CH 656 995 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 656 995 A5

(51) Int. Cl.⁴: H 04 B 1/54
H 04 B 7/26

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 2513/81

(22) Anmeldungsdatum: 15.04.1981

(24) Patent erteilt: 31.07.1986

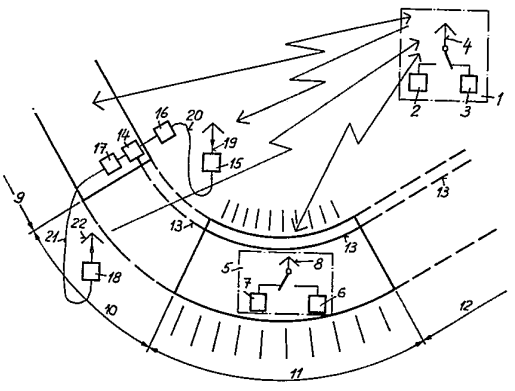
(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.07.1986

(73) Inhaber:
Autophon Aktiengesellschaft, Solothurn

(72) Erfinder:
Frölicher, Josef, Bellach
Reinhard, Max, Solothurn

(54) Funk-Relaiseinrichtung und Verwendung dieser Einrichtung.

(57) Bei einer Gleichwellen-Relaiseinrichtung (15, 16; 17, 18), in welcher das ausgesendete Signal frequenz- und phasenmässig genau mit dem empfangenen übereinstimmt, sind Empfangs- und Sendeteil (15, 16; 17, 18) räumlich getrennt und über Kabel (20, 21) miteinander verbunden. Auf den Kabeln (20, 21) werden Signale mit Frequenzen übertragen, die nur ein kleiner Bruchteil der empfangenen und gesendeten Frequenzen sind. Grössere Entfernungen zwischen Empfangs- und Sendeteil können somit mit wenig Dämpfung überbrückt werden. Die Relaiseinrichtung ist besonders geeignet zur Funk-Versorgung von Geländeeinschnitten (11) mittels einer Leckleitung (13), wo diese Leitung (13) auch Signale von ausserhalb des Einschnittes gelegenen Orten (22) empfängt und von der Leitung (13) abgestrahlte Signale an Orte (19) ausserhalb des Einschnitts gelangen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Einen Empfangsteil (15, 17) und einen Sendeteil (16, 18) enthaltende Funk-Relaiseinrichtung zur frequenzgleichen und phasenstarren Wiederaussendung eines empfangenen frequenz- oder phasenmodulierten Signals, wobei der Empfangsteil (15, 17) nach dem Überlagerungsprinzip arbeitet, gekennzeichnet durch eine räumlich getrennte Anordnung von Empfangsteil und Sendeteil, durch im Sende- oder im Empfangsteil enthaltene erste Schaltungsmittel (25; 26; 45, 46; 25, 60; 73, 59) zur Erzeugung eines ersten Signals, dessen Frequenz ein ganzzahliger Teiler des Überlagerungssignals (f2) ist, durch zweite, im Empfangsteil enthaltene Schaltungsmittel (28, 29; 28, 49; 28, 62 - 64; 28, 49, 75, 78) zur Erzeugung eines aus der Zwischenfrequenz (f3) abgeleiteten zweiten Signals, durch mindestens eine zwischen Empfangs- und Sendeteil verlaufende Leitung (20; 48, 51; 68; 76, 77) zur Übertragung der beiden Signale je von ihrem Erzeugungsort an den andern Teil und durch im Sendeteil (16) enthaltene dritte Schaltungsmittel (32, 33; 32, 52 - 58; 35, 69, 71, 72), welche aus den über die genannte Leitung eintreffenden Signalen das Sendesignal erzeugen.

2. Funk-Relaiseinrichtung nach dem Patentanspruch 1, in welcher die Überlagerungsfrequenz (f2) aus einem einen ganzzahligen Teiler dieser Frequenz aufweisenden Grundsignal (25) durch Vervielfachung (26) erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Schaltungsmittel (60, 59) zur Erzeugung des ersten Signals vom genannten Grundsignal (25) ausgehen.

3. Funk-Relaiseinrichtung nach dem Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Schaltungsmittel einen Zähler (46; 59) enthalten, welcher die Überlagerungsfrequenz (f2) oder einen ganzzahliger Teiler davon unterteilt.

4. Funk-Relaiseinrichtung nach dem Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Schaltungsmittel einen spannungsgesteuerten, die geteilte Frequenz erzeugenden Oszillator (60) und eine Phasenvergleichs-Schaltung (61) enthalten, welche Schaltung den Oszillator (60) in einer Weise regelt, gemäss welcher er mit der durch den Zähler (59) unterteilten Frequenz schwingt.

5. Funk-Relaiseinrichtung nach dem Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Schaltungsmittel (49; 62, 63; 49, 75) ein zweites Signal erzeugen, dessen Frequenz ein ganzzahliger Teiler des Zwischenfrequenzsignals (f2) ist.

6. Funk-Relaiseinrichtung nach dem Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Schaltungsmittel einen Zähler (49; 62) enthalten, welcher die Zwischenfrequenz (f2) unterteilt.

7. Funk-Relaiseinrichtung nach dem Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Schaltungsmittel einen spannungsgesteuerten, die geteilte Frequenz erzeugenden Oszillator (63) und eine Phasenvergleichs-Schaltung (64) enthalten, welche Schaltung den Oszillator (63) in einer Weise regelt, gemäss welcher er mit der durch den Zähler (62) unterteilten Frequenz schwingt.

8. Funk-Relaiseinrichtung nach den Patentansprüchen 3 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Schaltungsmittel einen spannungsgesteuerten (73) und die zweiten Schaltungsmittel einen eine feste Frequenz aufweisenden (75) Oszillator enthalten und dass eine Phasenvergleichs-Schaltung (78) vorhanden ist, welche das vom genannten Oszillator (75) mit fester Frequenz erzeugte Signal mit dem unterteilten (49) Zwischenfrequenzsignal (f3) vergleicht und mit Hilfe des spannungsgesteuerten Oszillators (73) die Überlagerungsfrequenz (f2) in einer Weise regelt, gemäss welcher das Zwischenfrequenzsignal (f3) konstant bleibt.

9. Funk-Relaiseinrichtung nach dem Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzen der beiden zwischen Empfangs- und Sendeteil übermittelten Signale einen solchen Abstand voneinander haben, dass je eine dem Sendeteil und dem Empfangsteil zugeordnete Frequenzweiche (30, 31) die Übermittlung der Signale zwischen Sende- und Empfangsteil über eine einzige Leitung (20) ermöglicht.

10. Funk-Relaiseinrichtung nach dem Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Teilverhältnis sowohl für die Zwischenfrequenz (62) als auch für die Überlagerungsfrequenz (26, 59) gleich gross ist, dass dem Empfangsteil eine Mischstufe (65) zur Mischung der beiden in ihrer Frequenz geteilten Signale und vierte Schaltungsmittel (66, 67, 68) zugeordnet sind, um die Summe der beiden gemischten Signale den dritten Schaltungsmitteln (69, 71, 72) zuzuführen.

11. Funk-Relaiseinrichtung nach dem Patentanspruch 10, gekennzeichnet durch eine in den vierten Schaltungsmitteln enthaltene Frequenzteil-Einrichtung (67), mit welcher die erzeugte Summen-Frequenz in einem ganzzahligen Verhältnis unterteilt wird.

12. Verwendung einer Funk-Relaiseinrichtung nach dem Patentanspruch 1 zur Übermittlung drahtloser Signale zwischen einer festen Sende-Empfangsstation (1) und in einem Geländeeinschnitt oder Tunnel (10, 11, 12) verkehrenden beweglichen Stationen (5), wobei die Übermittlung der Signale zwischen der Relaiseinrichtung (15, 16; 17, 18) und den beweglichen Stationen (5) über eine längs der Strecke verlaufende Leckleitung (13) bewerkstelligt wird.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Funk-Relaiseinrichtung mit einem Empfangsteil und einem Sendeteil. Solche Relaiseinrichtungen werden vorzugsweise benötigt, um in Funkanlagen mit einer festen Station und beweglichen Stationen den Funkverkehr zwischen der festen und einer beweglichen Station auch dann aufrechtzuerhalten, wenn sich die bewegliche Station in einem Tunnel befindet. Es ist bekannt, die im Tunnel befindlichen beweglichen Stationen durch eine Leckleitung mit Funk zu versorgen, wobei Relaiseinrichtungen je die Signale von einer die feste Station empfangenden Antenne an die Leckleitung und von der Leckleitung an eine nach der festen Station gerichtete Antenne übertragen. Sofern auf der ganzen Zufahrtsstrasse zum Tunnel ein direkter Verkehr zwischen den Fahrzeugen und der festen Station möglich ist, können die innerhalb der Tunnels verwendeten Frequenzen unabhängig von den im Verkehr mit der festen Station verwendeten gewählt werden. Es ist sowohl möglich, gänzlich verschiedene Frequenzen zu wählen und an den Fahrzeugen beim Eintritt in den Tunnel bzw. beim Austritt Sende- und Empfangsfrequenz umzuschalten oder die gleichen Nennfrequenzen zu verwenden. Im letztgenannten Fall sind an den Tunnelausgängen Verwirrungszonen zu erwarten, innerhalb welcher eine bewegliche Station gleichzeitig sowohl Signale von der festen Station als auch von der Leckleitung empfängt und in welcher an der festen Station gleichzeitig Signale der beweglichen Station und der Relaiseinrichtung empfangen werden. Unter den gemachten Voraussetzungen sind jedoch diese Verwirrungszonen nur kurz und stören in der Praxis nicht. Sofern in der Relaiseinrichtung das empfangene Signal vollständig demoduliert wird, können der Empfangs- und der Sendeteil beliebig weit voneinander aufgestellt werden, da zwischen den beiden Teilen lediglich ein Niederfrequenzsignal übertragen wird.

Die erwähnten Voraussetzungen betreffend Furkversorgung der Zufahrtsstrasse zum Tunnel sind jedoch nicht immer erfüllt. Bei Verkehrswegen mit Tunneln und Geländeeinschnitten sind oft in den Einschnitten abwechslungsweise Stellen vorhanden, an denen direkte Verbindungen mit der festen Station möglich sind. Sofern die Funkversorgung lückenlos sein soll, müssen auch solche Einschnitte mit Leckleitungen versehen werden. Sofern, um das Umschalten an der beweglichen Station zu vermeiden, im Tunnel und den Einschnitten dieselben

Sende- und Empfangsfrequenzen verwendet werden sollen wie im Verkehr mit der festen Station, entstehen in den Einschnitten Verwirrungszonen. Solche Verwirrungszonen könen nur durch frequenzgenaue und phasenstarre Übertragung der Signale über die Relaiseinrichtungen vermieden werden.

Die Aufgabe, empfangene Signale frequenzgenau und phasenstarr wiederum auszusenden stellt sich auch, wenn Verbindungen zwischen einer festen Station und beweglichen Stationen hergestellt werden sollen, obwohl wegen der Schattenwirkung von Gebäuden keine direkten Verbindungen möglich sind.

Eine grundsätzliche Schwierigkeit liegt dabei in der Verhinderung der Rückkopplung zwischen Sende- und Empfangsteil.

Eine Lösung der beschriebenen Aufgabe ist beispielsweise im Artikel «Common-Frequency Radio Relaying» von J.R. Brinkley, erschienen im März 1967 in «Wireless World», beschrieben. In jener Relaiseinrichtung, die für die Versorgung von Gebieten mit durch Gebäude beeinträchtigtem Empfang bestimmt ist, sind Sende- und Empfangsteil im gleichen Gehäuse angeordnet. Die Einrichtung arbeitet im Frequenzbereich von 460 MHz. Im Empfangsteil wird dabei das Überlagerungsprinzip angewendet, und im Sendeteil wird die Sendefrequenz durch Mischung der Überlagerungsfrequenz mit der Zwischenfrequenz erzeugt. Die Rückkopplung wird dort durch Richtantennen verhindert, welche verschiedene Polarisation aufweisen und gegeneinander durch Gebäudeteile oder Metallgitter abgeschirmt, jedoch verhältnismässig nahe beieinander angeordnet sind. Auf diese Weise kann eine Verstärkung der Relaiseinrichtung von 100 dB beherrscht werden.

Sollen Strassenabschnitte, welche in Einschnitten liegen, über eine Leckleitung mit Signalen versorgt werden, welche frequenzgleich und phasenstarr den von einer festen Station ausgesendeten bzw. empfangenen Signalen entsprechen, können zur Vermeidung von Rückkopplung nicht die gleichen Grundsätze angewendet werden, welche für die bekannten Anlagen gelten. Es ist in erster Linie notwendig, die Antenne zum Empfang des Signals von der festen Station und den Punkt zur Einspeisung des von der Relaiseinrichtung ausgesendeten Signals in die Leckleitung bzw. den Punkt der Signalentnahme aus der Leckleitung und die nach der festen Station sendende Antenne je in angemessener Entfernung voneinander anzuordnen. Soll dabei eine Relaiseinrichtung der bekanntgewordenen Art angewendet werden, fallen die langen an deren Ein- und/oder Ausgang anzuschliessenden Kabel ins Gewicht, da bei einer Frequenz von beispielsweise 460 MHz die auf die Länge bezogene Dämpfung beträchtlich ist. Ausser dem Aufwand für lange Koaxialkabel fällt die notwendige hohe Verstärkung in der Relaiseinrichtung ins Gewicht, welche die Gefahr von Rückkopplung innerhalb der Relaiseinrichtung schafft.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht nun durch Herabsetzung der über eine längere Strecke zu übertragenden Frequenzen, entsprechende Übertragungsverluste zu vermindern und/oder gegebenenfalls weniger aufwendige Leitungen vorzusehen.

Die Erfindung betrifft — wie bereits eingangs erwähnt wurde — eine Funk-Relaiseinrichtung mit einem Empfangs- und einem Sendeteil. Diese Relaiseinrichtung dient zur frequenzgleichen und phasenstarren Wieder-Aussendung eines empfangenen frequenz- oder phasenmodulierten Signals. Der Empfangsteil arbeitet dabei nach dem Überlagerungsprinzip.

Die Relaiseinrichtung nach der Erfindung ist gekennzeichnet durch eine räumlich getrennte Anordnung von Empfangsteil und Sendeteil. Weitere Kennzeichen sind im Sende- oder im Empfangsteil enthaltene erste Schaltungsmittel zur Erzeugung eines ersten Signals, dessen Frequenz ein ganzzahliger Teiler des Überlagerungssignals ist. Die Funk-Relaiseinrichtung ist weiter gekennzeichnet durch zweite, im Empfangsteil enthaltene Schaltungsmittel zur Erzeugung eines aus der Zwischenfrequenz abgeleiteten zweiten Signals und mindestens eine zwischen Empfangs- und Sendeteil verlaufende Leitung zur Übertragung der beiden Signale je von ihrem Erzeugungsort an den andern Teil. Weitere Kennzeichen sind im Sendeteil enthaltene dritte Schaltungsmittel, welche aus den über die genannte Leitung eintreffenden Signalen das Sendesignal erzeugen. Der Ausdruck «ganzzahliger Teiler» umfasst dabei auch den Teiler eins, d.h. die Übertragung eines unveränderten Signals.

In besonderen Ausführungsformen der Erfindung ist zwischen Sende- und Empfangsteil nur eine einzige Leitung notwendig.

Die Erfindung betrifft auch die Verwendung einer Funk-Relaiseinrichtung der beschriebenen Art in einer Anlage mit Tunneln und Einschnitten.

Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels mit vier Varianten erklärt.

Die Figur 1 zeigt schematisch eine zum Teil in einem Tunnel verlaufende Strasse und Funkeinrichtungen, die es ermöglichen, von einer festen Station aus Funkverbindungen mit beweglichen Stationen in- und ausserhalb des Tunnels herzustellen.

Die Figuren 2 bis 4 zeigen schematisch das Blockschema je einer Variante einer für die Übertragung von Signalen in einer einzigen Richtung bestimmten Relaiseinrichtung.

Die Figur 5 zeigt das Blockschema des Empfangsteils einer vierten Variante einer für die Übertragung von Signalen in einer einzigen Richtung bestimmten Relaiseinrichtung.

Eine feste Funkstation 1, welche einen Sender 2, einer Empfänger 3 und eine Antenne 4 aufweist, ist derart aufgestellt, dass sie den Funkverkehr mit beweglichen, auf ein grosses Gebiet verteilten Stationen 5 abwickeln kann. Eine solche bewegliche Station 5 enthält einen Sender 6, einen Empfänger 7 und eine Antenne 8. Die beiden Antennen 4 und 8 sind wahlweise mit dem zugehörigen Sender oder Empfänger verbindbar, und der Verkehr zwischen den Stationen wickelt sich auf zwei verschiedenen Frequenzen, jedoch mit abwechslungsweisem Senden und Empfangen (Semi-Duplex) ab. Die Einrichtungen zur Besprechung der Stationen sind nicht dargestellt.

Die bewegliche Station 5 bewegt sich auf einer Strasse, welche vier verschiedene Abschnitte aufweist. Der Abschnitt 9 ist ein offenes Strassenstück, von welchem aus eine bewegliche Station direkt mit der festen Station 1 verkehren kann. Die Abschnitte 10 und 12 sind Tunnel, von denen aus keinerlei direkter Funkverkehr mit der festen Station 1 möglich ist. Zwischen den Tunneln befindet sich ein Einschnitt 11. Von den in diesem Einschnitt verkehrenden beweglichen Stationen aus sind direkte Verbindungen mit der festen Station nur an bestimmten Stellen möglich.

Um den Funkverkehr zwischen einer beweglichen Station und der festen Station lückenlos auch von den Abschnitten 10, 11 und 12 aus zu gewährleisten, sind die beiden Relaiseinrichtungen 15, 16 und 17, 18 angeordnet, welche zwischen einer Leckleitung 13 und den beiden Antennen 19 und 22 in beiden Richtungen Signale übertragen. Der Empfangsteil 15 der ersten Relaiseinrichtung empfängt mit der Antenne 19 ein Signal von der festen Station, setzt dieses Signal in später erklärter Weise um und leitet es über das Kabel 20 nach dem Sendeteil 16, wo es wiederum mit der durch die Antenne 19 empfangenen Frequenz über die Gabel 14 phasenstarr an die Leckleitung 13 abgegeben wird und die Antenne 8 und den Empfänger 7 der beweglichen Station 5 erreicht.

Sofern an der beweglichen Station 5 mit dem Sender 6 gesendet wird, gelangt das Signal über die Leckleitung 13 und die Gabel 14 an den Empfangsteil 17 der zweiten Relaiseinrichtung, wird dort umgesetzt, gelangt über das Kabel 21 nach dem Sendeteil 18 und wird von dort über die Antenne 22 an die feste Station 1 übermittelt.

Wie bereits erwähnt wurde, ist ein Verkehr mit verschiedenen Frequenzen für Senden und Empfangen vorausgesetzt, wo-

bei abwechslungsweise gesendet und empfangen wird. Dabei wird in zum Teil später erklärter Weise der Sendeteil 16 nur in Betrieb gesetzt, wenn der Empfangsteil 15 ein Signal empfängt. In der andern Verkehrsrichtung bewirkt der Empfang am Empfangsteil 17 die Tastung des Sendeteils 18.

Es steht jedoch nichts im Wege, die feste oder alle Stationen für gleichzeitiges Senden und Empfangen einzurichten.

Grundsätzlich könnte der die Leckleitung speisende Sendeteil, im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel, dauernd im Betrieb bleiben, während dies bei dem nach der festen Station sendenden Sendeteil nicht der Fall sein darf, da dessen Signal sonst den Empfang eines von einer ausserhalb des Tunnels befindlichen beweglichen Station stammenden Signals behindern könnte.

Relaiseinrichtungen der beschriebenen Art könnten auch in Anlagen Verwendung finden, in denen auf der gleichen Frequenz abwechslungsweise gesendet und empfangen wird, wenn dafür gesorgt wäre, dass keine über die beiden Relaiseinrichtungen verlaufenden Rückkopplungen auftreten könnten.

In nicht dargestellter Weise ist es, unter Verwendung von Gabelschaltungen und Frequenzweichen, ohne besondere Schwierigkeiten möglich, mehrere mit verschiedenen Frequenzen betriebene Relaiseinrichtungen an dieselbe Leckleitung anzuschliessen und auch die Antennen 19 und 22 je für mehrere Relaiseinrichtungen gemeinsam zu benützen, wodurch der Verkehr von und nach mehreren festen Stationen übertragen werden kann.

Der Empfangsteil 15 und der Sendeteil 18 sind an Orten aufgestellt, von denen aus die Kopplung zwischen den zugehörigen Antennen 19 und 22 und der Leckleitung 13 so klein ist, dass keine Rückkopplung auftreten kann. Es ist möglich, dass diese Bedingungen bei einer Anordnung, bei welcher — wie dies in Fig. 1 dargestellt ist — der mit der Leckleitung in Verbindung stehende Sendeteil 16 und der Empfangsteil 17 bei einem Tunneleingang angeordnet sind, nicht erfüllt werden können. Um die auftretenden Kopplungen auf den erforderlichen kleinen Wert zu bringen, kann es vorteilhaft sein, im Gegensatz zu Fig. 1 die Leckleitung im Innern des Tunnels zu speisen bzw. die empfangenen Signale im Innern des Tunnels abzunehmen. Unter solchen Voraussetzungen kann die Dämpfung der entsprechenden Kopplungen, welche in erster Linie durch die Kopplung zwischen dem am Tunnelende befindlichen Teil der Leckleitung und den Antennen bestimmt ist, um den Betrag der Dämpfung der Leckleitung zwischen Speise- bzw. Abnahmepunkt und Tunnelende vergrössert werden. Bei der Wahl einer solchen Anordnung ist es vorteilhaft, die Sende- und Empfangsteile 17 und 16 und die Gabelschaltung 14 ins Innere des betreffenden Tunnels zu verlegen.

In Figur 2 ist eine erste Variante der aus dem Empfangsteil 15 und dem Sendeteil 16 bestehenden Relaiseinrichtung als Blockschema mit mehr Einzelheiten als in Figur 1 dargestellt. Der obere Teil der Figur 2 mit der Antenne 19 entspricht dabei dem Empfangsteil 15, welcher mit dem im untern Teil der Figur befindlichen Sendeteil 16 durch das Kabel 20 verbunden ist. Am Sendeteil ist über die Gabelschaltung 14 die Leckleitung 13 angeschlossen. Die Einrichtung ist beispielsweise für eine Sende- und Empfangsfrequenz von fl = 460 MHz bemessen.

Das von der Antenne 19 empfangene Signal gelangt über ein Bandfilter 36 und einen Vorverstärker 23 an eine Mischstufe 24. Ein Oszillator 25 erzeugt eine Frequenz von 56, 25 MHz, welche den drei Frequenzverdopplungsstufen 26 zugeführt wird, wodurch sich eine Verachtfachung ergibt.

Der Mischstufe 24 wird somit ein Überlagerungssignal von f2 = 8 × 56,25 = 450 MHz zugeführt. Die dabei entstehende Zwischenfrequenz f3 = 10 MHz gelangt an ein Zwischenfrequenz-Bandfilter 28 und wird im Verstärker 29 nochmals verstärkt.

Der Frequenzweiche 30 wird einerseits das unveränderte Zwischenfrequenz-Signal von 10 MHz und anderseits das Oszillatorsignal, welches mit 56,25 MHz dem achten Teil der Überlagerungsfrequenz entspricht, zugeführt, worauf diese beiden Signale über das gemeinsame Kabel 20 nach dem Sendeteil geleitet werden.

Parallel zum Verstärker 29 wird das Zwischenfrequenzsignal an den Diskriminator 40 angelegt, und das dort demodulierte Niederfrequenzsignal gelangt auf ein Hochpassfilter 41, an dessen Ausgang nur dann ein Signal auftritt, wenn im Niederfrequenzsignal Rauschen enthalten ist. Ein dort entstehendes Rauschsignal wird im Gleichrichter 42 gleichgerichtet und mit dem Inverter 43 und andern allgemeinen bekannten Massnahmen weiterverarbeitet, wodurch am Ausgang des Inverters ein Trägerkriterium erscheint, solange die Antenne ein Signal empfängt. Dieses Signal wird über die Leitung 44 dem Sendeteil zugeführt.

Beim Sendeteil führt das Kabel 20 auf eine Frequenzweiche 31, welche der Weiche 30 entspricht und die beiden auf dem Kabel übermittelten Signale wiederum aufteilt. Von diesen Signalen wird dasjenige mit der Zwischenfrequenz f3 über das Bandfilter 37 an die Mischstufe 32 und dasjenige mit dem achten Teil der Überlagerungsfrequenz über den Zwischenverstärker 38 an die drei Vervielfacherstufen 33 angelegt. Diese den Stufen 26 entsprechenden Stufen geben an ihrem Ausgang ein Signal mit der Überlagerungsfrequenz f2 ab. In der Mischstufe 32 werden die beiden Signale gemischt, und die sich ergebende Summenfrequenz fl entspricht frequenzgenau und phasenstarr dem an der Antenne 19 empfangenen Signal. Dieses Signal wird über das Bandfilter 39 dem Sendeverstärker 35 zugeführt, welcher jeweils über die Leitung 44 vom Trägerkriterium in Betrieb gesetzt wird. Am Ausgang dieses Sendeverstärkers ist über die Gabelschaltung 14 die Leckleitung 13 angeschlossen. Der dritte Anschluss der Gabelschaltung ist mit dem Eingang der aus den Teilen 17 und 18 bestehenden Relaiseinrichtung (Figur 1) verbunden. Diese Relaiseinrichtung ist genau gleich aufgebaut wie die soeben beschriebene und ist daher nicht mit Einzelheiten dargestellt. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass bei der nicht dargestellten Einrichtung der Eingang des Vorverstärkers 23 an der Gabelschaltung 14 und damit an der Leckleitung 13 und der Ausgang des Sendeverstärkers 35 an der Antenne 22 angeschlossen ist. Die Sendeleistungen in den beiden Fällen müssen den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden und können daher verschieden sein.

Das Träger-Kriterium könnte statt über die Leitung 44 ebenfalls über die Verbindungsleitung 20 übertragen werden.

Die in dieser ersten Variante zwischen Empfangs- und Sendeteil übermittelte Frequenz von 54 MHz ist im Hinblick auf die Übertragung mit einer Leitung immer noch hoch, und es wird auch für kurze Leitungslängen ein Koaxialkabel benötigt. In den folgenden Varianten werden die zu übertragenden Frequenzen noch weiter herabgesetzt, wodurch eine Übertragung auf gewöhnlichen Telefonleitungen über längere Strecken möglich ist.

Bei dem in Figur 3 dargestellten Empfangsteil 15 und Sendeteil 16 wird eine Sende- und Empfangsfrequenz von 160 MHz vorausgesetzt. Der Empfangsteil 15 weist wie der vorher beschriebene einen Antennen-Eingang 19, ein Eingangs-Bandfilter 36, einen Vorverstärker 23, eine Mischstufe 24 und ein Zwischenfrequenz-Bandfilter 28 auf. Ein quarzgesteuerter Oszillator 45 erzeugt eine Überlagerungsfrequenz von 150 MHz, wodurch das Zwischenfrequenzsignal 10 MHz beträgt. Das Überlagerungssignal wird nun in einem aus einem Zähler bestehenden Frequenzteiler 46 durch einen Faktor 12'000 geteilt, so dass über das Bandfilter 47 und die Leitung 48 ein Signal mit einer Frequenz von 12,5 kHz übertragen wird. Für die Leitung 48 kann somit eine gewöhnliche Telefonleitung verwendet werden. Die Zwischenfrequenz von 10 MHz wird durch einen aus einem Zähler bestehenden Frequenzteiler 49 durch einen Faktor 500 geteilt, so dass über das Bandfilter 50 und die Leitung 51

ein Signal von 20 kHz übertragen wird, in welchem, entsprechend dem Zwischenfrequenzsignal, die Modulation enthalten ist. Ein Stromkreis zur Übertragungs eines Empfangskriteriums, wie er in der Figur 2 angegeben ist, ist hier der Übersichtlichkeit halber weggelassen worden.

Im Sendeteil 16 ist ein Oszillator 52, dessen Frequenz durch eine ihm über die Verbindung 53 zugeführte Spannung gesteuert werden kann, angeordnet. Dieser Oszillator 52 erzeugt die Zwischenfrequenz, welche einerseits der Mischstufe 32 und anderseits einem dem Frequenzteiler 49 genau entsprechenden Frequenzteiler 54 zugeführt wird. Das über die Leitung 51 eintreffende und das durch den Frequenzteiler 54 erzeugte Signal werden der Phasenvergleichsstufe 55 zugeführt, welche über ihren Ausgang 53 den Oszillator 52 derart regelt, dass er das von der Mischstufe 24 abgegebene Zwischenfrequenzsignal frequenzgenau und phasenstarr wiedergibt.

In gleicher Weise wie die Zwischenfrequenz wird auch die Überlagerungsfrequenz mit Hilfe des Oszillators 56 im Sendeteil wiederum erzeugt, wobei der dem Frequenzteiler 46 entsprechende Frequenzteiler 57 und die Phasenvergleichsstufe 58 angeordnet sind.

Wie in der Einrichtung gemäss Figur 2 wird das wiederhergestellte Überlagerungssignal in der Mischstufe 32 mit dem wiederhergestellten Zwischenfrequenzsignal gemischt, und die Summe der entsprechenden Frequenzen wird mit dem Bandfilter 39 ausgesiebt, mit dem Endverstärker 35 verstärkt und über die Gabel 14 dem Leckkabel 13 zugeführt.

Als Oszillator 56 ist ein Quarzoszillator verwendet, dessen Frequenz in beschränkter Weise steuerbar ist. Dies bietet den Vorteil, dass sich Störungen auf dem Übertragungsweg 51 nur beschränkt auf die erzeugte Frequenz auswirken können, bietet aber dafür den Nachteil, dass beim Einschalten der frequenzstabile Zustand erst nach mehreren Sekunden auftreten kann.

Die Oszillatoren 45 und 56 mit den dazugehörigen Frequenzteilern müssen daher dauernd in Betrieb gehalten werden.

Bei den bisher beschriebenen Varianten ist der Erzeuger des Überlagerungssignals bzw. des Signals, aus welchem das Überlagerungssignal abgeleitet wird, im Empfangsteil untergebracht. Er könnte jedoch auch im Sendeteil eingebaut sein.

Die in Figur 4 dargestellte Variante betrifft wiederum einen Sendeteil 16 und einen Empfangsteil 15, zwischen denen nur ein einziges Signal übertragen wird. Die Anordnung geht dabei von der Erkenntnis aus, dass die beiden Signale, deren Frequenz je einem ganzzahligen Teilen der Zwischenfrequenz und der Überlagerungsfrequenz entsprechen, bereits im Empfangsteil gemischt werden können, sofern die beiden Teilungsverhältnisse gleich gross gewählt werden. Unter diesen Voraussetzungen ist die durch Mischung entstehende Frequenzsumme der diesem Teilungsverhältnis entsprechende Teil der Empfangs- und damit der Sendefrequenz. Die Sendefrequenz kann dann lediglich durch Vervielfachung dieser über eine einzige Leitung übertragenen Summenfrequenz zurückgewonnen werden. Die übertragene Frequenz kann auf einen fast beliebig kleinen Wert vermindert werden, wenn die Summenfrequenz vor der Übertragung nochmals geteilt wird. Im Sendeteil ändert eine solche weitere Teilung grungsätzlich nichts; sie hat nur einen Einfluss auf den Faktor der Vervielfachung.

Die in Figur 4 dargestellte Ausführungsvariante ist, entsprechend der Variante gemäss Figur 2, für eine Empfangs- und Sendefrequenz von 460 MHz bemessen. Das Teilverhältnis der Überlagerungs- und der Zwischenfrequenz beträgt je $8 \times 64 = 512$, und das gemischte Signal wird zwecks Übertragung nochmals durch einen Faktor von 450 geteilt. Bei dieser Anlage stimmen der Antenneneingang 19, das Bandfilter 36, der Vorverstärker 23, der mit einer Frequenz von 56,25 MHz arbeitende Quarzoszillator 25, die drei Frequenzverdoppler 26, die Mischstufe 24 und das Bandfilter 28 mit der in Figur 2 dargestellten Variante überein. Ein Frequenzteiler 59 mit einem Teilverhältnis 64 teilt die vom Oszillator 25 erzeugte Frequenz auf den Wert von 878,9 kHz, welche dem 512ten Teil der der Mischstufe 24 zugeführten Überlagerungsfrequenz von 450 MHz entspricht.

Durch den Oszillator 60, dessen Frequenz durch eine ihm zugeführte Spannung regelbar ist, wird ebenfalls ein Signal mit der Frequenz 878,9 kHz erzeugt und mit Hilfe der Phasenvergleichsstufe 61 phasenstarr an das vom Frequenzteiler 59 stammende Signal gekoppelt.

Das von der Mischstufe 24 über das Bandfilter 28 abgegebene Zwischenfrequenzsignal weist eine Frequenz von 10 MHz auf, welche im Frequenzteiler 62 durch den Faktor 512 geteilt wird, was eine Frequenz von 19,53 kHz ergibt. Diese Frequenz wird auch im spannungsgesteuerten Oszillator 63 erzeugt. Sie ist mit Hilfe der Phasenvergleichsstufe 64 an die Frequenz des durch den Frequenzteiler 62 abgegebenen Signals phasenstarr gekoppelt.

Die beiden von den Oszillatoren 60 und 63 erzeugten Signale von 878,9 und 19,53 kHz werden nun in der Mischstufe 65 gemischt, und die entstehende Summenfrequenz von 898,43 kHz wird durch das Bandfilter 66 ausgesiebt und dem Frequenzteiler 67 zugeführt. Der Frequenzteiler 67 besitzt ein Untersetzungsverhältnis von 450, so dass das an seinem Ausgang erscheinende Signal, welches über die Leitung 68 übertragen wird, eine Frequenz von 19,965 kHz aufweist. Dieses Signal, welches auch die Modulation enthält, ist um den Faktor $8 \times 64 \times 450 = 23\,040$ mal kleiner als die Sende- und die Empfangsfrequenz.

Im Sendeteil 16 wird nun die Sendefrequenz in einem Oszillator 69, dessen Frequenz durch eine ihm zugeführte Spannung regelbar ist, erzeugt. Das von diesem Oszillator abgegebene Signal wird einerseits im Endverstärker 35 verstärkt und anderseits dem Frequenzteiler 71 zugeführt, wo seine Frequenz durch den Faktor 23 040 geteilt wird. In der Phasenvergleichsstufe 72 wird die im Frequenzteiler 71 erzeugte Frequenz mit der Frequenz des über die Leitung 68 eintreffenden Signals verglichen, und der Oszillator 69 wird phasentstarr an das durch die Leitung 68 übertragene Signal gekoppelt.

Das im Endverstärker 35 verstärkte Signal wird, entsprechend den anderen Varianten, über die Gabelschaltung 14 der Leckleitung 13 zugeführt.

Der in Figur 5 dargestellte Empfangsteil weist die Besonderheit auf, dass dort, im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Varianten, die Modulation nicht mit Hilfe eines aus der Zwischenfrequenz, sondern eines aus der Überlagerungsfrequenz abgeleiteten Signals nach dem Sendeteil übertragen wird. Der Antenneneingang 19, das Eingangs-Bandfilter 36, der Vorverstärker 23, die Mischstufe 24 und das Zwischenfrequenz-Bandfilter 28 stimmen mit den entsprechenden Bauelementen der bisher beschriebenen Empfangsteile überein. Das Zwischenfrequenzsignal wird auch hier durch den Frequenzteiler 49 auf eine Frequenz von etwa 20 kHz hinunter geteilt.

Ein Signal, dessen Frequenz einem Achtel der Frequenz des Überlagerungssignals entspricht, wird durch den Oszillator 73 erzeugt, dessen Frequenz über die Verbindung 74 regelbar ist. Dieses Signal wird einerseits durch die Frequenzverdoppler 26 in das Überlagerungssignal umgewandelt und anderseits durch den Frequenzteiler 59 auf eine im Bereiche von 20 kHz liegende Frequenz geteilt und über die Leitung 77 an den Sendeteil abgegeben.

Ein quarzgesteuerter Oszillator 75 erzeugt ein Signal mit einer Frequenz, welche der durch den Frequenzteiler 49 erzeugten Frequenz entspricht. Das vom Oszillator 75 erzeugte Signal wird einerseits über die Leitung 76 dem Sendeteil zugeführt und anderseits in der Phasenvergleichstufe 78 mit dem vom Frequenzteiler abgegebenen Signal verglichen. Das Ausgangssignal des Phasenvergleichs wird über die Verbindung 74 dem steuerbaren Oszillator 73 zugeführt, wo es diesen Oszillator derart regelt, dass die Zwischenfrequenz ein bestimmtes ganzzahliges

Vielfaches der vom Oszillator 75 erzeugten Frequenz und damit konstant ist. Die Modulation des empfangenen Signals wird dann mit einem Signal übertragen, dessen Frequenz ein ganzzahliger Teiler der Frequenz des Überlagerungssignals ist.

Anstelle der direkten Weiterleitung des vom Frequenzteiler 59 abgegebenen Signals über die Leitung 77 könnte auch hier eine Anordnung mit einem geregelten Oszillator entsprechend der in Figur 4 gezeigten Variante angewendet werden. Zur Erzeugung des Sendesignals aus den vom Empfangsteil gemäss Figur 5 abgegebenen Signalen kann ein dem in Figur 3 dargestellten Sendeteil 16 entsprechender Senteteil verwendet werden, sofern auf die Quarzsteuerung des Oszillators 56 verzichtet wird. Der Oszillator 75 zur Erzeugung eines Signals, dessen Frequenz einem Teiler der Zwischenfrequenz entspricht, ist in bezug auf seinen Standort nicht an den Empfangsteil gebunden. Er könnte auch im Sendeteil angeordnet sein.

Entsprechend der in der Figur 2 dargestellten Variante sind auch bei den Varianten gemäss den Figuren 3 ... 5 in den meisten Fällen Massnahmen zur Übertragung der Ein- und Ausschaltung des Sendesignals (Tastung) notwendig. Lediglich der Einfachheit halber wurde auf die Darstellung dieser Massnahmen in den Figuren 3 ... 5 verzichtet.

In den verschiedenen Varianten wurden Oszillatoren mit und ohne Quarzstabilisierung, eine Frequenzteilung ausschliesslich mit Hilfe von Zählern oder eine solche mit Hilfe von phasenverriegelten Oszillatoren, eine Frequenzvervielfachung durch Aussiebung von Oberwellen oder eine solche mit Hilfe von Zählern und phasenverriegelten Oszillatoren, getrennte Leitungen für die Übertragung von verschiedenen Signalen oder die Zusammenfassung der Signale auf einer Leitung mittels Frequenzweichen und die Anwendung eines konstanten Überlagerungs- oder eines konstanten Zwischenfrequenzsignals dargelegt. Alle diese Alternativen können fast beliebig kombiniert werden. Die Wahl der verschiedenen Massnahmen hängt dabei vom Teil- bzw. Vervielfachungsfaktor, von den zur Verfügung stehenden Leitungen und deren Kosten, von zu erwartenden Störeinflüssen, von den gestellten Anforderungen bezüglich zulässigen Störungen und von andern Faktoren ab, welche nicht im Zusammenhang mit der Erfindung stehen und deren Darlegung deshalb zu weit führen würde.

Obwohl die Anwendung der Erfindung im Zusammenhang mit Tunnelfunk im Vordergrund steht, ist sie nicht an derartige Anlagen gebunden. Sie kann auch in allen aus dem eingangs genannten Artikel in «Wireless World» genannten Fällen und insbesondere auch für nur in einer Richtung erfolgende Rundfunk- und Fernseh-Übertragungen angewendet werden, wenn die Antennen weiter auseinanderliegen müssen als dort beschrieben ist. Bei der dank der Erfindung möglichen Einhaltung eines grossen Abstandes der Antennen kann an geeigneten Standorten gegebenenfalls auf eine in der zitierten Literatur als unumgänglich erachtete Festsetzung einer abweichenden Polarität für die beiden Antennen verzichtet werden.

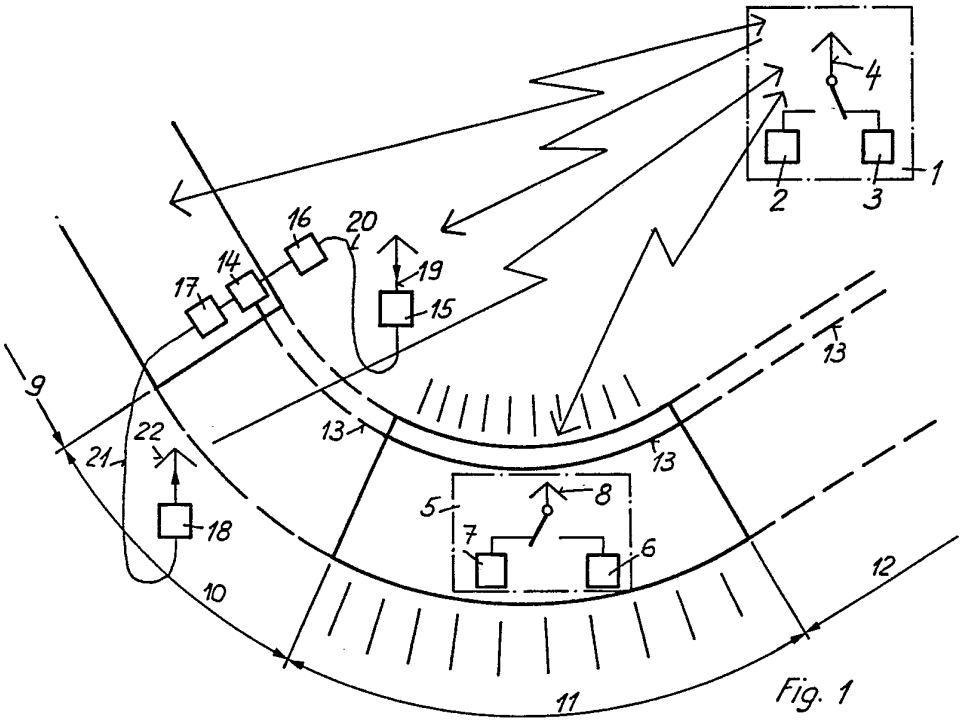

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

Fig. 1

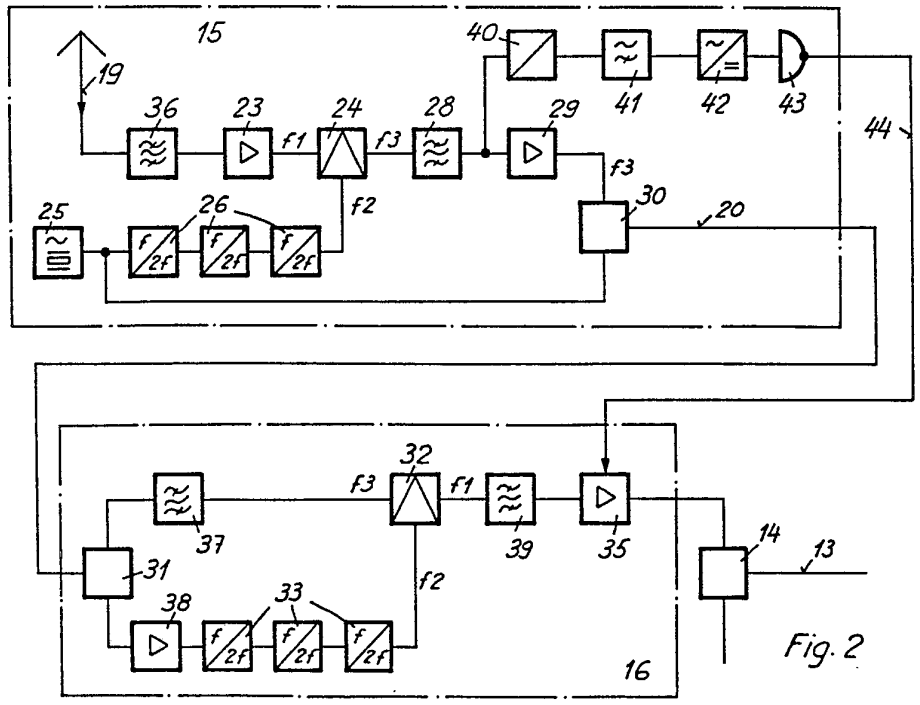

15
19
36
23
24
28
29
40
41
42
43
44
f1
f2
f3
25
26
30
20
32
37
31
38
33
39
35
14
13
16

Fig. 2

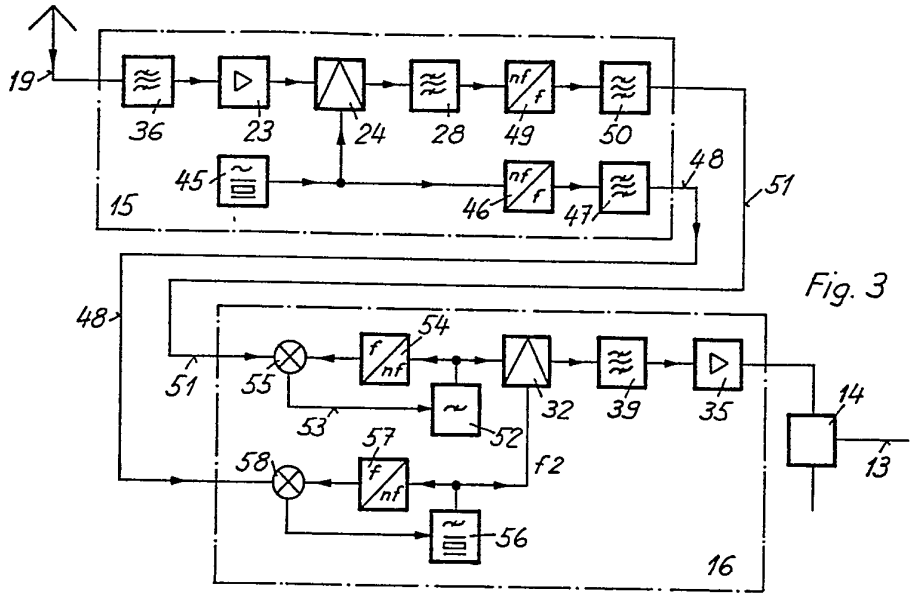


Fig. 3

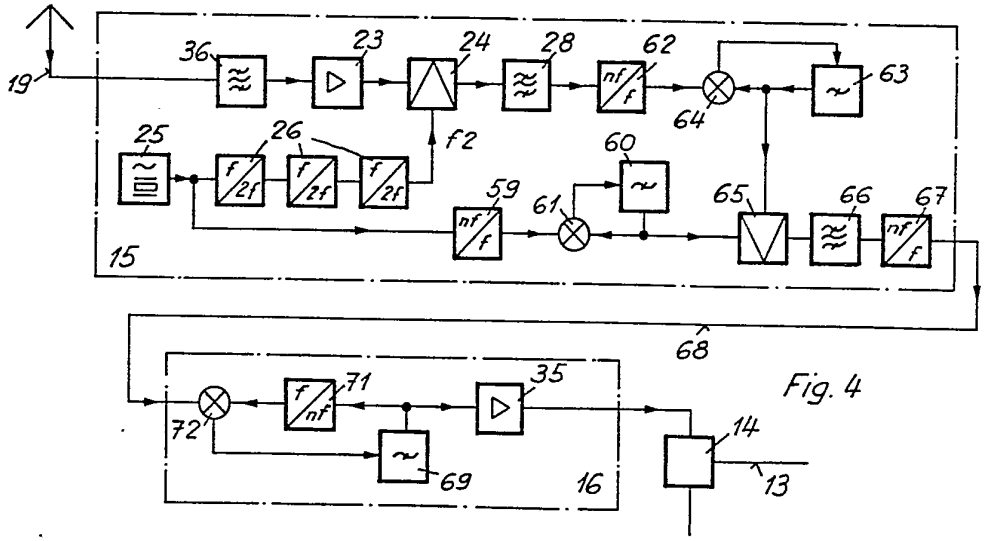


Fig. 4

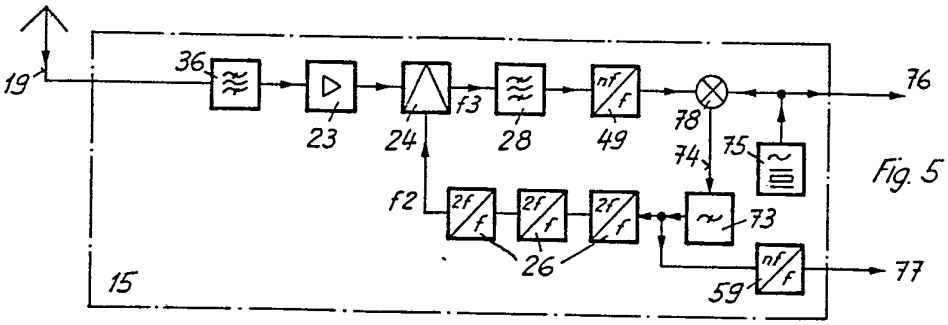


Fig. 5