised in that** the calculation (S70) of the carrier-frequency displacement ($\Delta\omega_i$) of the carrier frequency (ω_i) of the transmitter (S_i) relative to the carrier frequency (ω_0) of the reference transmitter (S_0) from the phase-displacement difference ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) is preceded by the procedural stages listed below:

- determination (S10) of a transmission function ($H_{SFN}(f)$) of the transmission channel from the transmitters ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) to the receiver device (E),
- calculation (S20) of a characteristic of a complex, time-discrete, summated impulse response ($h_{SFN1}(t)$) at the first observation time (t_{B1}) and a characteristic of a complex, time-discrete, summated impulse response ($h_{SFN2}(t)$) at the second observation time (t_{B2}) of the transmission channel respectively from the transmission function ($H_{SFN}(f)$) of the transmission channel,
- filtering out (S30) of a characteristic of a complex impulse response ($h_{SFN1i}(t)$) at the first observation time (t_{B1}) and of a characteristic of a complex impulse response ($h_{SFN2i}(t)$) at the second observation time (t_{B2}) for every transmitter (S_i) of the single-frequency network respectively from the characteristic of the complex, summated impulse response ($h_{SFN1}(t)$) at the first observation time (t_{B1}) and from the characteristic of the complex, summated impulse response ($h_{SFN2}(t)$) at the second observation time (t_{B2}),
- determination (S40) of a phase characteristic ($\arg(h_{SFN1i}(t))$) of the complex impulse response ($h_{SFN1i}(t)$) at the first observation time (t_{B1}) and of a phase characteristic ($\arg(h_{SFN2i}(t))$) of the complex impulse response ($h_{SFN2i}(t)$) at the second observation time (t_{B2}) for every transmitter (S_i) of the single-frequency network,
- calculation (S50) of the phase-displacement difference ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) between a phase displacement ($\Delta\Theta_i(t_{B2})$) at the second observation time (t_{B2}) and a phase displacement ($\Delta\Theta_i(t_{B1})$) at the first observation time (t_{B1}) by subtraction of a phase characteristic ($\arg(h_{SFN1i}(t))$) of the complex impulse response ($h_{SFN1i}(t)$) at the first observation time (t_{B1}) from a phase characteristic ($\arg(h_{SFN2i}(t))$) of the complex impulse response ($h_{SFN2i}(t)$) at the second observation time (t_{B2}) of the respective transmitter (S_i).

3. The method for monitoring the stability of the carrier frequency according to claim 2, **characterised by**

- increasing (S60) the phase-displacement difference ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) by the factor $2 \cdot \pi$ in the case of a decrease in the phase-displacement difference ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) to the value $-n$ or below and
- reducing (S65) the phase-displacement difference ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) by the factor $-2 \cdot \pi$ in the case of an increase in the phase-displacement difference ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) above the value π .

4. The method for monitoring the stability of the carrier frequency according to claim 2 or 3,

characterised in that,

in the case of digital terrestrial TV, the transmission function of the transmission channel from the transmitters ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) to the receiver device (E) is determined from the DVB-T symbols of scattered pilot carriers of received signals ($e_i(t)$) of the transmitters ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) modulated according to the orthogonal-frequency-division-multiplexing (OFDM) method.

5. The method for monitoring the stability of the carrier frequency according to claim 2,
characterised in that

the calculation (S20) of a characteristic of a complex, time-discrete, summated impulse response $\underline{h}_{SFN1/2}(t)$ at the discrete first observation time t_{B1} of the transmission channel is derived from the transmission function $H_{SFN}(f)$ of the transmission channel using the Fourier transform according to the formula:

$$\underline{h}_{SFN1/2}(t) = \sum_{k=0}^{N_F-1} H_{SFN}(k) * e^{j2\pi kt / N_F}$$

wherein

$H_{SFN}(f)$ denotes the transmission function or respectively the frequency response of the transmission channel,
 N_F denotes the number of sampling values for the discrete Fourier transform,
 k denotes the discrete frequency values,
 t denotes the sampling times of the time-discrete, summated impulse response of the transmission channel and
 $1/2$ denotes the index for the observation time t_{B1} or respectively t_{B2} .

6. The method for monitoring the stability of the carrier frequency according to claim 5,
characterised in that

the calculation (S50) of the phase-displacement difference ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) for each transmitter S_i of the single-frequency network is derived according to the formula:

$$\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) = (\arg(\underline{h}_{SFN2i}(t)) - (\arg(\underline{h}_{SFN1i}(t)))$$

wherein

i denotes the index for the transmitter S_i
 $\arg(\underline{h}_{SFN2i}(t))$ denotes the phase characteristic of the complex impulse response $\underline{h}_{SFN2i}(t)$ at the observation time t_{B2} of the transmitter S_i and
 $\arg(\underline{h}_{SFN1i}(t))$ denotes the phase characteristic of the complex impulse response $\underline{h}_{SFN1i}(t)$ at the observation time t_{B1} of the transmitter S_i .

7. The method for monitoring the stability of the carrier frequency according to claim 6,
characterised in that

the calculation (S70) of the carrier-frequency displacement $\Delta\omega_i$ of the transmitter S_i relative to the carrier frequency ω_0 of the reference transmitter of the single-frequency network is derived according to the formula:

$$\Delta\omega_i = \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) / (t_{B2}-t_{B1})$$

wherein

i denotes the index for the transmitter S_i ,
 $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ denotes the phase position difference $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ for the transmitter S_i of the single-frequency network and
 t_{B1} , t_{B2} denote the observation times.

8. The method for monitoring the stability of the carrier frequency according to claim 7,
characterised in that

to allow an unambiguous identification of the permanent carrier-frequency displacement $\Delta\omega_i$ of the transmitter S_i in the single-frequency network relative to the carrier frequency ω_0 of the reference transmitter S_0 at several observation times t_{Bj} , the following procedural stages are implemented repeatedly:

- calculation (S20) of the characteristic of the complex, time-discrete, summated impulse response $\underline{h}_{SFNj}(t)$ and $(\underline{h}_{SFN(j+1)}(t))$ at the observation times t_{Bj} and $t_{B(j+1)}$,
- filtering out (S30) of the characteristic of the complex impulse response $\underline{h}_{SFNji}(t)$ and $\underline{h}_{SFN(j+1)i}(t)$ at the observation times t_{Bj} and $t_{B(j+1)}$ for every transmitter S_i of the single-frequency network,
- determination (S40) of the phase characteristics $\arg(\underline{h}_{SFNji}(t))$ and $\arg(\underline{h}_{SFN(j+1)i}(t))$ of the complex impulse responses $\underline{h}_{SFNji}(t)$ and $\underline{h}_{SFN(j+1)i}(t)$ at the observation times t_{Bj} and $t_{B(j+1)}$,
- calculation (S50) of the phase-displacement difference $(\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj}))$ between the phase displacement $\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)})$ at the observation time $t_{B(j+1)}$ and the phase displacement $\Delta\Theta_i(t_{Bj})$ at the observation time t_{Bj} for every transmitter S_i of the single-frequency network,
- increasing (S60) the phase-displacement difference $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ by the factor $2*\pi$ in the case of a decrease in the phase-displacement difference $(\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj}))$ to the value $-\pi$ or below,
- reducing (S65) the phase-displacement difference $(\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj}))$ by the factor $-2*\pi$ in the case of an increase in the phase-displacement difference $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ above the value π and
- calculation (S70) of the carrier-frequency displacement $\Delta\omega_{ij}$ of the transmitter S_i relative to the carrier frequency ω_0 of the reference transmitter of the single-frequency network at several observation times t_{Bj} ;

and that following this, an averaging (S80) of all carrier-frequency displacements $\Delta\omega_{ij}$ of every transmitter S_i relative to the carrier frequency ω_0 of the reference transmitter S_0 of the single-frequency network calculated respectively in procedural stage (S70), is implemented at the observation times t_{Bj} .

9. The method for monitoring the stability of the carrier frequency according to claim 8,

characterised in that

the averaging (S80) of all carrier-frequency displacements $\Delta\omega_{ij}$ of every transmitter S_i relative to the carrier frequency ω_0 of a reference transmitter S_0 of the single-frequency network calculated in procedural stage (S70), is implemented using a recursive method.

10. A device for monitoring the stability of the carrier frequency (ω_0) of identical transmitted signals $s_i(t)$ of several transmitters ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) of a single-frequency network comprising:

- a receiver device (E),
- a unit (11) for determining a transmission function $H_{SFN}(f)$ of a transmission channel of several transmitters ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) of the single-frequency network to the receiver device (E) disposed within the transmission range of the single-frequency network from the coefficients of an equaliser integrated in the receiver device (E) and matched to the transmission channel,
- a unit (12) for implementing an inverse Fourier transform on the transmission function ($H_{SFN}(t)$) in order to determine a summated impulse response ($\underline{h}_{SFN}(t)$),
- a unit (13) for filtering out an impulse response ($\underline{h}_{SFNi}(t)$) for every transmitter (S_i) from the summated impulse response ($\underline{h}_{SFN}(t)$), wherein the summated impulse response ($\underline{h}_{SFN}(t)$) is obtained according to the equation:

$$\underline{h}_{SFN}(t) = \sum_{i=0}^n h_{SFNi}(t) = \delta(t) + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i} * \delta(t - \tau_i),$$

wherein

- v_i denotes the amplitude of the received signal $e_i(t)$ associated with the transmitter S_i
- $\Delta\Theta_i$ denotes the phase displacement between the received signal $e_i(t)$ associated with the transmitter S_i and the received signal $e_0(t)$ associated with the reference transmitter S_0 , and
- τ_i denotes the delay time difference between the transmitter S_i and the reference transmitter S_0 ,

- a unit (14) for determining the phase characteristic ($\arg(\underline{h}_{SFNi}(t))$) of the impulse response ($\underline{h}_{SFNi}(t)$) for every transmitter (S_i),
- a unit (15) for calculating the phase-displacement difference $(\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj}))$ of the phase displacement ($\Delta\Theta_i$) of a transmitter (S_i) relative to a reference transmitter (S_0) at least at two different times $((t_{B1}, t_{Bj+1}))$ and the carrier-frequency displacement ($\Delta\omega_i$) of every transmitter (S_i) relative to the carrier frequency (ω_0) of the reference transmitter (S_0) and
- a unit (2) for presenting the calculated carrier-frequency displacement ($\Delta\omega_i$) of every transmitter (S_i) relative

to the carrier frequency (ω_0) of the reference transmitter (S_0) of the single-frequency network.

11. The device for monitoring the stability of the carrier frequency (ω_i) of identical transmitted signals $s_i(t)$ of several transmitters ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) of a single-frequency network comprising:

- a receiver device (E),
- a unit (16) for determining a transmission function ($H_{SFN}(f)$) from pilot carriers of the received signal ($e_i(t)$),
- a unit (12) for implementing an inverse Fourier transform on the transmission function ($H_{SFN}(f)$) in order to determine a summated impulse response ($\underline{h}_{SFN}(t)$),
- a unit (13) for filtering out a impulse response ($\underline{h}_{SFNi}(t)$) for every transmitter (S_i) from the summated impulse response ($\underline{h}_{SFN}(t)$), wherein the summated impulse response ($\underline{h}_{SFN}(t)$) is obtained according to the equation:

$$\underline{h}_{SFN}(t) = \sum_{i=0}^n h_{SFNi}(t) = \delta(t) + \sum_{i=0}^n v_i * e^{j\Delta\theta_i} * \delta(t - \tau_i),$$

wherein

- v_i denotes the amplitude of the received signal $e_i(t)$ associated with the transmitter S_i
- $\Delta\theta_i$ denotes the phase displacement between the received signal $e_i(t)$ associated with the transmitter S_i and the received signal $e_0(t)$ associated with the reference transmitter S_0 , and
- τ_i denotes the delay time difference between the transmitter S_i and the reference transmitter S_0 ,

- a unit (14) for determining the phase characteristic ($\arg(\underline{h}_{SFNi}(t))$) of the impulse response ($\underline{h}_{SFNi}(t)$) for every transmitter (S_i),
- a unit (15) for calculating the phase-displacement difference ($\Delta\Delta\theta_i(t_{B(j+1)} - t_{Bj})$) of the phase displacement $\Delta\theta_i$ of a transmitter (S_i) relative to a reference transmitter (S_0) at least at two different times ($t_{Bj} - t_{B(j+1)}$) and the carrier-frequency displacement ($\Delta\omega_i$) of every transmitter relative to the carrier frequency (ω_0) of the reference transmitter (S_0) and
- a unit (2) for presenting the calculated carrier-frequency displacement ($\Delta\omega_i$) of every transmitter (S_i) relative to the carrier frequency (ω_0) of the reference transmitter (S_0) of the single-frequency network.

12. The device for monitoring the stability of the carrier frequency according to claim 10 or 11,

characterised in that

the unit (2) for presenting the calculated carrier-frequency displacement ($\Delta\omega_i$) of every transmitter (S_i) relative to the carrier frequency (ω_0) of the reference transmitter (S_0) comprises a tabular and/or graphic display device.

Revendications

1. Procédé de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse (ω_i) de signaux d'émission identiques ($s_i(t)$) de plusieurs émetteurs ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) d'un réseau synchronisé par évaluation de la position de phase d'un signal de réception ($e_i(t)$) associé à un signal d'émission ($s_i(t)$) d'un émetteur (S_i) par rapport à un signal de réception ($e_0(t)$) d'un émetteur de référence (S_0), qui sont tous deux reçus par une installation de réception (E) positionnée dans la zone d'émission du réseau synchronisé,

caractérisé en ce que

un calcul (S70) d'un décalage de fréquence porteuse ($\Delta\omega_i$) d'une fréquence porteuse (ω_i) d'un émetteur (S_i) est effectué par rapport à une fréquence porteuse de référence (ω_0) de l'émetteur de référence (S_0) à partir d'une différence de décalage de phase ($\Delta\Delta\theta_i(t_{B2} - t_{B1})$) provoquée par le décalage de la fréquence porteuse ($\Delta\omega_i$) de cet émetteur entre un décalage de phase ($\Delta\theta_i(t_{B2})$) à au moins un second instant d'observation (t_{B2}) et un décalage de phase ($\Delta\theta_i(t_{B1})$) à un premier instant d'observation (t_{B1}) d'un signal de réception ($e_i(t)$) associé au signal d'émission ($s_i(t)$) de cet émetteur (S_i) par rapport à un signal de réception ($e_0(t)$) associé au signal d'émission ($s_0(t)$) de l'émetteur de référence (S_0).

2. Procédé de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les étapes de procédé suivantes découlent du calcul (S70) du décalage de fréquence porteuse ($\Delta\omega_i$) de la fréquence porteuse (ω_i) de l'émetteur (S_i) par rapport à la fréquence porteuse (ω_0) de l'émetteur de référence (S_0) à partir de

la différence de phase ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) :

- la détermination (S10) d'une fonction de transmission ($H_{SFN}(f)$) du canal de transmission des émetteurs ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) vers l'installation de réception (E),
- le calcul (S20) d'un tracé d'une réponse d'impulsion de somme discrète dans le temps complexe ($\underline{h}_{SFN1}(t)$) à un premier instant d'observation (t_{B1}) et un tracé d'une réponse d'impulsion de somme discrète dans le temps complexe ($\underline{h}_{SFN2}(t)$) à un second instant d'observation (t_{B2}) du canal de transmission respectivement à partir de la fonction de transmission ($H_{SFN}(f)$) du canal de transmission,
- le filtrage (S30) d'un tracé d'une réponse d'impulsion complexe ($\underline{h}_{SFN2}(t)$) à un premier instant d'observation (t_{B1}) et d'un tracé d'une réponse d'impulsion complexe ($\underline{h}_{SFN1}(t)$) à un second instant d'observation (t_{B2}) pour chaque émetteur (S_i) du réseau synchronisé respectivement à partir du tracé de la réponse d'impulsion de somme complexe ($\underline{h}_{SFN1}(t)$) à un premier instant d'observation (t_{B1}) et à partir du tracé de la réponse d'impulsion de somme complexe ($\underline{h}_{SFN2}(t)$) à un second instant d'observation (t_{B2}),
- la détermination (S40) d'un déroulement de phase ($\arg(\underline{h}_{SFN1}(t))$) de la réponse d'impulsion complexe ($\underline{h}_{SFN1}(t)$) à un premier instant d'observation (t_{B1}) et d'un déroulement de phase ($\arg(\underline{h}_{SFN2}(t))$) de la réponse d'impulsion complexe ($\underline{h}_{SFN2}(t)$) à un second instant d'observation (t_{B2}) pour chaque émetteur (S_i) du réseau synchronisé,
- le calcul (S50) de la différence de décalage de phase ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) entre un décalage de phase ($\Delta\Theta_i(t_{B2})$) à un second instant d'observation (t_{B2}) et un décalage de phase ($\Delta\Theta_i(t_{B1})$) à un premier instant d'observation (t_{B1}) par soustraction d'un déroulement de phase ($\arg(\underline{h}_{SFN1}(t))$) de la réponse d'impulsion complexe ($\underline{h}_{SFN1}(t)$) à un premier instant d'observation (t_{B1}) d'un déroulement de phase ($\arg(\underline{h}_{SFN2}(t))$) de la réponse d'impulsion complexe ($\underline{h}_{SFN2}(t)$) à un second instant d'observation (t_{B2}) de l'émetteur respectif (S_i).

3. Procédé de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse selon la revendication 2, caractérisé par

- l'élévation (S60) de la différence de décalage de phase ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) au facteur $2*\pi$ dans le cas d'une chute de la différence de décalage de phase ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) à ou en dessous de la valeur $-\pi$ et
- la réduction (S65) de la différence de décalage de phase ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) du facteur $-2*\pi$ dans le cas d'une élévation de la différence de décalage de phase ($\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$) au-dessus de la valeur π .

4. Procédé de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que dans le cas de la radiodiffusion terrestre numérique, la fonction de transmission du canal de transmission des émetteurs ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) vers l'installation de réception (E) est déterminée à partir des symboles DVB-T des porteuses pilotes dispersées des signaux de réception ($e_i(t)$) modulés selon le procédé de multiplexage par répartition en fréquences orthogonales (OFDM) des émetteurs ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$).

5. Procédé de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse selon la revendication 2, caractérisé en ce que le calcul (S20) d'un tracé d'une réponse d'impulsion de somme discrète dans le temps complexe ($\underline{h}_{SFN1/2}(t)$) à un premier instant d'observation discret (t_{B1}) du canal de transmission est effectué à partir de la fonction de transmission ($H_{SFN}(f)$) du canal de transmission à l'aide de la Transformée de Fourier selon la formule

$$\underline{h}_{SFN1/2}(t) = \sum_{k=0}^{N_F-1} h_{SFN}(k) * e^{j2\pi kt/N_F}$$

où

$H_{SFN}(f)$ représente la fonction de transmission ou la réponse fréquentielle du canal de transmission,

N_F représente le nombre de valeurs échantillons pour la Transformée de Fourier discrète,

k représente les valeurs de fréquence discrètes,

t représente les temps d'échantillonnage de la réponse d'impulsion de somme discrète dans le temps du canal de transmission et

$1/2$ représente l'indice pour l'instant d'observation t_{B1} ou t_{B2} .

6. Procédé de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse selon la revendication 5, caractérisé en ce que le calcul (S50) de la différence de décalage de phase $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ pour chaque émetteur S_i du réseau synchronisé est effectué selon la formule

$$\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) = \arg(h_{SFN2i}(t)) - \arg(h_{SFN1i}(t))$$

où

i représente l'indice pour l'émetteur S_i ,

$\arg(h_{SFN2i}(t))$ représente le déroulement de phase de la réponse d'impulsion complexe $h_{SFN2i}(t)$ à un instant d'observation t_{B2} de l'émetteur S_i et

$$\arg(h_{SFN1i}(t))$$

représente le déroulement de phase de la réponse d'impulsion complexe $h_{SFN1i}(t)$ à un instant d'observation t_{B1} de l'émetteur S_i .

7. Procédé de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse selon la revendication si, **caractérisé en ce que** le calcul (S70) du décalage de la fréquence porteuse $\Delta\omega_i$ de l'émetteur S_i par rapport à la fréquence porteuse ω_0 de l'émetteur de référence du réseau synchronisé est effectué selon la formule

$$\Delta\omega_i = \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) / (t_{B2}-t_{B1})$$

où

i représente l'indice pour l'émetteur S_i , $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ représente la différence de position de phase $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ pour l'émetteur S_i du réseau synchronisé et

t_{B1} , t_{B2} représentent les instants d'observation.

8. Procédé de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** en vue d'une unique identification du décalage de fréquence porteuse durable $\Delta\omega_i$ de l'émetteur S_i dans le réseau synchronisé par rapport à la fréquence porteuse ω_0 de l'émetteur de référence S_0 à plusieurs instants d'observation t_{Bj} , les étapes de procédé suivantes sont répétées

- le calcul (S20) de tracé de la réponse d'impulsion de somme discrète dans le temps complexe $h_{SFNj}(t)$ et $h_{SFN(j+1)}(t)$ aux instants d'observation t_{Bj} et $t_{B(j+1)}$,
- le filtrage (S30) du tracé de la réponse d'impulsion complexe $h_{SFNji}(t)$ et $h_{SFN(j+1)i}(t)$ ($h_{SFN(j+1)i}(t)$) aux instants d'observation t_{Bj} et $t_{B(j+1)}$ pour chaque émetteur S_i du réseau synchronisé,
- la détermination (S40) des déroulements de phase $\arg(h_{SFNji}(t))$ et $\arg(h_{SFN(j+1)i}(t))$ des réponses d'impulsion complexe $h_{SFNji}(t)$ et $h_{SFN(j+1)i}(t)$ aux instants d'observation t_{Bj} et $t_{B(j+1)}$,
- le calcul (S50) de la différence de décalage de phase $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ entre le décalage de phase $\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)})$ à un instant d'observation $t_{B(j+1)}$ et le décalage de phase $\Delta\Theta_i(t_{Bj})$ à un instant d'observation t_{Bj} pour chaque émetteur S_i du réseau synchronisé,
- l'élévation (S60) de la différence de décalage de phase $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ au facteur $2*\pi$ dans le cas d'une chute de la différence de décalage de phase $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ à ou en dessous de la valeur $-\pi$,
- la diminution (S65) de la différence de décalage de phase $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ du facteur $-2*\pi$ dans le cas d'une élévation de la différence de décalage de phase $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$ au dessus de la valeur π et
- le calcul (S70) du décalage de fréquence porteuse $\Delta\omega_{ij}$ de l'émetteur S_i par rapport à la fréquence porteuse ω_0 de l'émetteur de référence du réseau synchronisé à plusieurs instants d'observation t_{Bj} ,

et ensuite un moyennage (S80) de tous les décalages de fréquence porteuse $\Delta\omega_{ij}$ respectifs calculés au cours de l'étape de procédé (S70) de chaque émetteur S_i par rapport à la fréquence porteuse ω_0 de l'émetteur de référence S_0 du réseau synchronisé aux instants d'observation t_{Bj} est effectué.

9. Procédé de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le moyennage (S80) de tous les décalages de fréquence porteuse $\Delta\omega_{ij}$ calculés au cours de l'étape de procédé (S70) de chaque émetteur S_i par rapport à la fréquence porteuse ω_0 d'un émetteur de référence S_0 du réseau synchronisé est effectué à l'aide d'un procédé récursif.

10. Dispositif de surveillance de la stabilité de fréquence porteuse (ω_i) de signaux d'émission identiques $s_i(t)$ de plusieurs émetteurs ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) d'un réseau synchronisé comportant :

- une installation de réception (E),
- une unité (11) pour déterminer une fonction de transmission ($H_{SFN}(f)$) d'un canal de transmission de plusieurs émetteurs ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) du réseau synchronisé vers l'installation de réception (E) se trouvant à l'intérieur de la zone d'émission du réseau synchronisé à partir des coefficients d'un égaliseur intégré dans l'installation de réception (E) et associé au canal de transmission,
- une unité (12) pour exécuter une transformée de Fourier inverse sur la fonction de transmission ($H_{SFN}(t)$) en vue de la détermination d'une réponse d'impulsion de somme $\underline{h}_{SFN}(t)$,
- une unité (13) pour filtrer une réponse d'impulsion ($\underline{h}_{SFNi}(t)$) pour chaque émetteur (S_i) à partir de la réponse d'impulsion de somme $\underline{h}_{SFN}(t)$, où la réponse d'impulsion de somme $\underline{h}_{SFN}(t)$ est formée selon l'équation

$$\underline{h}_{SFN}(t) = \sum_{i=0}^n \underline{h}_{SFNi}(t) = \delta(t) + \sum_{i=0}^n v_i * e^{j\Delta\theta_i} \delta(t - \tau_i)$$

où

- v_i est l'amplitude du signal de réception $e_i(t)$ associé à l'émetteur S_i ,
- $\Delta\theta_i$ est le décalage de phase entre le signal de réception $e_i(t)$ associé à l'émetteur S_i et le signal de réception $e_0(t)$ associé à l'émetteur de référence S_0 et
- τ_i est la différence du temps de propagation entre l'émetteur S_i et l'émetteur de référence S_0 ,
- une unité (14) pour déterminer un déroulement de phase ($\arg(\underline{h}_{SFNi}(t))$) de la réponse d'impulsion $\underline{h}_{SFNi}(t)$ pour chaque émetteur (S_i),
- une unité (15) pour calculer la différence de décalage de phase ($\Delta\Delta\theta_i(t_{B(j+1)} - t_{Bj})$) du décalage de phase ($\Delta\theta_i$) d'un émetteur (S_i) par rapport à un émetteur de référence (S_0) à au moins deux instants différents ($(t_{Bj}, t_{B(j+1)})$) et le décalage de fréquence porteuse ($\Delta\omega_i$) de chaque émetteur (S_i) par rapport à la fréquence porteuse (ω_0) de l'émetteur de référence (S_0) et
- une unité (2) pour représenter le décalage de fréquence porteuse calculé ($\Delta\omega_i$) de chaque émetteur (S_i) par rapport à la fréquence porteuse (ω_0) de l'émetteur de référence (S_0) du réseau synchronisé.

11. Dispositif de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse (ω_i) de signaux d'émission identiques $s_i(t)$ de plusieurs émetteurs ($S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$) d'un réseau synchronisé comportant :

- une installation de réception (E),
- une unité (16) pour déterminer une fonction de transmission ($H_{SFN}(f)$) à partir des porteuses pilotes des signaux de réception ($e_i(t)$),
- une unité (12) pour effectuer une Transformée de Fourier inverse sur la fonction de transmission ($H_{SFN}(f)$) pour déterminer une réponse d'impulsion de somme ($\underline{h}_{SFN}(t)$),
- une unité (13) pour filtrer une réponse d'impulsion ($\underline{h}_{SFNi}(t)$) pour chaque émetteur (S_i) à partir de la réponse d'impulsion de somme $\underline{h}_{SFN}(t)$, où la réponse d'impulsion de somme $\underline{h}_{SFN}(t)$ est formée à partir de l'équation

$$\underline{h}_{SFN}(t) = \sum_{i=0}^n \underline{h}_{SFNi}(t) = \delta(t) + \sum_{i=0}^n v_i * e^{j\Delta\theta_i} \delta(t - \tau_i)$$

où

- v_i est l'amplitude du signal de réception $e_i(t)$ associé à l'émetteur S_i ,
- $\Delta\theta_i$ est le décalage de phase entre le signal de réception $e_i(t)$ associé à l'émetteur S_i et le signal de réception $e_0(t)$ associé à l'émetteur de référence S_0 et
- τ_i est la différence de temps de propagation entre l'émetteur S_i et l'émetteur de référence S_0 ,
- une unité (14) pour déterminer le déroulement de phase ($\arg(\underline{h}_{SFNi}(t))$) de la réponse d'impulsion ($\underline{h}_{SFNi}(t)$) pour chaque émetteur (S_i),
- une unité (15) pour calculer la différence de décalage de phase ($\Delta\Delta\theta_i(t_{B(j+1)} - t_{Bj})$) du décalage de phase ($\Delta\theta_i$) d'un émetteur (S_i) par rapport à un émetteur de référence (S_0) à au moins deux instants différents ($(t_{Bj}, t_{B(j+1)})$) et le décalage de fréquence porteuse ($\Delta\omega_i$) de chaque émetteur (S_i) par rapport à la fréquence porteuse (ω_0)

EP 1 685 668 B1

de l'émetteur de référence (S_0) et

- une unité (2) pour représenter le décalage de fréquence porteuse calculé ($\Delta\omega_i$) de chaque émetteur (S_i) par rapport à la fréquence porteuse (ω_0) de l'émetteur de référence (S_0) du réseau synchronisé.

5 **12.** Dispositif de surveillance de la stabilité de la fréquence porteuse selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé en ce que**

l'unité (2) pour représenter le décalage de fréquence porteuse calculé ($\Delta\omega_i$) de chaque émetteur (S_i) par rapport à la fréquence porteuse (ω_0) de l'émetteur de référence (S_0) présente un dispositif de représentation tabellaire et/ou graphique.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

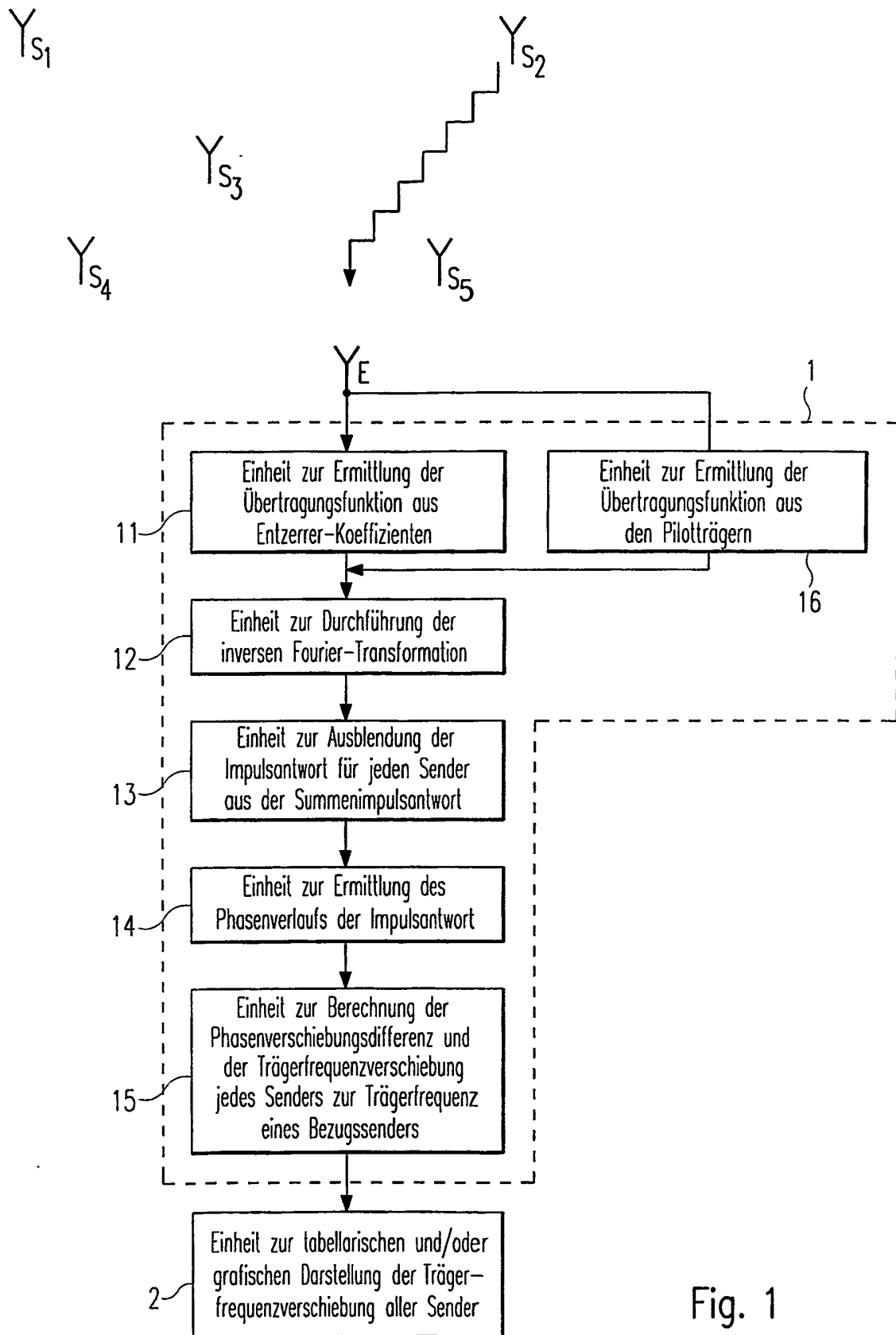


Fig. 1

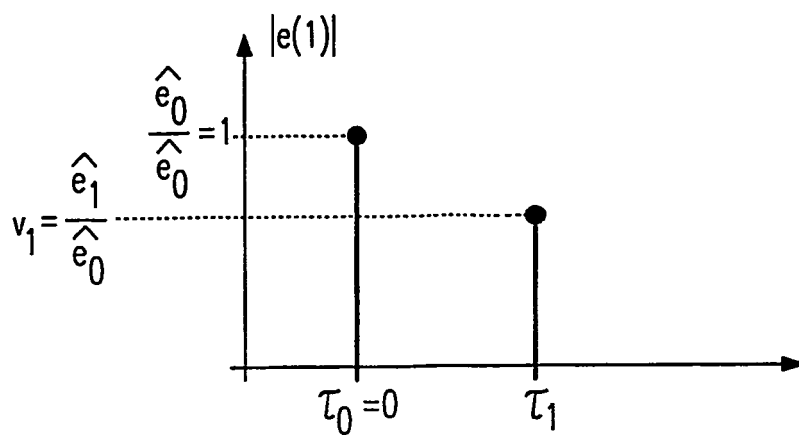


Fig. 2

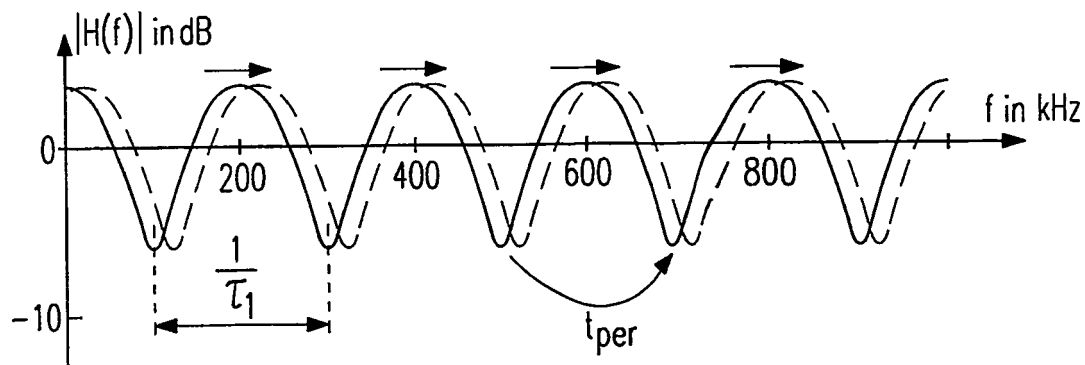


Fig. 3

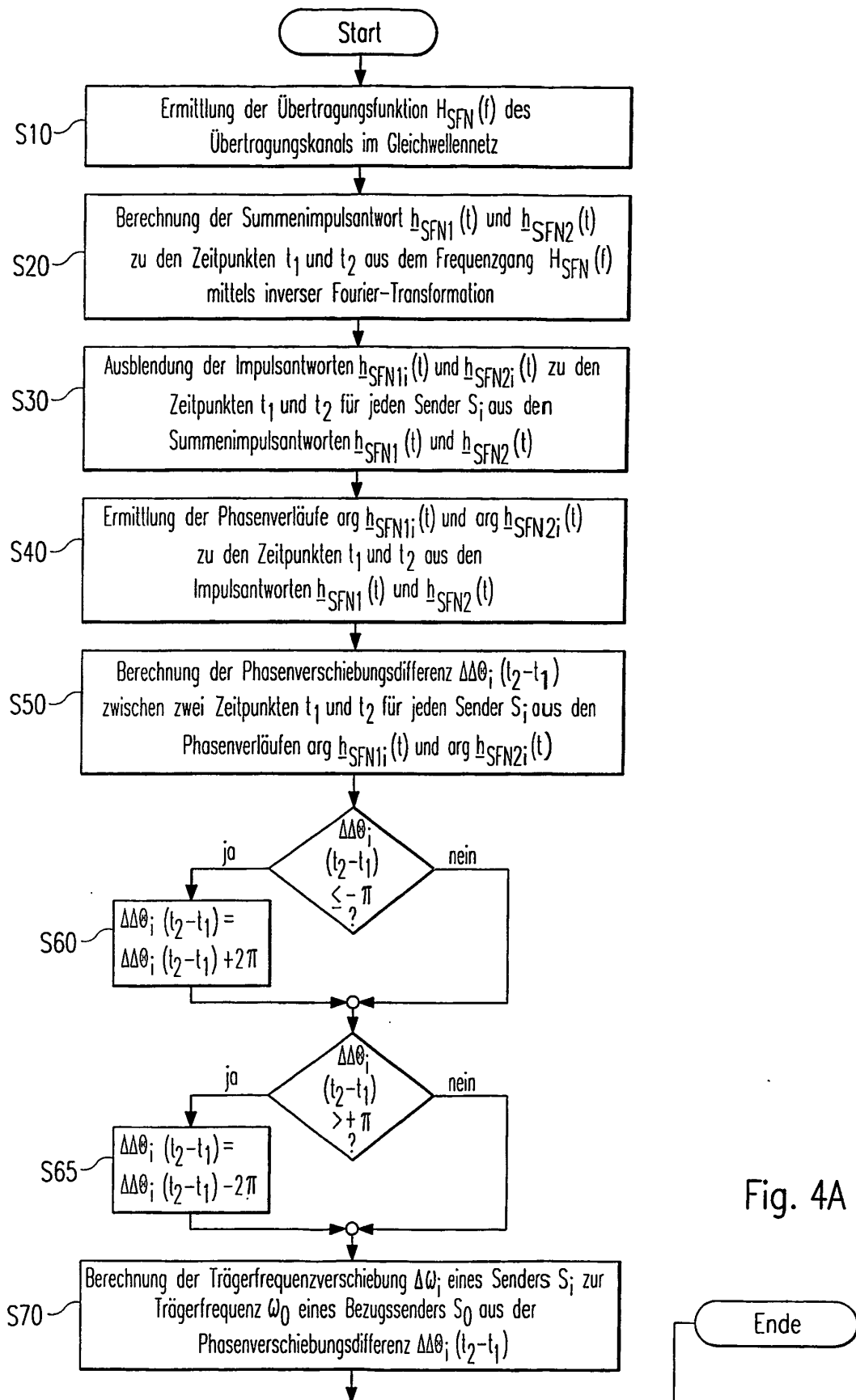


Fig. 4A

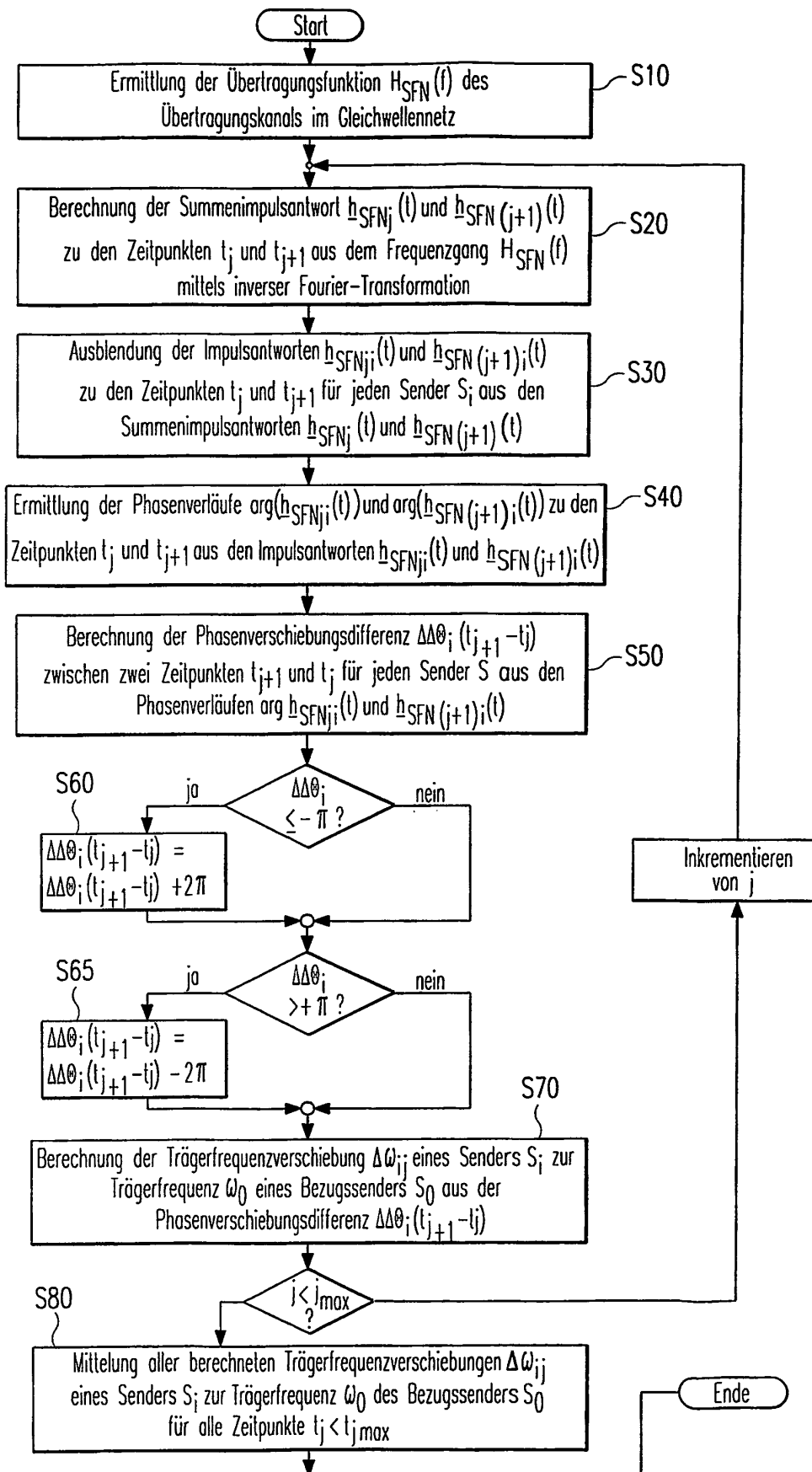
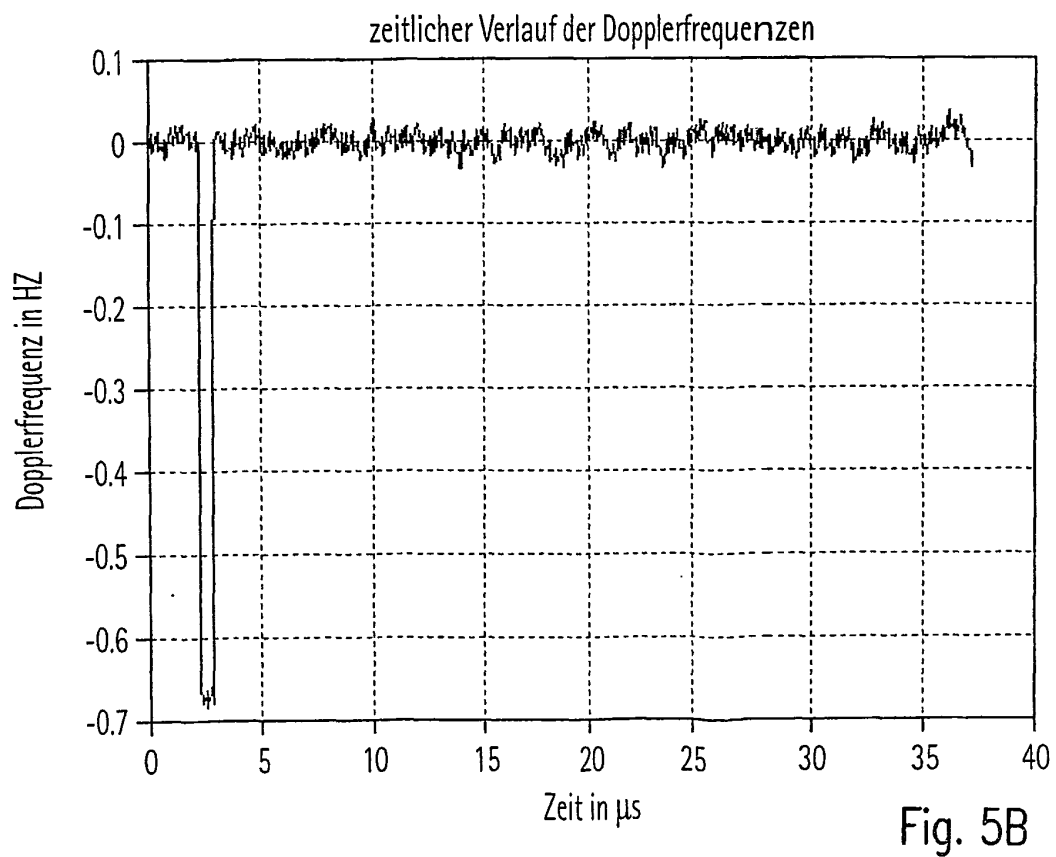
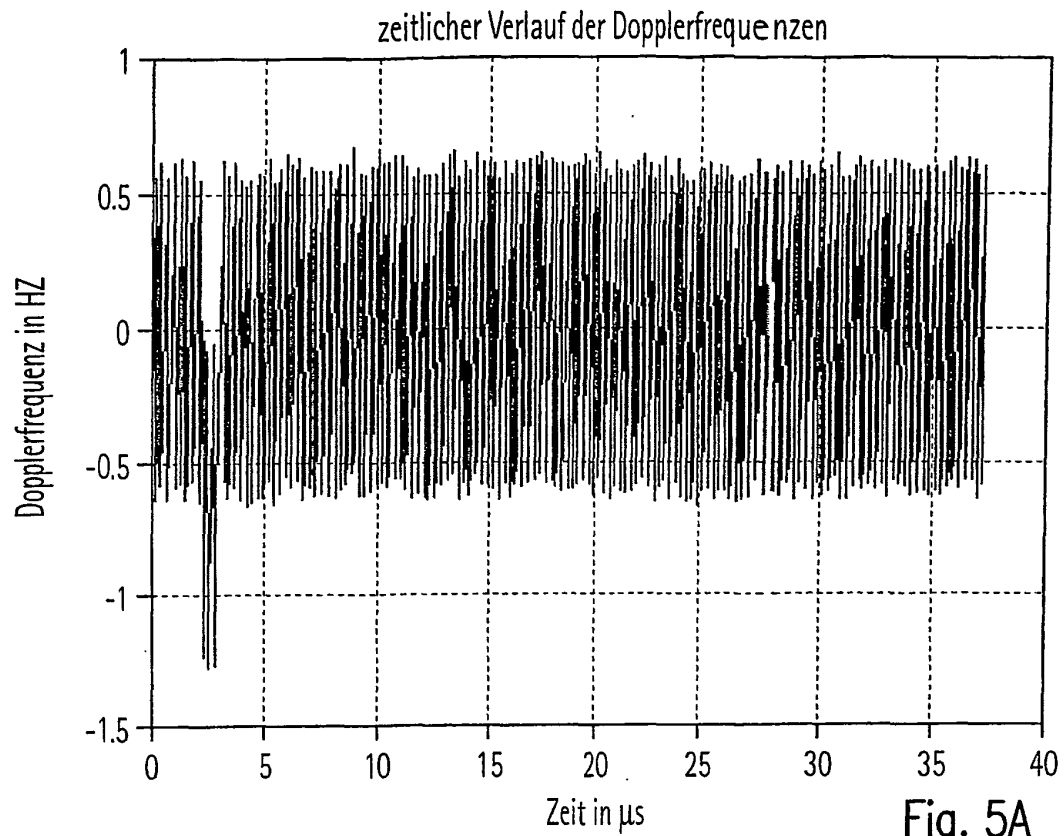


Fig. 4B



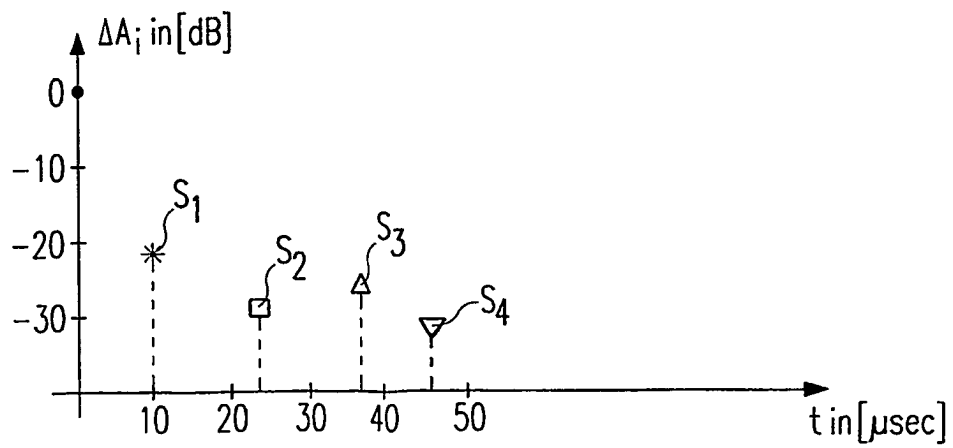
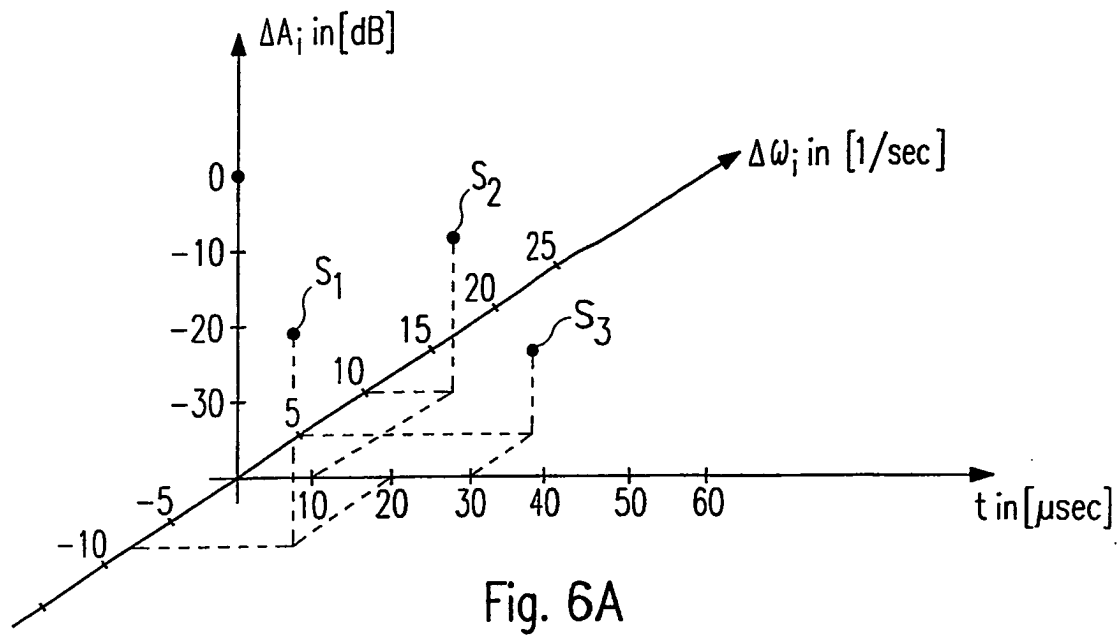


Fig. 6B

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

- DE 19937457 A1 [0004]
- DE 4341211 C1 [0005] [0006]