

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 1281/2008

(22) Anmeldetag: 18.08.2008

(43) Veröffentlicht am: 15.11.2009

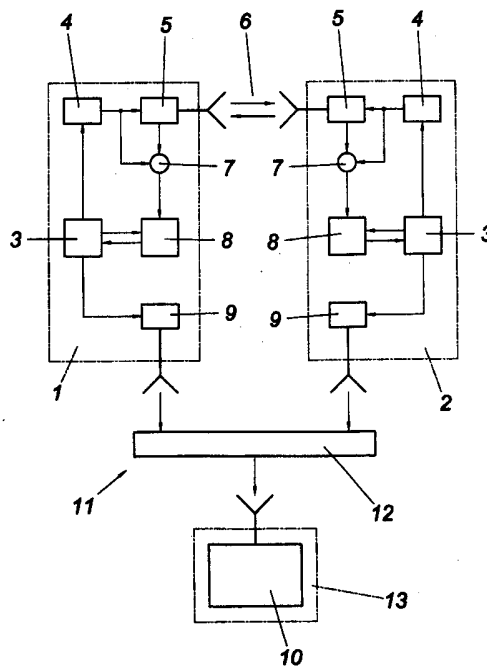
(51) Int. Cl.⁸: G01S 7/35 (2006.01),
G01S 13/34 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

UNIVERSITÄT LINZ
A-4040 LINZ (AT)

(54) **VORRICHTUNG ZUR BERÜHRUNGSLOSEN ABSTANDSMESSUNG ZWISCHEN ZWEI MESSSTELLEN**

(57) Es wird eine Vorrichtung zur berührungslosen Abstandsmessung zwischen wenigstens zwei Messstellen mit den Messstellen zugeordneten, durch eine Messfunkstrecke (6) miteinander verbundenen Messeinrichtungen (1, 2), die je eine Oszillatorstufe (4) zum Erzeugen eines im Sinne eines rampenförmigen Frequenzverlaufs frequenzmodulierten Messsignals, eine Sende- und Empfangseinheit (5) für die Messsignale, sowie eine an eine Auswertestufe (8) angeschlossene Mischeinheit (7) für die in der jeweiligen Messeinrichtung (1, 2) erzeugten und die von der anderen Messeinrichtung (2, 1) empfangenen Messsignale aufweist, und mit wenigstens einer an die Auswertestufen (8) der Messeinrichtungen (1, 2) angeschlossenen Rechnerstufe (10) zum Verrechnen der in den Auswertestufen ausgewerteten Messdaten und zur Ausgabe der errechneten Abstände beschrieben. Um vorteilhafte Konstruktionsverhältnisse zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass die Auswertestufe (8) zumindest einer der Messeinrichtungen (1, 2) an eine von der Sende- und Empfangseinheit (5) für die Messsignale gesonderte Sendeeinheit (9) zur drahtlosen Übermittlung der ausgewerteten Messdaten an die Rechnerstufe (10) angeschlossen ist.



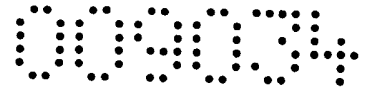
Patentanwälte
 Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
 Dipl.-Ing. Karl Winfried Hellmich
 Dipl.-Ing. Friedrich Jell
 Spittelwiese 7, A 4020 Linz

(36 103) II/pe

Z u s a m m e n f a s s u n g :

Es wird eine Vorrichtung zur berührungslosen Abstandsmessung zwischen wenigstens zwei Messstellen mit den Messstellen zugeordneten, durch eine Messfunkstrecke (6) miteinander verbundenen Messeinrichtungen (1, 2), die je eine Oszillatorstufe (4) zum Erzeugen eines im Sinne eines rampenförmigem Frequenzverlaufs frequenzmodulierten Messsignals, eine Sende- und Empfangseinheit (5) für die Messsignale, sowie eine an eine Auswertestufe (8) angeschlossene Mischeinheit (7) für die in der jeweiligen Messeinrichtung (1, 2) erzeugten und die von der anderen Messeinrichtung (2, 1) empfangenen Messsignale aufweist, und mit wenigstens einer an die Auswertestufen (8) der Messeinrichtungen (1, 2) angeschlossenen Rechnerstufe (10) zum Verrechnen der in den Auswertestufen ausgewerteten Messdaten und zur Ausgabe der errechneten Abstände beschrieben. Um vorteilhafte Konstruktionsverhältnisse zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass die Auswertestufe (8) zumindest einer der Messeinrichtungen (1, 2) an eine von der Sende- und Empfangseinheit (5) für die Messsignale gesonderte Sendeeinheit (9) zur drahtlosen Übermittlung der ausgewerteten Messdaten an die Rechnerstufe (10) angeschlossen ist.

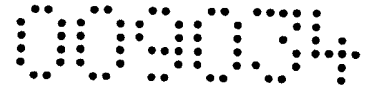
(Fig. 1)



(36 103)

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Berührungslosen Abstandsmessung zwischen wenigstens zwei Messstellen mit den Messstellen zugeordneten, durch eine Messfunkstrecke miteinander verbundenen Messeinrichtungen, die je eine Oszillatorstufe zum Erzeugen eines im Sinne eines rampenförmigem Frequenzverlaufs frequenzmodulierten Messsignals, eine Sende- und Empfangseinheit für die Messsignale, sowie eine an eine Auswertestufe angeschlossene Mischeinheit für die in der jeweiligen Messeinrichtung erzeugten und die von der anderen Messeinrichtung empfangenen Messsignale aufweist, und mit wenigstens einer an die Auswertestufen der Messeinrichtungen angeschlossnen Rechnerstufe zum Verrechnen der in den Auswertestufen ausgewerteten Messdaten und zur Ausgabe der errechneten Abstände.

Um eine vorteilhafte Radarmessung des Abstands zwischen zwei Messeinrichtungen sicherzustellen, ist es bekannt (DE 101 57 931 $\hat{A}1$), von einer der Messeinrichtungen ein frequenzmoduliertes Messsignal mit einem rampenartigen Frequenzverlauf auszusenden und dieses von der anderen Messeinrichtung empfangene Messsignal mit einem in der empfangenden Messeinrichtung in übereinstimmender Weise mit dem Messsignal erzeugten Vergleichssignal zu mischen, sodass sich zwischen dem Frequenzverlauf des in der empfangenden Messeinrichtung erzeugten Vergleichssignals und dem Frequenzverlauf des empfangenen Messsignals eine konstante, einerseits von der Laufzeit des Messsignals zwischen den beiden Messeinrichtungen und andererseits von der gegenseitigen zeitlichen Verschiebung zwischen Messsignal und Vergleichssignal abhängige Frequenzdifferenz ergibt, aus der der Abstand zwischen den Messeinrichtungen in bekannter Art ermittelt werden kann, wenn die zeitliche Verschiebung zwischen Messsignal und Vergleichssignal bekannt ist. Die Genauigkeit der für eine entsprechende Empfindlichkeit der Abstandsmessung notwendigen, zeit- und frequenzbezogenen Synchronisierung der



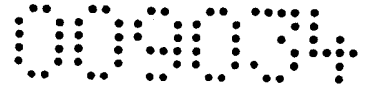
Oszillatoren für das Mess- und das Vergleichssignal ist allerdings erheblich, was einem vergleichsweise einfachen Aufbau entgegensteht.

Damit eine genaue zeitliche Abstimmung der Oszillatoren in den beiden Messeinrichtungen überflüssig wird, wurde bereits vorgeschlagen (Stefan Scheibelhofer et al. „Performance Analysis of Cooperative FMCW Radar Distance Measurement Systems“ in IEEE MTT-S International Microwave Symp. 2008, pp.121-124, Atlanta, USA Jun. 2008), die in beiden Messeinrichtungen übereinstimmend erzeugten Messsignale einerseits an die jeweils andere Messeinrichtung zu übertragen und andererseits mit dem jeweils empfangenen Messsignal zu mischen, um in beiden Messeinrichtungen über eine Auswertestufe die jeweilige Frequenzdifferenz zwischen den Rampen des Frequenzverlaufs der gesendeten und der empfangenen Messsignale zu ermitteln, weil durch eine Verrechnung dieser beiden jeweils von der Laufzeit der Messsignale und der zeitlichen Verschiebung zwischen den Messsignalen der beiden Messeinrichtungen abhängigen Frequenzdifferenzen die zeitliche Verschiebung eliminiert werden kann. Nachteilig ist vor allem, dass vergleichsweise aufwändige Vorkehrungen getroffen werden müssen, um die ausgewerteten Messdaten mit Hilfe der Empfangs- und Sendeeinheiten über die Messfunkstrecke zwischen den Messeinrichtungen zu übertragen.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs geschilderten Art zur berührungslosen Abstandsmessung zwischen wenigstens zwei Messstellen so auszugestalten, dass mit einem geringen Aufwand eine hochauflösende Abstandsmessung ermöglicht wird.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass die Auswertestufe zumindest einer der Messeinrichtungen an eine von der Sende- und Empfangseinheit für die Messsignale gesonderte Sendeeinheit zur drahtlosen Übermittlung der ausgewerteten Messdaten an die Rechnerstufe angeschlossen ist.

Durch das Vorsehen einer gesonderten Sendeeinheit für die Übertragung der ausgewerteten Messdaten können herkömmliche Protokolle für die Datenübertragung



eingesetzt werden, wodurch der konstruktive Aufwand sowohl auf der Senderseite als auch insbesondere auf der Empfängerseite vergleichsweise klein gehalten und auf bewährte Komponenten zurückgegriffen werden kann. Zur Datenübertragung selbst kann die Messfunkstrecke zwischen den Messeinrichtungen benützt werden, und zwar mit dem Vorteil der Nutzung einer für die Übertragung der Messsignale erforderlichen Funkstrecke. Wird die an die Auswertestufe angeschlossene Sendeeinheit über eine von der Messfunkstrecke zwischen den Messeinrichtungen gesonderte Datenübertragungsstrecke mit der Rechnerstufe verbunden, so kann die Messfunkstrecke zwischen den Messeinrichtungen ausschließlich für die Übertragung der Messsignale genützt werden, was eine vorteilhafte Voraussetzung für die genaue Erfassung von sich mit hoher Geschwindigkeit ändernden Abstandverhältnissen ist, weil die die Messfunkstrecke nicht durch die Übertragung der ausgewerteten Messdaten zusätzlich belastet und damit die Übertragungsrate der Messsignale eingeschränkt wird. Besonders vorteilhafte Verhältnisse ergeben sich in diesem Zusammenhang, wenn bereits bestehende Netze, vorzugsweise Funknetze für die mobile Kommunikation, eingesetzt und die hierfür bewährten Einrichtungen genützt werden, wodurch das mögliche Einsatzgebiet erheblich erweitert werden kann.

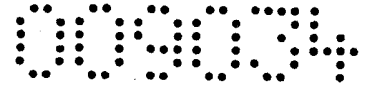
Die Rechnerstufe zur Verrechnung der hinsichtlich der Frequenzdifferenzen ausgewerteten Messdaten kann in an sich bekannter Weise zumindest einer Messeinrichtung zugeordnet werden und mit der Auswertestufe dieser Messeinrichtung zu einer gemeinsamen Rechneinheit zusammengefasst werden. Es eröffnet sich aber auch die Möglichkeit, eine von den Messeinrichtungen gesonderte Ausgabeeinrichtung mit der Rechnerstufe zur Verrechnung der ausgewerteten Messdaten vorzusehen, weil ja an diese Rechnerstufe lediglich die ausgewerteten Messwerte aus den Auswertestufen der Messeinrichtungen zu übermitteln sind, was unabhängig vom Messzeitpunkt auch mit einer zeitlichen Verzögerung erfolgen kann. Es ist nur darauf zu achten, dass die Zuordnung der in den beiden Messeinrichtungen ausgewerteten Messdaten nicht verloren geht.

In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es zeigen

- Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur berührungslosen Abstandmessung zwischen zwei Messstellen in einem vereinfachten Blockschaltbild,
 Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung einer Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung,
 Fig. 3 den zeitlichen Frequenzverlauf der gesendeten und empfangenen Messsignale der Messeinrichtung einer der beiden Messstellen und
 Fig. 4 den zeitlichen Frequenzverlauf der gesendeten und empfangenen Messsignale der Messeinrichtung der anderen Messstelle.

Gemäß der Fig. 1 sind die beiden je einer Messstelle zugeordneten Messeinrichtungen 1, 2 gleich aufgebaut und weisen je eine über eine Steuereinheit 3 ansteuerbare Oszillatorstufe 4 für ein Messsignal im Mikrowellenbereich auf, dessen Frequenz im Sinne eines rampenförmigen Frequenzverlaufs moduliert ist. Obwohl dies nicht zwingend ist, wird ein linearer Anstieg bzw. Abfall des Frequenzverlaufs angestrebt. Das frequenzmodulierte Messsignal wird einer Sende- und Empfangseinheit 5 zugeleitet. Die Sende- und Empfangseinheiten 5 der beiden Messeinheiten 1 und 2 sind durch eine Messfunkstrecke 6 miteinander verbunden. Das von der jeweils anderen Messeinrichtung 1, 2 empfangene Messsignal wird einer Mischeinheit 7 zugeführt, in der das empfangene Messsignal mit dem zu sendenden Messsignal gemischt wird, um eine an die Mischeinheit 7 angeschlossene Auswertestufe 8 mit dem Mischsignal zu beaufschlagen. Nach einer entsprechenden Auswertung des Mischsignals werden die ausgewerteten Messdaten über die Steuereinheit 3 nach einer entsprechenden Aufbereitung an eine Sendeeinheit 9 weitergeleitet, die mit einer Rechnerstufe 10 über eine von der Messfunkstrecke 6 gesonderte Datenübertragungsstrecke 11, insbesondere ein Funknetz 12 für mobile Kommunikation verbunden ist. Die ausgewerteten Messdaten der beiden Messeinrichtungen 1 und 2 werden daher der Rechnerstufe 10 zur Verrechnung und zur Ausgabe der errechneten Abstände zur Verfügung gestellt.

In den Fig. 3 und 4 sind die zeitlichen Frequenzverläufe der gesendeten und empfangenen Messsignale der beiden Messeinrichtungen 1 und 2 veranschaulicht. Aus der Fig. 3, die die Messeinrichtung 1 betrifft, erkennt man den rampenförmigen



Verlauf des Frequenzganges f_1 des zum Zeitpunkt t_0 gesendeten Messsignals. In der Fig. 4 ist der Frequenzverlauf f_2 des in der Messeinrichtung 2 gesendeten Messsignals ersichtlich. Dieses Messsignal wird gegenüber dem Messsignal der Messeinrichtung 1 um eine Zeitspanne T_{off} verzögert gesendet und erreicht nach einer Laufzeit τ die Messeinrichtung 1. Das in der Messeinrichtung 1 von der Messeinrichtung 2 empfangene Messsignal ist damit gegenüber dem Messsignal der Messeinrichtung 1 um eine Zeitspanne $T_{\text{off}} + \tau$ versetzt, was sich selbstverständlich auch in der Versetzung des Frequenzverlaufs f_2' des empfangenen Messsignals zeigt. Da wegen des parallelen Rampenverlaufs der Frequenzgänge f_1 und f_2' die Frequenzdifferenz $\Delta f_i = f_1 - f_2'$ konstant ist, ergibt sich die vorzeichenabhängige Frequenzdifferenz aus der bekannten Steigung k des rampenförmigen Frequenzverlaufs gemäß Fig. 3 zu

$$\Delta f_i = k(T_{\text{off}} + \tau).$$

In analoger Weise berechnet sich gemäß der Fig. 4 die Frequenzdifferenz Δf_{ii} aus den Frequenzverläufen f_2 und f_1' der gesendeten und der empfangenen Messsignale der Messeinrichtung 2 zu

$$\Delta f_{ii} = k(\tau - T_{\text{off}}).$$

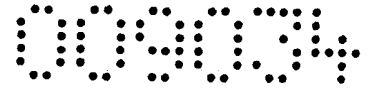
Werden die Frequenzdifferenzen Δf_i und Δf_{ii} durch eine Addition miteinander verrechnet, so ergibt sich die Laufzeit zu

$$\tau = (1/2k) (f_i + f_{ii})$$

und damit der Abstand d zwischen den beiden Messeinrichtungen 1 und 2 bei einer angenommenen Ausbreitungsgeschwindigkeit c_0 der elektromagnetischen Wellen zu

$$d = (c_0/2k) (f_i + f_{ii}).$$

Da aus den Mischsignalen die konstante Frequenzdifferenz beispielsweise durch eine Fourier-Transformation ermittelt werden kann, kann der Abstand d der beiden Messeinrichtungen 1, 2 voneinander unabhängig von der zeitlichen Verzögerung T_{off} der gesendeten Signale f_1 und f_2 bestimmt werden. Es ist lediglich für eine entsprechende Überlappung der Frequenzrampen der gesendeten und der empfangenen

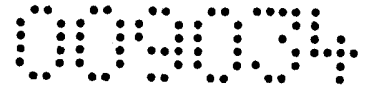


Messsignale und damit für eine entsprechende Größenordnung der Frequenzdifferenz zu sorgen, was unter Umständen eine grobe Vorsynchronisierung anhand der Zeitdifferenz zwischen gesendetem und empfangenem Messsignal erforderlich macht.

In den Auswertestufen 8 der beiden Messeinrichtungen 1 und 2 werden die Mischsignale im Sinne der Bestimmung der Frequenzdifferenzen Δf_i und Δf_{ij} ausgewertet, um die ausgewerteten Messsignale in der Rechnerstufe 10 zur Bestimmung des Abstandes d zu verrechnen. Wegen der gesonderten Datenübertragungsstrecke 11 für die Übertragung der ausgewerteten Messdaten wird die Messfunkstrecke 6 keiner zusätzlichen Belastung durch eine Datenübertragung unterworfen und bleibt für die Übertragung der Messsignale frei. Aufgrund der gesonderten Datenübertragungsstrecke 11 kann auch die Rechnerstufe 10 einer von den Messeinrichtungen 1, 2 gesonderten Ausgabeeinrichtung 13 zugeordnet werden.

Die Ausführungsform nach der Fig. 2 unterscheidet sich von der nach der Fig. 1 lediglich dadurch, dass die Rechnerstufe 10 einer der beiden Messeinrichtungen 1, 2 zugeordnet ist, sodass die Abstandsbestimmung in dieser Messeinrichtung, im Ausführungsbeispiel die Messeinrichtung 2, durchgeführt wird, und zwar wie im Zusammenhang mit den Fig. 3 und 4 beschrieben. Es können aber auch beiden Messeinrichtungen 1, 2 Rechnerstufen 10 zugeordnet werden, wie dies in der Fig. 2 für die Messeinrichtung 1 strichliert angedeutet ist. In diesem Fall ist für einen gegenseitigen Datenaustausch zwischen den beiden Messeinrichtungen 1 und 2 zu sorgen. Bei der Zuordnung der Rechnerstufe 10 zu den Messeinrichtungen 1, 2 kann die Rechnerstufe 10 mit der Auswertestufe 8 zu einer gemeinsamen Rechereinheit 14 zusammengefasst werden, die vorzugsweise auch die Steuereinheit 3 umfasst.

In der Fig. 2, ist strichpunktiert angedeutet, dass die Messfunkstrecke 6 auch für die Datenübertragung eingesetzt werden kann, wenn z. B. die Sendeeinheit 9 der Messeinrichtung 1 die Antenne der Messfunkstrecke 6 mit den entsprechend formatierten, ausgewerteten Messdaten beaufschlagt.

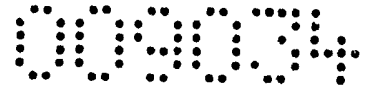


Patentanwälte
Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
Dipl.-Ing. Karl Winfried Hellmich
Dipl.-Ing. Friedrich Jell
Spittelwiese 7, A 4020 Linz

(36 103) II

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur berührungslosen Abstandsmessung zwischen wenigstens zwei Messstellen mit den Messstellen zugeordneten, durch eine Messfunkstrecke miteinander verbundenen Messeinrichtungen, die je eine Oszillatorstufe zum Erzeugen eines im Sinne eines rampenförmigem Frequenzverlaufs frequenzmodulierten Messsignals, eine Sende- und Empfangseinheit für die Messsignale, sowie eine an eine Auswertestufe angeschlossene Mischeinheit für die in der jeweiligen Messeinrichtung erzeugten und die von der anderen Messeinrichtung empfangenen Messsignale aufweist, und mit wenigstens einer an die Auswertestufen der Messeinrichtungen angeschlossenen Rechnerstufe zum Verrechnen der in den Auswertestufen ausgewerteten Messdaten und zur Ausgabe der errechneten Abstände, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertestufe (8) zumindest einer der Messeinrichtungen (1, 2) an eine von der Sende- und Empfangseinheit (5) für die Messsignale gesonderte Sendeeinheit (9) zur drahtlosen Übermittlung der ausgewerteten Messdaten an die Rechnerstufe (10) angeschlossen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die an die Auswertestufe (8) angeschlossene Sendeeinheit (9) über die Messfunkstrecke (6) zwischen den Messeinrichtungen (1, 2) mit der Rechnerstufe (10) verbunden ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die an die Auswertestufe (8) angeschlossene Sendeeinheit (9) über eine von der Messfunkstrecke (6) zwischen den Messeinrichtungen (1, 2) gesonderte Datenübertragungsstrecke (11) mit der Rechnerstufe (10) verbunden ist.



- 2 -

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenübertragungsstrecke (11) zwischen der Rechnerstufe (10) und wenigstens einer der Auswertestufen (8) der Messeinrichtungen (1, 2) Teil eines Funknetzes (12) für mobile Kommunikation ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechnerstufe (10) und die Auswertestufe (8) in zumindest einer Messeinrichtung (2) zu einer gemeinsamen Rechneinheit (14) zusammengefasst sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechnerstufe (10) einer von den Messeinrichtungen (1, 2) gesonderten Ausgabeeinrichtung (13) zugeordnet ist.

Linz, am 14. August 2008

Universität Linz
durch:

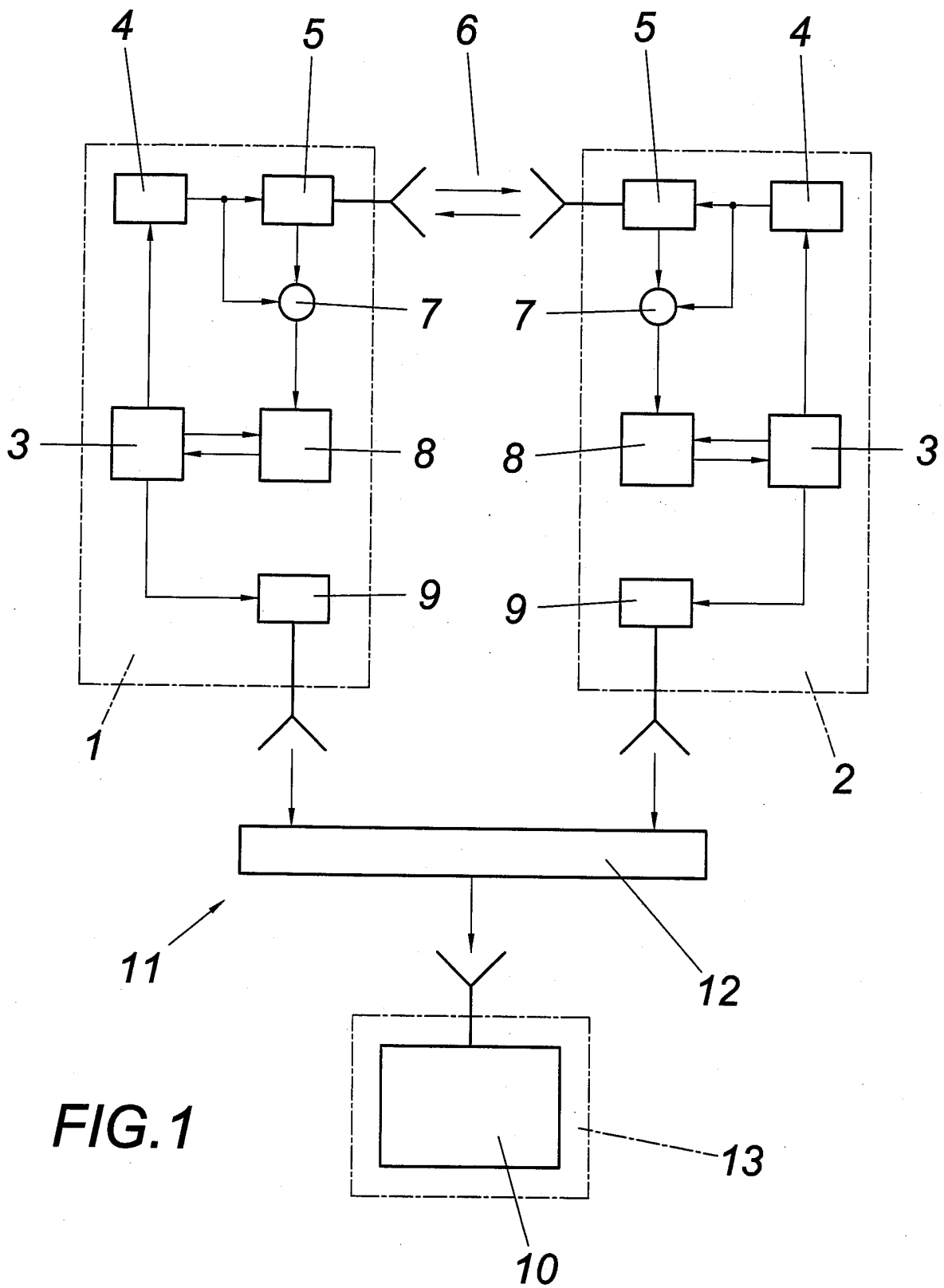
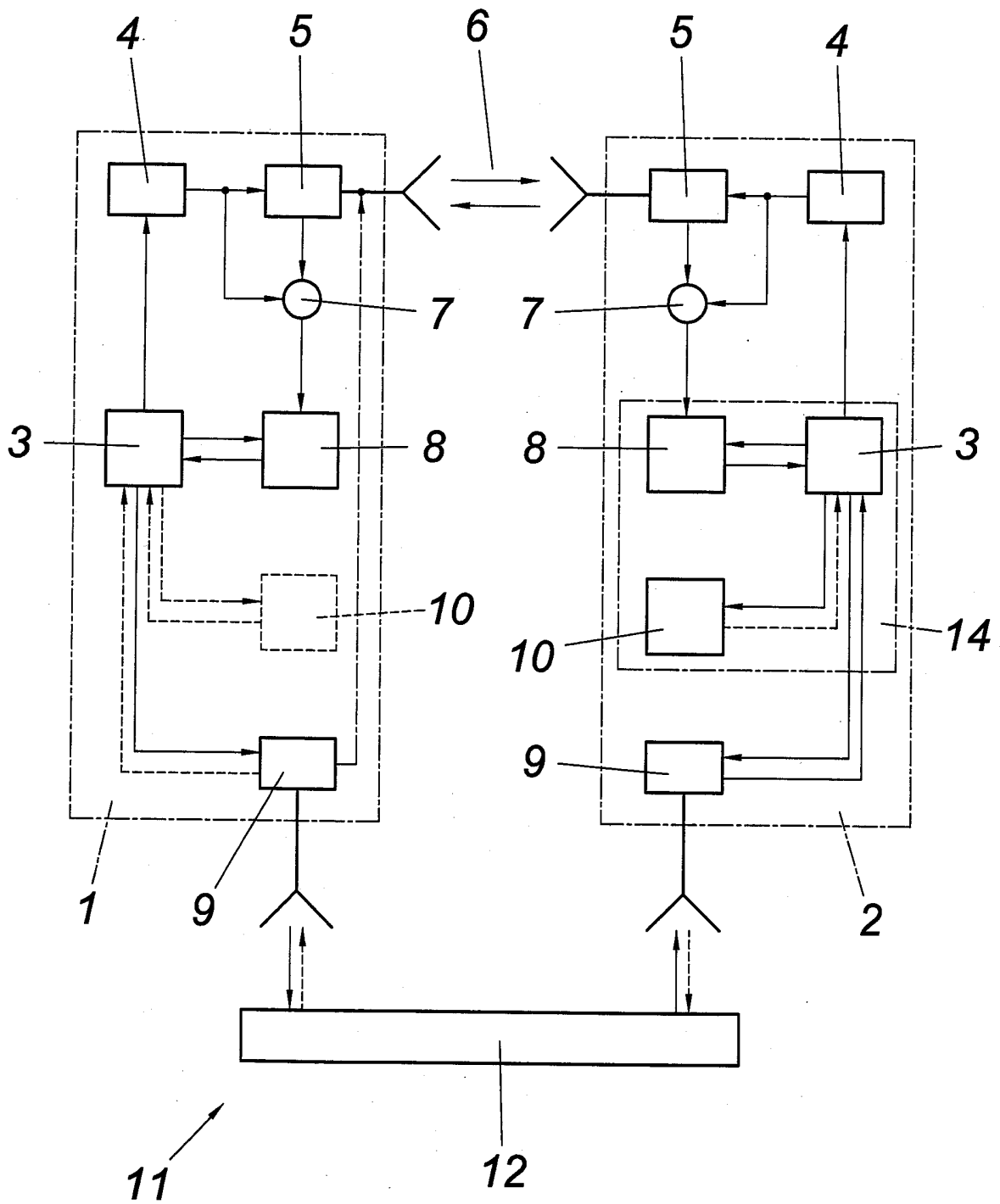


FIG. 1

FIG. 2



000034

FIG.3

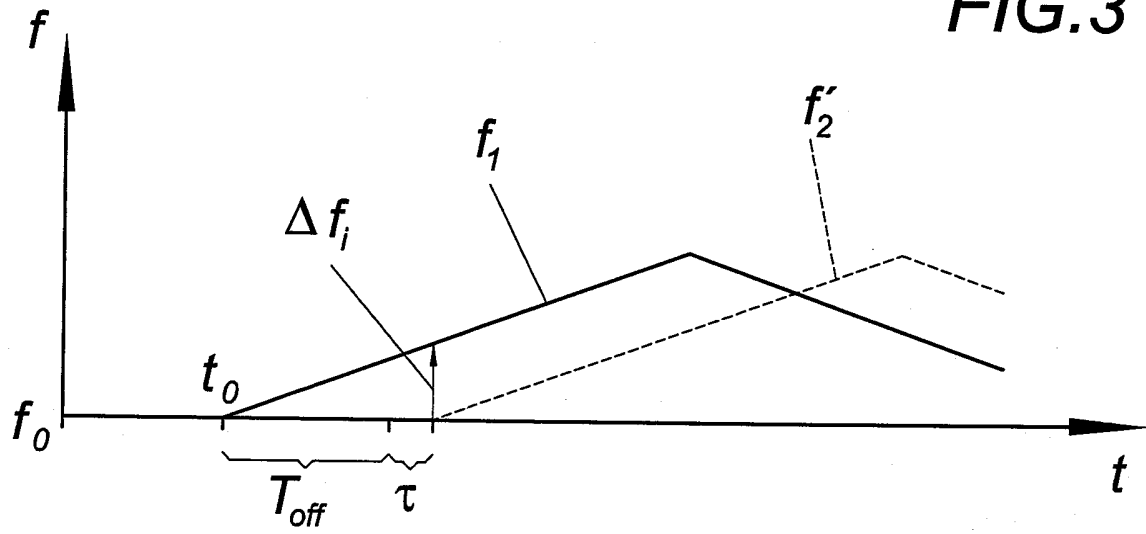


FIG.4

