

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 771996 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 771996

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification (IPC³)
H04B 7/015

(22) Tekemispäivä - Ingningsdag - Filing date 27.06.1977

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 27.06.1977

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 29.12.1977

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 12.06.2019

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

28.06.1976 DE 2628997 31.03.1977 DE 2714439
12.05.1977 DE 2721526

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Siemens Aktiengesellschaft, Wittelsbacherplatz 2, 80333 München, SAKSA, (DE)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Gammel, Josef, BRD, SAKSA, (DE)

2 • Kammerlander, Karl, BRD, SAKSA, (DE)

3 • Von der Neyen, Hans-Jürgen, BRD, SAKSA, (DE)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Berggren Oy Ab, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Järjestelmä taajuusmoduloidujen digitaalisten tiedonsiirtosignaalien vastaanottamiseksi

System för mottagning av frekvensmodulerade digitala informationssignaler

Järjestelmä taajuusmoduloitujen digitaalisten tiedonsiirtosignaalien vastaanottamiseksi -

System för mottagning av frekvensmodulerade digitala informations-sig-naler

Keksintö kohdistuu järjestelmään digitaalisten tiedonsiirtosignaalien, jotka on liitetty kanta-aaltoon taajuusmodulaationa, vastaanottamiseksi heijastuksien häiritsemässä etenemistilassa, erityisesti liikkuvia asemia, kauko- ja sirontayhteyksiä varten.

Digitaalisten tiedonsiirtojärjestelmien kantomatka on voimakkaasti häirityissä etenemisolosuhteissa (monitie-eteneminen) likimain kääntäen verrannollinen aikayksikössä siirrettävien bittien määrään. Kantomatkan määräävää rajatapausta edustaa täydellinen informaation häviäminen, jossa modulaatiomerkit tulevat heijastuneiden kanta-aaltojen etenemisteiden eroista aiheutuvista kulkeaikaeroista johtuen vastaanottopaikalle vastakkaisvaiheisina ja kumoavat toisensa. Jo paljon ennen tätä rajatapausta esiintyy kulkeaika- ja amplitudivääristymien aiheuttamaa osittaista informaation häviämistä, joka johtaa hyvin korkeaan virheiden esiintymistiheyteen siirron aikana. Keksinnön lähtökohtana on tehtävä parantaa siirron laatua huomattavasti viimeksi mainitussa tapauksessa ts. parantaa digitaalisten taajuusmoduloitujen tiedonsiirtojärjestelmien kantomatkaa erityisesti liikkuvien asemien välillä ja alituisesti muuttuvissa etenemisolosuhteissa.

Tämä tehtävä ratkaistaan järjestelmässä digitaalisten tiedonsiirtosignaalien, jotka on liitetty kanta-aaltoon taajuusmodulaationa, vastaanottamiseksi heijastuksien häiritsemässä etenemistilassa, erityisesti liikkuvia asemia, kauko- ja sirontayhteyksiä varten, keksinnön mukaisesti siten, että vaihe- ja amplitudivääritysten aiheuttamat informaatiohäviöt tunnistetaan automaattisesti aiheuttajastaan riippuen kahdessa toisistaan täydentävässä laitteessa, joista toinen on taajuusdiskriminaattori, jonka jälkeen on kytketty laite heijastuvääritysten aiheuttamien häiriöpiikkien havaitsemiseksi ja piiri, joka leikkaa nämä häiriöpiikit, toiseen haaraan taajuusilmaisimen rinnalle on lisäksi kytketty amplitudimodulaation ilmaisimien, ja että molempien ilmaisimien lähdöt on johdettu vaihtokytkimelle, jota ohjaa amplitudimodulaation tunnistuselin ja joka tunnistettavissa olevalla riittävän suurella amplitudimodulaatiolla kytkee amplitudimodulaatioilmaisimen ja tunnistettavissa olevalla taajuusmodulaatiolla taajuusdiskriminaattorin sekä häiriöpiikkien tunnistimen yhteiseen lähtöön, että AM-ilmaisimen lähtöön on lisäksi kytketty napaisuudenkääntäjä, jota napaisuusintegraattori ohjaa, mikä kääntää AM-ilmaisutuloksen napaisuuden FM-ilmaisutuloksen korkeudesta riippuen sellaiseksi, että saadaan napaisuudeltaan oikea AM-ilmaisu.

Tämän vastaanottojärjestelmän avulla saadaan huomattava parannus kvantisoitujen, binäärisen taajuusmodulaation muodossa olevien tietojen siirron laatuun ja kantomatkaan.

Patenttivaatimuksissa 2-6 on esitetty vastaanottojärjestelmän edullisia kehitysmuotoja.

Keksintöä ja sen etuja selitetään lähemmin seuraavassa piirustuksen kuvioihin liittyen.

Kaikissa vastaavissa radiojärjestelmissä esiintyy topograafisista olosuhteista riippuvaa monitie-etenemistä, joka erityisesti digitaalisia taajuusmoduloituja tietovirtoja siirtyvässä liikenteessä siirrettäessä, varsinkin käytettäessä ympärisäteileviä antennejä, voi aiheuttaa tietyissä olosuhteissa pahoja vastaanottohäiriöitä. Lähetyssantennin säteilemät aaltorintamat saapuvat tällöin vastaanottoantenniin heijastumisista johtuen eri suunnista, joiden kulkuajat ovat erilaisia. Näiden aaltorintamien vektoriaalisesta summautumisesta vastaanottopaikalla johtuen tulee antennijännitteen amplitudi- ja vaihekäyrän kulku sekä taajuudesta että paikasta riippuvaksi (minimit ja maksimit).

Monilla taajuuksilla ja paikoilla tämä energian jakautuminen merkitsee sen aiheuttamista vääristymistä ja energian pienentymistä (minimit) johtuen digitaalisen vastaanottosignaalin tunnistettavuuden häviämistä.

Monitie-etenemisen aiheuttaminen vääristymien periaatteen selittämiseksi on edullista olettaa aluksi lähettimen ja vastaanottimen sijaintipaikat kiinteiksi. Tällöin käsittelystä jää pois paikasta riippuva energian jakautuminen ja jäljelle jää vain taajuudesta riippuva energian jakautuminen.

Heti kun vastaanottopaikalle saapuvien suoran säteen U_d ja heijastuneen säteen U_u aaltorintamien kulku aikaero saavuttaa bitin pituuden suuruusluokan ($\Delta t = \text{noin } 0,1 \dots 0,7 \cdot t_{\text{bit}}$), tulee energian jakautumiskäyrän minimien taajuuksien pieneksi, että vastaanotetun signaalin energia voi jo modulaatiodeviaation sisällä vaihdella modulaationopeudella radiotaajuudesta $\omega_0 t$ ja minimien syvyydestä riippuen melkein mielivaltaisesti.

Eräänä seurauksena tästä tulevien signaalien vektoriaalisen summautumisen aiheuttamasta energian vaihtelusta, joka poistetaan ennen ilmaisua vastaanottojärjestelmän amplitudirajoittimessa, ovat vektoriaalissa summautumisessa väistämättä syntyvät resaltoivan signaalin nopeat vaiheen muutokset. Näitä ei luonnollisesti voida poistaa amplitudirajoittimella ja ne aiheuttavat siten bittisynkronisen häiriömodulaation FM-ilmaisimen lähtöön. Tämä häiriömodulaatio voi suuruudeltaan ylittää moninkertaisesti hyötymodulaation ja siten tehdä hyötymodulaatio tunnistamisen mahdottomaksi.

Resaltoivan vektorin maksimivaihenopeus saavutetaan jakautumiskäyrän minimien kohdalla ja se on sitä suurempi mitä syvempi minimi on. Rajatapauksessa, selektiivisessä täydellisessä häipymisessä, se voi tulla mielivaltaisen suureksi.

Siitä riippuen onko minimi deviaatioalueen, jonka rajataajuuDET määrittelevät, sisä- tai ulkopuolella esiintyy kaksi häiriötapausta, joilla on tunnusomaiset erot.

a) Minimideviaatioalueen ulkopuolella

Jos minimi on deviaatioalueen ulkopuolella mutta lähellä jompaa kumpaa rajataajuuDET, tulee vastaanotettu energia olemaan tämän rajataajuu-

den kohdalla suhteellisen pieni. Sitä vastoin vastaanotetun energian on toisen rajataajuuden kohdalla välttämättä oltava suurempi, koska energiatiheys seuraavan maksimin kohdalla on suurempi. Tästä johtuen ennen rajoitinta olevaan vastaanotettuun signaaliin tulee yksikäsitteiden bittisykroninen amplitudimodulaatio, jonka napaisuus on minimin sijainnista riippuen joka sama tai käänteinen alkuperäiseen modulaatiosignaaliin verrattuna. Taajuusmodulaation yhteydessä tavallisesti ennen ilmaisua suoritettava rajoitus poistaa tämän amplitudimodulaation. Se ei siten vaikuta ilmaisimen lähdössä. Sen sijaan minimin lähellä merkin muuttumisen yhteydessä esiintyvä vaiheen muutos ilmenee ilmaisimen lähdössä signaalin voimakkaana vääristymänä.

Tämän käyttötilanteen tärkeä rajatapaus saavutetaan, kun energia toisen rajataajuuden kohdalla alittaa vastaanottimen oman kohinan. Tämä tapaus esiintyy usein silloin, kun radiojärjestelmä toimii herkkyytensä rajoilla tai kun erittäin syvä minimi on juuri rajataajuuden kohdalla (täydellinen selektiivinen häipyminen). Johtuen negatiivisesta kohinaetäisyydestä toisen rajataajuuden kohdalla tätä rajataajuutta vastaavien loogisten merkkien (nollien tai ykkösten) tilalla on rajoittimen ja ilmaisimen lähdössä vain kohinaa. FM-ilmaisimella ilmaistu signaali on siten tullut käyttökelvottomaksi. Vastaanotetussa signaalissa on kuitenkin myös tällöin ennen rajoitinta bittisykroninen amplitudimodulaatio.

Kohinatilan kesto aika ilmaisimen lähdössä vastaa modulaatiovirran merkkijonoa. Koska enemmän kuin 1 bitin pituisilla arvoltaan samoilla (0 tai 1) merkeillä ei vastaanotettu taajuus muutu ja myös kaikkien heijastuneiden teiden kautta saadaan vastaanottopaikalle sama taajuus, eli tämä tila pysyy muuttumattomana seuraavaan merkin muuttumiseen asti, kutsutaan tätä tilaa "staattiseksi". Signaalihäiriöitä, jotka pohjautuvat tällaiseen tilanteeseen, kutsutaan seuraavassa "staattiseksi häipymiseksi".

b) Määritelmänomaisesti kutsutaan tilaa, jossa minimi on rajataajuuden kohdalla, staattiseksi häipymiseksi. Tämä määritelmä pätee myös silloin, kun häipymiskohta on deviaatioalueen sisäpuolella mutta lähellä rajataajuutta, koska deviaation muutosnopeus taajuusalueen säästämiseksi yleisesti käytetyllä suodatetulla avainnuksella ($\cos^2$ -siirtymä) on rajataajuuksien lähellä hyvin pieni. Heti kun minimi lähestyy merkittävästi deviaatioalueen keskustaa, olosuhteet muuttuvat seuraavast:

1) Vaiheenmuuttumisnopeus minimin kohdalla tulee hyvin suureksi. Siitä tuloksena oleva hetkellinen taajuussiirtymä rajoittimen ja ilmaissimen lähdössä tulee samaten hyvin suureksi ja moninkertaiseksi hyötydeviaatioon verrattuna. Siirtymän kesto riippuu modulaationopeudesta ja minimin suhteellisesta syvyydestä. Koska tämän riippuvuuden seurauksena siirtymän keston on aina oltava pienempi kuin bitin kesto, siirtymä ilmanee modulaatiomerkin (bitissä) piikkinä, jonka suuruus ja vaikutus riippuvat minimin syvyydestä. Merkin sisällä voi olla useampia kuin yksi piikki (yleensä pienillä modulaatioindekseillä: enintään 2 napaisuudeltaan vastakkaista piikkiä bittiä kohti).

Vääristymäpiikkejä ei kuitenkaan voi esiintyä yksityisten bittien sisällä, vaan ainoastaan merkin muuttuessa. Tästä syystä näitä ilmaistun lähtösignaalin vääristymiä kutsutaan "dynaamisiksi vääristymiksi".

2) Heti kuin minimi lähestyy merkittävästi keskitaajuutta, kadotetaan ennen rajoitusta esiintyvän bittisynkronisen amplitudimodulaation yksikäsitteisyys.

Keksinnön mukaisesta esitetään, että vastaanotetun signaalin tunnistettavuuden katoaminen, joka syntyy staattisen häipymisen vaikutuksesta, vältetään käyttämällä hyväksi ennen rajoitinta esiintyvää bittisynkronista amplitudimodulaatiota sopivan laitteen, staattisen korjaimen avulla ja edelleen että tunnistettavuuden häviäminen, joka syntyy dynaamisen häipymisen vaikutuksesta, vältetään poistamalla piikit sopivassa laitteessa, dynaamisessa korjaimesta, jotka molemmat korjaimet esitetään jäljempänä.

Edellä esitettyjä ratkaisuja havainnollistetaan vielä piirustuksen kuvioihin ja erääseen suoritusesimerkkiin liittyvän selityksen avulla.

Kuviossa 1 on esitetty kolme selvästi toisistaan eroavaa tapausta I-III. Aluksi käsitellään tapausta I, jossa vastaanotetun signaalin resaltoivalla vektorilla U_{res} on minimi radiotaajuuden keskitaajuuden f_m kohdalla ja jossa sen arvot deviaatioalueen rajataajuuksien f_0 ja f_1 kohdalla ovat siten suunnilleen yhtä suuria. Heti kun hetkellinen taajuus f lähestyy keskitaajuutta ϕ_m , tapahtuu resaltoivan amplitudin U_{res} pienenemisen lisäksi siihen välttämättä liittyvä vaiheen kääntyminen t.s. vastaava hyppäys vaiheessa. Tämä modulaatio-spektrin sisällä tapahtuva hyppäys vaiheessa ilmenee välttämättä hetkellisenä taajuussiirtymänä ($d\phi/dt$) tai vastaavana kulkuaike-

ristymänä ($d\phi/df$) ja se merkitsee alkuperäisen modulaatiofunktioon summautunutta häiriöfunktioita, joka esiintyy aina digitaalisen merkin muuttuessa. Digitaalisen merkin muuttuessa tulee koko deviaatioalue kuljetuksi läpi.

Kuviossa 2 on esitetty vertailu alkuperäisen digitaalisen tietovirran (ylhäällä binäärinen taajuusmodulaatio ja siihen liittyvä tietovirta) ja tapauksen I mukaisen häiriön esiintyessä saatavan häiriöfunktion sekä modulaation (alhaalla) välillä.

Kuviosta havaitaan, että taajuusilmaisimessa esiintyvät deviaatiohuiput ylittävät huomattavasti n.s. rajataajuuksien f_0 ja f_1 jännitearvot eli maksimideviaation. Kuitenkin jo kuvion 1 tapausta koskevasta esityksestä voidaan päätellä, että merkki voidaan ilman muuta tunnistaa bitin keskellä olevassa päätöskohdassa.

Tilanne muuttuu ratkaisevasti, jos keskitaajuutta f_m muutetaan esim. arvoon f_m' . Tämä vastaa kuvion 1 tapausta II ja se merkitsee samaa kuin vähäinen heijastuneen tien pituuden muutos (< 2) tapaukseen I verrattuna. Nyt häipyminen tai amplitudiminimi esiintyy rajataajuuden f_1' kohdalla ja koska modulaatiofunktioilla on juuri tässä kohdassa paluupiste (suhteellisen alhainen vaiheen muuttumisnopeus), ei erityisen merkittäviä häiriöfunktioita tällöin esiinny. Sen sijaan vakavan haitan muodostaa se tosiasia, että vastaanotetun jännitteen huomattavasta pienentymisestä johtuen kohinaetäisyys pienenee ja tulee useissa tapauksissa jopa negatiiviseksi (t.s. alittaa minimivastaanottotason). Tällöin katoaa vääjäämättä kaikkien digitaalisten merkkien, joiden arvo on "yksi" tunnistettavuus ja siitä aiheutuen virheiden esiintymistiheys FM-ilmaisimen lähdössä tulee hyvin suureksi.

Merkki voidaan kuitenkin periaatteessa tunnistaa amplitudinsa perusteella, koska kaikilla "nolla"-merkeillä (f_0' kuviossa 1) on selvästi korkeampi vastaanottotaso kuin f_m' :llä.

Kuvion 1 tapauksissa I ja II esiintyy kaksi vääristymisen perustyyppiä, joista tapauksessa I esiintyvää (häipyminen rajataajuuksien välillä ja vääristymiä siten vain merkin muuttuessa) kutsutaan seuraavassa "dynaamiseksi häipymiseksi". Tapauksessa II esiintyvää (häipyminen rajataajuudella ja siten toisen digitaalisen tilan tunnistettavuuden katoaminen, joka jatkuu seuraavaan merkinvaihtoon asti) kutsu-

taan "staattisesti häipymiseksi".

Staattista häipymistä voi luonteensa mukaisesti esiintyä vain silloin kun jompi kumpi rajataajuuksista sijaitsee suhteellisen tarkasti häipymiskohdalla. Dynaamista häipymistä sitä vastoin esiintyy aina kun häipymiskohta on rajataajuuksien f_0 ja f_1 välillä. Siten dynaaminen ja staattinen häipyminen vuorottelevat keskenään minimin aseman muuttuessa spektrin suhteen.

Suhteellisen ongelmaton tapaus monitie-etenemisessä saadaan keskitaaajuuden f_m ollessa juuri summautumispuheen kohdalla esim. kuvion 1 tapauksessa III. Tällöin ei rajataajuuksien f_0 ja f_1 välillä esiinny merkittäviä amplitudi- eikä kulkuvaikavääristymiä. Taajuusmoduloitu signaali pysyy siten käytännöllisesti katsoen vääristymättömänä.

Kuvion 1 mukaiset olosuhteet pitävät paikkaansa lähettimen ja vastaanottimen sijaintipaikkojen ollessa kiinteitä ja niissä on esitetty amplitudin ja vaiheen taajuudesta riippuva jakautuminen. Yleisesti voidaan sanoa, että jollain taajuudella olosuhteet pysyvät puhelun kestoajan muuttumattomina, mikäli etenemistapahtumaan osallistuu yksinomaan kiinteitä heijastamia eikä lainkaan liikkuvia haijastimia (esim. lentokoneita), minkä suurimmassa osassa tapauksista voidaan katsoa pitävän paikkaansa. Liikkuvassa käytössä tulee amplitudi- ja vaihekäyrien taajuudesta riippuvan kulun lisäksi merkittävällä tavalla esiin myös näiden parametrien paikallinen jakautuma maastossa. Paikallinen jakautuma on suorassa riippuvuussuhteessa radiotaajuuden aallonpituuteen. Rajatapauksessa on lisäksi kahden minimin välinen etäisyys puoli aallonpituutta (esim. kun $f = 300 \text{ MHz}$, $\lambda/2 = 0,5 \text{ m}$). Antennin, joka on $36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$ liikkuvassa ajoneuvossa ohittaa siten 20 minimiä sekunnissa. Oikean kuvan saamiseksi tuloksena olevista vääristymistä on edullista korvata kuvion 1 taajuusakseli aika-akselilla ja siirtää kohdassa I esitettyä modulaatiokaistaa $f_0 - f_1$ oikealle sellaisella nopeudella, että amplitudi- ja vaiheaaltojen ohittaminen kestää $1/20 \text{ s}$ tai että tasaisella nopeudella ohitetaan 20 tällaista aaltoa sekunnissa. Edellä esitettyjen tietojen perusteella voidaan päätellä, että liikkuvassa käytössä kuviosta 1 johdettavan staattisen ja dynaamisen häipymisen tapaukset (tapaus I ja tapaus II) sekä myös tapaus III, jossa ei esiinny FM-vääristymiä, vuorottelevat peräkkäin nopeasti paikallisen jakautuman läpikulkua vastaten ja toistuvat vastaavalla jakottaisuudella.

Lopuksi esitetään vielä menetelmä, jonka avulla voidaan paljolti varmistaa digitaalisten merkkien tunnistettavuus kaikissa tapauksissa I-III. Tällöin on lähdettävä siitä, että aikaansaatavan korjausmenetelmän on paitsi oltava taloudellinen, myös ennen kaikkea teknillisesti sellainen, että se kykenee itsenäisesti ja yksin vastaanotto-paikalla tunnistamaan ja kompensoimaan etenismekanismien jo normaalin tiedinsiirron aikana t.s. hetkellisesti. Tällaisen järjestelyn edut ovat ilmeisiä. Järjestelmäohjauksen ansiosta ei tietovirtaa tarvitse enää katkaista, koska testilähetystä ei tarvita. Tällöin voidaan myös lähettimestä jättää pois vastaavat testilähetykseen tarvittavat laitteet. Etenemistilanteen vaikutuksen hetkellisen tunnistamisen on siten tapahduttava yksinomaan vastaanottimessa. Aluksi tarkastellaan dynaamisen häipymisen kantataajuuksien korjausmahdollisuuden selvittämiseksi kuvion 1 tapausta I. Häipymiskohta on tällöin määritelmän perusteella rajataajuuksien f_0 ja f_1 välillä. Häipymiskohdan vaikutus on esitetty kuviossa 3a, josta voidaan selvästi havaita, että häiriöfunktiona on tässä tapauksessa taajuushyppy, joka esiintyy vain merkin muuttuessa. Tämä taajuushyppy esiintyy 01-jonon tapauksessa jaksottaisesti ja vaikeuttaa huomattavasti yksityisten bittien tunnistusta, koska se muuttaa näiden energiasisältöä ja aiheuttaa siten siirtymän pitempien nolla- ja ykkösjonoihin verrattuna. Tämä siirtymä on riippumaton siitä käytetäänkö myöhemmässä signaalin tunnistamisessa ja regeneroimisessa integroivia tai kistaa rajoittavia elimiä.

Vaihehyppäysten aiheuttamien haitallisten energiaosuuksien välttämiseksi, voidaan käyttää kuviossa 4 esitetyn mukaista avainnusmenetelmää. Kuviossa on esitetty kynnysarvokytkin GS, joka tulee ohjatuksi aina, kun määrätty kynnysarvo, eli esim. taajuuksien f_0 tai f_1 poikkeaman normaaliarvon ylitetään. Kynnysarvokytkimen tulossa on normaalisti taajuusmoduloitu signaali ja lähdössä avainnettu signaali. Avainnuksen vaikutuksesta tulee kohtiin, joissa aikaisemmin on suuri signaalipiikki, lasku nolnaan (tulos on esitetty kuviossa 3b). Tämän avulla vältetään kylläkin piikit mutta yksityisten bittien energiasta tulee useimmissa tapauksissa liian suuri osa poistetuksi, mikä voi johtaa signaalin tunnistusvirheisiin. Paremman vaihtoehdon muodostaa kuvion 5 mukainen kytkentä, jossa ylitettäessä yllämainittu arvo se tallennetaan näytteenotto-pitopiiriin SH ja sillä korvataan kynnysarvon ylityksen ajaksi avainnusmenetelmässä syntyvät aukot. Koska kynnysarvokytkimellä on pieni toimintaviive, viedään vastaanotetun signaalin tallennettava näyte viivelinjan Δt kautta näytteenotto-pitopiirille. Vaihtokytkin US on tällöin tämän ajan kytkettynä näyt-

teenotto-pitopiiriin eikä ole enää suorassa signaalitulossa. Menetelmän lopputulos on esitetty kuviossa 3c.

Siten on ensiksi ratkaistu dynaamisen häipymisen korjaus tyydyttävällä tavalla. Menetelmä ei kuitenkaan toimi staattisen häipymisen tapauksessa (rajataajuuden häipyminen), koska tällöin ei esiinny poikkeamapiikkiä.

Ennen staattisen häipymisen korjauksen tarkastelua käsitellään korvausmenetelmän vaikutusta staattisen ja dynaamisen häipymisalueen ulkopuolella. Standarditapauksena on tällöin kuvion 1 tapaus III, jonka ilmaistussa FM-signaalissa ei ole piikkejä, joita esiintyy vain dynaamisessa häipymisessä. Siten kynnysarvokytkin ei tule ohjauksi ja korjaimen lähdössä on siten korvausmenetelmän jälkeen tässä tapauksessa muuttumaton suoraan kytketty tulosaalio.

Jo tällä suhteellisen yksinkertaisella järjestelyllä on mahdollista toteuttaa automaattinen korjaus, joka dynaamisen häipymisen alueen sisällä ja staattisen häipymisen alueen ulkopuolella sopeutuu/välittömästi ja viiveettömästi vastaavaan sen hetkiseen käyttötilaan.

Dynaamisen häipymisen hallitsemiseksi on otettava huomioon seuraavaa: Heti kun taajuusmodulaatiossa tapahtuu rajataajuuden häipyminen ja siten tällä taajuudella alitetaan minimivastaanottotaso, lakkaavat kaikki FM-korjaukseen käytetyt korjausmenetelmät toimimasta. Tähän astisissa FM-korjausta koskevissa päätelmissä on lähdetty siitä, että ennen taajuusilmaisua tapahtuvasta amplitudirajoituksesta johtuen vain vaihevärityksellä on mielenkiintoa. Jos kuitenkin tarkastellaan amplitudin kulkua ennen rajoitinta staattisen häipymisen tapauksessa, sellaisena kuin se esiintyy tapauksessa II, voidaan havaita, että välitaajuusjännite saavuttaa maksimiarvon aina taajuuden f_0' kohdalla, sen sijaan häipymistapauksessa, kun tullaan taajuuden f_1' kohdalle se saavuttaa minimiarvon. Siten välitaajuussignaalin on ennen rajoitinta digitaalista merkkijonoa vastaava ilmeisesti käyttökelpoinen amplitudimodulaatio. Tämä tarkoittaa toisin sanoen sitä, että aina taajuusmodulaatiota vastaavan staattisen häipymisen esiintyessä rajoittamattoman välitaajuussignaalin amplitudimodulaatio on selvillä.

Periaatteessa oikean amplitudimodulaation esiintyminen ei kylläkään anna mitään tietoa sen käyttökelpoisuudesta. Ensimmäisen vaikeuden

muodostaa se, että välitaajuusjännitteen arvot voivat vaihdella 80 dB t.s. että suurilla vt-jännitteillä hyväksikäytettävä amplitudimodulaatio on riittävän suuri mutta pienillä vt-jännitteillä hyvin pieni. Kuitenkin juuri pienillä välitaajuusjännitteillä käyttö on tarpeellisinta. Tämä haitta voidaan poistaa sijoittamalla negatiivisesti logaritminen vahvistin, jonka dynaaminen alue on suuri, taajuusilmaisimien ja sen eteen kytketyn amplitudirajoittimen rinnalle kytkettyyn haaraan. Tämän jälkeen kytketään AM-ilmaisim, jonka lähdöstä saadaan huipusta-huippuunjännite, joka vastaa modulaatioasteen logaritmista mittaa, joka on puolestaan riippumaton absoluuttisesta vastaanottotasosta.

Toisena ongelmana on, että staattisessa häipymisessä (toisen rajataajuuden häipyminen) esiintyy välttämättä kaksi erilaista tilaa:

a) Digitaalista nollaa vastaavan rajataajuuden f_0 häipyminen. Tässä tapauksessa amplitudimodulaatio on sopimuksen perusteella samassa vaiheessa digitaalisen merkkijonon kanssa.

b) Digitaalista ykköstä vastaavan rajataajuuden f_1 häipyminen. Tällöin amplitudimodulaatio on vastakkaisessa vaiheessa digitaaliseen merkkijonoon nähden. Tarvittaessa on siten amplitudimodulaation tulkintaa varten oltava käytettävissä sopiva kriteerio.

Käyttämällä hyväksi molemmilla esitetyillä tavoilla amplitudimodulaatiota ja taajuusmodulaatiota päästään etenemishäiriöiden korjauksessa suuren adaptaationopeuteen, yksinkertaisuuteen ja taloudellisuuteen. Käytännön mittaukset vahvistavat täydellisesti tätä käsitystä.

Seuraavassa esitetään suoritusesimerkki, jota kuvion 6 mukainen lohko-kaavio kuvaa.

Kuvion 6 lohko-kaaviossa on esitetty kokonaisjärjestely, joka käsittää vt- ja ilmaisinosat, dynaamisen korjaimen, staattisen korjaimen ja tietojen tulkintaosan.

Vt- ja ilmaisinosat DE on osa tavanomaisesta vastaanottimesta ja se on esitetty tässä vain havainnollisuuden vuoksi. Vt-tulosignaali vietään vt-suodattimen 1 kautta rajoittimella 2 ja ilmaistaan FM-ilmaisimessa 3.

Suodattimen 1 ja rajoittimen 2 välille on sijoitettu lisäksi selektiivinen vt-lähtö, joka on yhdistetty staattiseen korjaimeen SE.

FM-ilmaisimen 3 lähtö on viety dynaamiseen korjaimeen DE.

Aluksi esitetään dynaaminen korjain DE. FM-ilmaisimen 3 lähtösignaali viedään kytkimelle 5 ja häiriöttömässä FM-vastaanotossa suoraan kytkimen 13 kautta tietojen regeneraattorille 15. Heti kun dynaamista vääristymää (minimi suunilleen deviaatioalueen keskellä) tai sen aiheuttamia piikkejä esiintyy, käynnistyy kynnysarvokytkin 4 ja kääntää kytkimen 5 tämän toiseen asentoon. Samanaikaisesti annetaan käsky näytteenotto-pitopiirille 7, joka saa viivelinjan 6 kautta ilmaisinsignaalin hieman viisästettynä. Kynnysarvokytkimen 4 toimintahetkellä on näytteenotto-pitopiirissä 7 siten viivästetty signaali, jonka hetkellisarvo vastaa ensimmäisenä likiarvona ilmaistun signaalin hetkellisarvoa ennen kynnysarvon ylitystä. Tämä hetkellisarvo tallennetaan kynnysarvon ylityksen ajaksi näytteenotto-pitopiirissä 7 avulla ja sijoitetaan kytkimen 5 avulla tietovirtaan. Tällä toimenpiteellä säilytetään alkuperäisen bitin energiasisältö ja varmistetaan sen tunnistettavuus regeneraattorissa 15.

Staattinen korjain toimii seuraavalla tavalla. Ennen rajoitinta 2 erotetussa vt-signaalissa on staattisen häipymisen tapauksessa bittisynkroninen amplitudimodulaatio. Tämä AM-signaali viedään logaritmissen vahvistimen 8 kautta AM-ilmaisimelle 9. Logaritminen vahvistin 8 huolehtii siitä, että ilmaisimen 9 lähdössä olevan tietosignaalin amplitudi on riippumaton vastaanotetusta kentänvoimakkuudesta. AM-lähtösignaali kulkee AM-ilmaisimen 9 lähdestä AM-rajoittimen 10 ja invertterin 11 kautta kytkimelle 13, joka on vielä aluksi perusasennossaan kytkimen 5 lähdössä. Ilmaistun AM-signaalin napaisuus on ilmaisimen 9 ja rajoittimen 10 lähdössä joko sama tai käänteinen kytkimen 5 lähdössä olevaan ilmaistuun FM-signaaliin verrattuna riippuen siitä kumpi rajataajuuksista on määritelmän mukaisesti häipynyt. Vaadittavan yksikäsitteisyyden saavuttamiseksi verrataan ilmaistun taajuusmodulaation tunnistettavaa osaa ilmaistuun amplitudimodulaatioon napaisuusintegraattorissa 12 ja tarvittaessa napaisuus käännetään invertterissä 11. Napaisuusintegraattori muodostuu koinsidenssipiiristä, josta saadaan taajuusmodulaation ja amplitudimodulaation sama- tai vastakkaisvaiheista asemasta riippuen vastaava integroitu päätösarvo. Invertterin 11 ja napaisuusintegraattorin 12 toiminta on lyhyesti seuraava: Kuten on jo mainittu, AM-funktion vaihe voi olla 180° virheellinen siitä

riippuen onko häipymiskohdalla ykköstä vastaava rajataajuus f_1 tai nollaa vastaava rajataajuus f_0 .

Häipymiskohdassa oleva rajataajuus ei voi synnyttää FM-ilmaisimessa järkevää lähtöarvoa. Sitä vastoin toisella, ei häipymiskohdassa olevalla rajataajuudella, saadaan täysin yksikäsitteinen tulos, koska aina tämän esiintyessä digitaalisessa merkkijonossa vastaanottimen tulojännite ja siten AM-funktion hetkellisarvo on korkea. Jos siten kuviossa 7 napaisuusintegraattorin IR koinssidenssipiiriä KS avainnetaan aina korkealla AM-jännitteellä, saadaan integraatiotuloksena positiivinen tai negatiivinen jännite riippuen amplitudimodulaation napaisuudesta taajuusmodulaatioon nähden. Jos tulos on negatiivinen, muutetaan invertterin 11 ohjaus, niin että kytkimelle 13 viety AM-funktio saa oikean napaisuuden.

AM-päätöselimessä 14, jossa suoritetaan tietojen tunnistaminen tutkitaan automaattisesti kättökelpoisen bittisynkronisen amplitudimodulaation olemassaolo ja siten tietyllä todennäköisyydellä käyttökelpoisen taajuusmodulaation puuttuminen. Tässä tapauksessa, joka voi esiintyä lähes yksinomaan staattisen häipymisen yhteydessä, kytkee AM-päätöselin 14 kytkimen 13 invertteriin 11 ja amplitudimodulaatiosta saadut merkit viedään regeneraattorille 15.

Edellä esitettyjen laitteiden yhteistoiminta tapahtuu seuraavalla tavalla.

Etenemistilannetta vastaavasti vääristynyt vt-signaali, jonka taso voi olla välillä -92- -10 dBm, kulkee aluksi vt-suodattimen 1 läpi ($B=16\text{kHz}$) ja sieltä erotusvahvistimelle. Tasoltaan -82- 0 dBm (1mW) suuruisena se tulee samanaikaisesti rajoittimelle 2 ja dynamiikkakompressorille 8 joko FM-ilmaisimessa 3 tai AM-ilmaisimessa 9 ilmaistavaksi. FM-ilmaisimen 3 lähdössä on tällöin käytettävissä vastaavan hyöty- tai myös häiriödeviaatioon verrannollinen signaali ja AM-ilmaisimen 9 lähdössä on käytettävissä AM-modulaatioasteeseen verrannollinen signaali.

Puhtaan taajuusmodulaation tapauksessa ei AM-ilmaisimen lähdössä ole signaalia. AM-päätöselin 14 antaa loogisen lähtösignaalin "nolla", FM-AM-kytkin 13 pysyy lepotilassaan FM.

Tässä tapauksessa voi siten puhdas (häiriötön) FM-ilmaisimen 3 FM-lähtö-

signaali kulkea suoraan lepotilassa olevan korvauskytkimen 5, FM-AM-kytkimen 13 ja kantataajuussuodattimen kautta regeneraattorille 15. Tämä signaalitie vastaa täsmälleen optimoidun FM-vastaanottimen tavomaista signaalitietä.

Puhdasta taajuusmodulaatiota esiintyy kuitenkin vain suhteellisen harvoin, nimittäin vain yhden etenemistien tapauksessa. Kuten aikaisemmin on esitetty tähän verrattava tapaus esiintyy monitie-etenemisessä, silloin kun radiotaajuus f_m on amplitudikarakteristiikan maksimin kohdalla (esim. kuvio 1, tapaus III). Kuviossa 8 on esitetty tätä tilannetta vastaava oskillogrammi FM-tietovirrasta (ylhällä) ja AM-funktiosta AM-ilmaisimen 9 lähdössä (alhaalla).

Jos spektrin asema muuttuu esim. radiotaajuuden muutoksen johdosta (kuvio 9), on tästä seurauksena vastaava AM. Tässä tilassa AM ei kuitenkaan riitä ohjaamaan AM-päätöselintä eikä se olisi tarpeellista-kaan, koska FM on vielä luotettavasti tunnistettavissa.

Jos spektri siirtyy edelleen nollakohtaan päin (kuvio 10), niin että toinen rajataajuus tulee suoraan minimin kohdalle, menetetään taajuusmodulaation tunnistettavuus staattisesta häipymisestä johtuen, kun taas AM on nyt kehittynyt täydelliseksi. AM-päätöselin on jo kääntänyt FM-AM-kytkimen 13 AM-asentoon. AM-ilmaisimen lähdössä oleva AM-signaali kytketään AM-rajoittimen 10 ja invertterin 11 kautta signaalitielelle (kytkin 13) FM-signaalia vastaavalla amplitudilla. Spektrin siirtyessä edelleen, niin että rajataajuuksien symmetria häipymiskohdan ympärillä jälleen saavutetaan (kuvio 11), häviää amplitudimodulaatio jälleen, taajuusmodulaatiossa on häiriöfunktio, koska tällöin on kysymys dynaamisesta häipymisestä.

AM-päätöselin 14 on tällöin palauttanut kytkimen 13 alkuasentoonsa FM. FM-ilmaisimen lähdössä vallitseva häiriöfunktio ylittää kynnyсарvo-kytkimen 4 kynnyksen, mikä näytteenotto-pitopiirissä 7 johtaa korvaavan hetkellisarvon viivelinjasta 6 korvauskytkimelle 5, jonka kynnysarvokytkin 4 kytkee samanaikaisesti ylityksen ajaksi alas ja siten kytkee tilalle näytteenotto-pitopiiriin tallennetun analogia-arvon.

Siten saadaan kantataajuisen kaistanpäästösuodattimen lähdössä olevaan regeneraattoriin 15 kaikissa käsittelyissä tapauksissa häiriöfunktioista puhdistettu signaali.

Tässä esitetty laite kykenee heijautuneen tien kulkuajasiirtymällä

$\Delta t = 1/2$ bittiä ja häipymisen maksimisyvyydellä 22 dB korjaamaan tai kompensoimaan automaattisesti kaikki virheet.

Jos FM-käytössä esiintyy lisäksi lyhyitä kohina- tai pulssihäiriötä ne ilmenevät samoin modulaatiossa lyhyinä piikkeinä. Dynaaminen korjain havaitsee ja poistaa tällaiset piikit automaattisesti ja toimii siten häiriön poistimena.

Dynaamista korjainta on käsitelty jo kuvion 6 lohkokaaavion yhteydessä. Kuviossa 12 on esitetty eräs korjaimen toteutusmuoto. Kuviossa 13 on esitetty eri toimintojen pulssikaavio.

Piirin tulossa, joka on merkitty viitemerkillä FM, on jo ilmaistu FM-signaali, rivi a kuvio 13. Signaalit on merkitty kuvion 12 kytkentäkaavioon kuvion 13 rivien mukaisesti rengastettuna. Tämä signaali kulkee toisaalta viivelinjan 20 kautta kytkimelle, jota näyttteenotto-pitopiirin SH monostabiilin elimen 23 lähtö ohjaa. Toisaalta FM-signaali kulkee kynnysarvokytkimen GS yksinapaiselle rajoitinpiirille 21. Rajoitinpiiri on toteutettu käyttämällä kaksoisjännitekomparaattoria, jonka positiivista kynnystä voidaan muuttaa asetuspotentiometrin 21a ja negatiivista kynnystä potentiometrin 21b avulla. Rajoittimen 21 liipaisukynnykset on asetettu potentiometrien 21a ja 21b avulla siten, että rajoitin reagoi hyötypoikkeaman ylittävillä positiivisilla ja negatiivisilla muutoksilla (monitievääristymä, kohina), kuten edellä on esitetty. Jännitekomparaattori 21 antaa kynnnyksen ylityksen ajan lähtösignaalia, joka tuodaan toisaalta TAI-piirin 22 kautta monostabiilille elimelle 23 ja toisaalta loogiselle elimelle 23a. Ohjaussignaalina, ts. TAI-portin 22 lähtösignaalina, joka on esitetty kuvion 13 rivillä c, saadaan positiivisen tai negatiivisen kynnnyksen ylittämisen ajan kestävä suorakulmiopulssi. Monostabiili elin 23 on asetettu siten, että se antaa tämän signaalin nousevalla reunalla kapean ohjapulssin (kuvion 13 rivi d) kytkimelle 25, joka sisältyy lohkokaaavion näyttteenotto-pitopiiriin (lohko 6 kuviossa 6). Kytkin ottaa siten viive-elimien 20 viivästämästä FM-ilmaisimen lähtösignaalista (joka on esitetty kuvion 13 rivillä b) näyttteen, jonka arvoon kondensaattori C vahvistimen 26 avulla varautuu.

Viive-elimien 20 viive τ on bitin kesto aikaan verrattuna pieni mutta siten mitoitettu, että signaalista b otetaan vähän ennen kynnnyksen

ylitystä näyte, joka vastaa vääristymättömän merkki-informaation maksimaalista amplitudiarvoa.

Monostabiili elin 24 tulee liipaistuksi loogisen elimen 23a signaalin negatiivisella reunalla ja se pidentää TAI-portin 24a avulla korvausaikaväliä määrällä τ . Elimen 24a lähtösignaali toisaalta ohjaa kytkintä 32, joka on vääristymättömässä käytössä suljettuna. Tällöin hyvin tulkittavissa oleva FM-signaali kulkee viive-elimen 20 ja kytkimen 32 kautta välivahvistimelle 33 ja sieltä lähtöön E. Tähän lähtöön on, kuten kuvion 6 lohkokaaviossa on esitetty, yhdistetty FM-AM-vaihtokytkin (13 kuviossa 6). Toisaalta elimen 24a lähtösignaali ohjaa invertterin 31 kautta kytkintä 30, joka on vääristymättömässä käytössä avoimena. Mikäli kuitenkin TAI-portin 24a lähdössä on poikkeaman ylityksistä johtuen pulssi, kuten kuvion 13 rivillä e on esitetty, se sulkee kytkimen 30 ja avaa kytkimen 32. Monostabiili elin 24 pidentää käytännöllisesti katsoen näytteen kestoajan verran lyhentynyttä korvausaikaväliä viivelinjan 20 viiveellä τ . Lähtöpuoli kytkimineen on yhdistetty lohkoksi S1.

Kondensaattorin C rinnalla on kytkin 27, jota TAI-portin 29 pulssi ohjaa siten, että se avautuu pulssin ajaksi eikä siten muuta kondensaattorin varaustilaa. TAI-portti 29 saa avauspulssin näytteenottovaiheen aikana monostabiililta elimeltä 23 ja pitovaiheen aikana TAI-portilta 24a. Ts. kondensaattoriin C varastoitunut varaus voi rivillä g olevan pulssin, kytkimen 27 ohjaussignaalin, ajan siirtyä vahvistimen 28 ja suljetun kytkimen 30 kautta FM-lähtöön. Muuna aikana kondensaattori C on suljetun kytkimen 27 oikosulkema, ts. purkautunut. Tällä tavoin on varmistettu se, että kondensaattorin C kontrolloimattomat varaukset eivät voi edetä kytkimelle 30 ja sieltä lähtöön. Kytkin 30 (ohjaussignaali $\textcircled{f}$) kytkee korvaavan arvon lähtöön vasta näytteenottovaiheen päätyttyä.

Kuviossa 14 on esitetty staattisen korjaimen kytkentä kiinteään käyttöön, joka vastaa seuraavia kuvion 6 osia. PI on napaisuus-integraattori, DA on tietojen lähtöpiiri, I on napaisuuden kääntäjä, joka on kuviossa 6 merkitty viitenumerolla 11, AMB on AM-rajotin. Elimet 52 ja 50 muodostavat kuvion 6 lähtöpiirin AM-päätöselimen 14.

Lohkokaavion yhteydessä jo todettiin, että vt-signaali kulkee aluksi tunnetun tyyppisen logaritmisen vahvistimen läpi ja ilmaistaan tämän jälkeen AM-ilmaisimessa. Tämän ilmaisimen lähtösignaalia on tässä merkitty viitemerkillä AM ja se johdetaan aluksi tasolukko-piirille 57. Tämän tehtävänä on erottaa keskimääräinen tasajännitteen arvo, jonka määrää vastaanotetun signaalin kentänvoimakkuus. Se muodostuu yksinkertaisimmassa tapauksessa, kuten kytkennästä ilmenee, sarjakondensaattorista ja poikittaishaarassa olevasta lukko-diodista. Tämän jälkeen signaali viedään alipäästöelimelle 6, jonka rajataajuus on suunnilleen suurimman modulaatiotaajuuden kohdalla. Täältä signaali kulkee aluksi AM-rajoitinelle 54, jonka kynnys on aseteltavissa potentiometrin 55 avulla. Potentiometri 55 asetetaan siten, että puhtaassa FM-tulkintatilanteessa (kuvio 1, tapaukset I ja II) monitievastaanotossa amplitudivaihtelusta johtuva AM-aaltoisuus ei voi aktivoida AM-tulkintaa. Tämä komparaattorina toteutettu rajoitin 54 leikkaa AM-signaalit ja muuttaa ne siten digitaaliseksi informaatioksi. Signaali kulkee tämän jälkeen AM-tietovirtana napaisuusintegraattorin PI ja AM-invertterin I lohkoihin.

Kuten aikaisemmin on mainittu, on vt-taso käyttökelpoisen AM-tietovirran tapauksessa aina välttämättä toisen rajataajuuden kohdalla tietyn määrän korkeampi kuin toisen rajataajuuden kohdalla. Tämän vuoksi täytyy myös korkeamman vt-tason merkin napaisuuden olla havaittavissa FM-ilmaisimen jälkeen. Kuitenkin vain tämä signaali antaa varman tiedon merkin napaisuudesta, ts. loogisesta nollasta tai loogisesta ykkösestä. Riippuen siitä kummalla rajataajuudella häipyminen esiintyy, voivat AM-signaalin ja FM-tietovirran napaisuudet olla samat tai vastakkaiset. Napaisuusintegraattorille tuodaan siten elimen 54 AM-signaalin lisäksi vertailua varten alipäästöelimien 35 kautta myös FM-signaali, joka on merkitty viitemerkillä FM. FM-signaali otetaan kuvion 12 dynaamisen korjaimen lähdöstä E. Alipäästöelimien 35 rajataajuus on suunnilleen korkeimman modulaatiotaajuuden suuruinen. Alipäästöelimien lähdössä on rajoitin 36. FM-signaali tulee tämän jälkeen kytkimen 37 kautta kytkimen ollessa suljettuna RC'-elimelle 38. Kytkintä 37 ohjaa komparaattorilta 54 tuleva tietovirta. Kytkin 37 on siten suljettuna vain silloin, kun AM on niin suuri, että kynnys 55 ylitetään. Toisin sanoen elimen 38 kondensaattori C' varautuu vääristymättömän rajataajuuden esiintymisen aikana ja se säilyttää varauksensa myös vääristyneen rajataajuuden aikana. Elimen 38 kondensaattorin C' rinnalla on kytkin

39. Tätä kytkintä ohjataan pulssinmuokkaimen 40 ja monostabiilin elimen 41 välityksellä. Monostabiili elin 41 muodostaa AM-tietosignaalin nousevasta reunasta bitin pituuteen verrattuna hyvin lyhyen pulssin. Tämän pulssin aikana elimen 38 kondensaattori C' purkautuu täydellisesti. Kytkimen 39 jälkeen on kytketty alipäästöelin 42 ja pulssinmuokkain 43. Alipäästöelimen tarkoituksena on vaimentaa purkauksen kytkentäpiikit tarvittavan yksikäsitteisen napaisuustiedon saamiseksi pulssinmuokkaimen 43 lähtöön.

Toiminnot selitetään vielä yksityiskohtaisesti kuvioon 15 liittyen.

Kuvion 15 rivillä a on esitetty vääristynyt FM-signaali, joka yhtä bittiä vastaavalla aikavälillä I on yksikäsitteisesti tulkittavissa ja samoin yhden bitin aikavälillä II mahdoton tulkita. Diskriminaattorin lähtöjännite voi aikavälillä I olla merkin polariteetista (looginen 1 tai looginen 0) riippuen positiivinen tai negatiivinen. Jälkimmäinen tapaus on osoitettu miinuksella merkityn katkoviivan avulla. Seuraavalla aikavälillä III (vastaa useita bittejä) signaali voi jälleen olla positiivinen tai negatiivinen mutta se on kuitenkin taajuusilmaisimen jälkeen tulkittavissa. Rivillä b on esitetty vastaava AM-ilmaisimen AM-tietosignaali, joka on komparaattorin 54 lähdössä digitaalisen lähtösignaalin muodossa (rivi c). Tämä signaali ohjaa monostabiilia elintä 41 ja kytkintä 37. Rivillä d on esitetty kondensaattorin C' jännitteen kulku ja erityisesti tapauksessa, jossa FM-signaalin napaisuus on otettu positiiviseksi. Rivillä e on esitetty sama negatiiviselle napaisuudelle. Alkuehdosta (varaus 0) johtuen on kondensaattorin varaus oikosuljettava kytkimellä 39 lyhyeksi ajaksi ($t \ll 1$ bitti) AM-signaalin nousevan reunan kohdalla monostabiilin elimen 41 avulla. Tämä on osoitettu kuvion 15 rivin f mukaisella signaalilla. Pulssinmuokkaimen 43 lähdössä on siis AM- ja FM-tietojen samasta tai vastakkaisesta napaisuudesta riippuen yksikäsitteinen digitaalinen asetusinformaatio, joka napaisuuden kääntäjän 51 avulla yhdistää tällöin tulkittavissa olevan elimestä 54 tulevan AM-tietovirran merkin napaisuuden suuntaa vastaavasti FM-tietovirtaan.

Napaisuuden kääntäjä I muodostuu yksinkertaisimmassa tapauksessa eksklusiivisesta-TAI-portista kuten on esitetty. Tällä tavoin varmistetaan se, että komparaattorilta 54 tuleva tieto on aina elimen 51 lähdössä saman suuntainen FM-tiedon kanssa. Tämä signaali johde-

taan tämän jälkeen kytkimen 47 kautta varsinaiseen tietosignaalin lähtöön, ts. tietojen regeneraattorille 48. Sen varmistamiseksi, että AM-tulkinta tapahtuu vain riittävällä signaalikohinasuhteella ja AM-rajoittimen ja napaisuusintegraattorin luotettavalla lähtötiedolla, piirissä on kaksi viivästetyllä liipaisulla varustettua monostabiilia elintä 44 ja 50. Pulssinmuokkaimen 43 lähtö ohjaa monostabiilia elintä 44 ja se vapauttaa AM-vaihtokytkennän, kun napaisuusintegraattorilta on saatu luotettava ilmoitus määrätyn ajan. Toisella puolella on monostabiili elin 50, jota ohjataan AM-päätöselimen AME välityksellä. Tämä muodostuu komparaattorista 52, jolla on potentiometrillä 53 asetettava kynnys, ja sitä ohjaa alipäästöelimen 56 AM-lähtö. Tässä pätevät samat näkökohdat kuin komparaattorin 54 potentiometrin 55 yhteydessä. Jos päätöselimellä 52 oleva AM on määrätyn ajan, joka on oleellisesti suurempi kuin bitin kesto aika, ylittänyt kynnyksen, vapauttaa monostabiili elin 50 AM-käytön.

Varsinainen AM:n ja FM:n välinen vaihtokytkin muodostuu kytkinväleistä 45 ja 47 ja napaisuuden kääntäjästä 46 ja se kytkeytyy AM-tulkintaan vain, kun portin 49 muodostamalla loogisella elimellä on molempien monostabiilien elinten 44 ja 50 yksikäsitteiset AM-ilmoitukset. Monostabiilien elinten 50 ja 44 aikavakiot riippuvat oleellisesti etenemistilan muutosnopeudesta ja siihen liittyvästä tulkintatilojen automaattisen vaihtokytkennän nopeudesta.

Kuvion 1 selityksessä on lähdetty siitä, että lähetin ja vastaanotin ovat kiinteitä, jolloin vastaanotetun signaalitason energiajakautuma riippuu lähes yksinomaan käytetystä taajuudesta. Kiinteillä radio-taajuuksilla minimi voi siirtyä deviaatioalueelta pois tai deviaatio-alueen sisälle heijastimien paikallisista siirtymistä tai heijastumis- ja taipumisilmiöiden vaihteluista monitie-etenemisestä johtuen (ionosfääri- ja sirontayhteydet). Yleensä nämä muutokset ovat suhteellisen hitaita.

Jos lähetin ja vastaanotin liikkuvat käytön aikana, kuten tapahtuu siirtyvillä asemilla ajon aikana, vastaanotettu signaalitaso seuraa taajuudesta riippuvan energiajakatuman lisäksi siihen yhteydessä olevaa paikasta riippuvaa energiajakatunmaa, jonka minimien paikallinen keskinäinen etäisyys on suoraan verrannollinen käytetyn radio-taajuuden aallonpituuteen. Toisin sanoen siirtyvässä käytössä vääristymän määrä muuttuu pitkien heijastuneiden etenemisteiden vaiku-

tuksesta heijastimien ollessa kiinteitä paikasta riippuvasti lähtettävän ja vastaanottavan kulkuvälineen suhteellisen nopeuden mukana ja käytetyn radiotaajuuden aallonpituudesta riippuen. Esimerkiksi radiotaajuutta 300 MHz käytettäessä, mikä vastaa puolen aallon pituutta 0,5 m, nopeudella 10 m/s (36 km/h) siirtyvä asema ohittaa 20 minimiä sekunnissa. Vääristymien määrää voidaan havainnollistaa kuvion 1 avulla, kun taajuusakseli korvataan aika-akselilla ja tapauksessa I esitettyä taajuuksien f_0 ja f_1 välillä olevaa modulaatiokaistaa siirretään esim. oikealle sellaisella nopeudella, että amplitudi- ja vaiheaallon ohittaminen kestää $1/20$ s ja tasaisella nopeudella ohitetaan 20 aaltoa sekunnissa. Kuviossa 1 esitetyt eri tapaukset I, II ja III muuttuvat siten tilajakautuman läpikulkua vastaavasti nopeasti peräkkäin toisikseen ja toistuvat vastaavalla jaksottaisuudella.

Kuvion 6 mukaisen dynaamisen korjaimen DE korvausnopeus riippuu vain siinä käytettyjen integroitujen komponenttien toiminta-ajoista ja viiveistä. Siten dynaaminen korjaus on huomattavasti nopeampaa kuin nopein odotettavissa oleva etäisyyden muutos lähettimen ja vastaanottimen välillä.

Staattisen korjaimen SE kannalta tilanne on erilainen. Staattisessa korjaimessa SE erotetaan ennen rajoitinta otetusta logaritmoidusta ja tasasuunnatusta vt-signaalista AM-signaalin saamiseksi tarvittava bittisynkroninen vaihtojännite keskimääräistä kentänvoimakkuutta vastaavasta tasajänniteestä AM-ilmaisimen 9 lähdössä kondensaattorin avulla. Jos keskimääräinen kentänvoimakkuus muuttuu siirtyvässä käytössä jaksottaisesti, kondensaattorin varautumis- ja purkautumisaikavakiot vääristävät AM-ilmaisimen lähdössä olevan signaalin suuruutta silloin, kun aikavakiot eivät enää ole merkityksellömän pieniä keskimääräisen kentänvoimakkuuden muuttumisnopeuteen verrattuna. Tämä vaihtojännitteen vääristyminen haittaa huomattavasti AM-tietojen tulkintaa.

Kun vaihtojännitteen erotukseen käytetään tavanomaista kondensaattorikytkentää, keskimääräisen kentänvoimakkuuden nopeilla muutoksilla esiintyvät vaihtojännitteen vääristymät paitsi häiritsevät kuvion 2 AM-päätöselimen 14 tarkkaa toimintaa ja siten vaihtokytkeä 13 kääntymistä oikealla hetkellä aiheuttavat myös lisäksi epäsymmetrisen avainnussuhteen bittivirtaan AM-ilmaisimen 9 lähdössä,

jolloin napaisuusintegraattorin integrointitulokseen tulee hyvin suuri hajonta-alue. Tämä käytännöllisesti katsoen estää amplitudi-modulaation avulla saatujen tietojen tulkinnan.

Toisen näyttteenottopiirin ja vähennyslaskuelimen välille on edullista sijoittaa alipäästösuodatin tasoittamaan siten keskimääräiseen kentänvoimakkuuteen verrannollisen tasasähkösuureen vaihtelun kulkua kokonaiskytkennän toiminnan kannalta edullisella tavalla.

Ohjaussignaali näyttteenottotaajuuden syöttämiseksi toiselle näyttteenottopiirille ensimmäisen näyttteenottopiirin lähtösignaalin amplitudin muutoksista riippuvasti saadaan edullisesti siten, että kytkimen ohjaustulo on yhdistetty ensimmäisen näyttteenottopiirin lähtöön derivointielimen ja mahdollisesti sarjaankytketyn pulssinmuokkausasteen kautta.

Kuvion 16 vaihtojännitteenerotuskytkentä korvaa kuvion 6 staattisen korjaimen SE amplitudi-ilmaisimen 9 lähdössä olevan kondensaattorikytkennän, ts. se korvaa kuvion 14 kytkentäkaavion yksiköt 56 ja 57. Siihen sisältyy siten tasolukkopiiri 56 ja alipäästöelin 57. Kytkennässä on kaksi näyttteenottopiiriä 116 ja 117, joiden tuloihin ilmaistu signaali tuodaan. Vastaanottopuolella tulosignaalista johdettu taajuus T ohjaa kumpaakin näyttteenottopiiriä, näyttteenottopiiriä 116 suoraan ja näyttteenottopiiriä 117 kytkimen 122 välityksellä. Kuvion 16 vaihtojännitteen erotuspiirissä on lähtöpuolella vähennyslaskuelin 118, jonka toiseen tuloon on johdettu näyttteenottopiirin 116 lähtösignaali suoraan kun taas vähennyslaskuelimen 118 toiseen tuloon on johdettu näyttteenottopiirin 117 lähtösignaali alipäästöelimen 119 välityksellä. Kytkimen 122 ohjaustulo on lisäksi yhdistetty näyttteenottopiirin 116 lähtöön derivointipiirin 120 ja pulssinmuokkausasteen 121 kautta.

Kuvion 17 diagrammien a-f ajan funktiona esitetyt jännitekäyrät esittävät jännitekäyriä kuvion 16 vaihtojännitteenerotuspiirin vastaavasti merkityissä kohdissa. Diagrammi a esittää ilmaistua tulosignaalia, joka edustaa jännitearvojen U_1 ja U_2 välillä vaihtelevaa tietovirtaa. Tästä tulosignaalista otetaan bitin pituuteen verrattuna lyhyenä aikana impulssimaisesti näytteitä aina bitin keskellä pulssitaajuuden avulla, jonka amplitudi on U_T . Tämä pitää paikkansa lähinnä vain näyttteenottopiirille 116, johon taajuus

viedään suoraan. Näytteenottopiirin 116 lähdöstä saadaan siten regeneroitu tulosaali, jolla on symmetrinen avainnussuhde, tasajännitteeseen summautuneen sakarapulssijonon muodossa. Tämä sakarapulssijono derivoidaan derivointipiirissä 120 ja viedään pulssinmuokkausasteen 121 kautta kuljettuaan kytkimen 122 ohjaus-tuloon. Ohjaussignaalin kytkimelle 122 näytteenottopiirin 116 lähtösignaalista johtava piiri on mitoitettu niin, että vain diagrammin c sakarapulssijonon nousevat reunat ohjaavat kytkimen avoimesta tilasta suljettuun tilaan. Tästä on seurauksena, että näytteenottopiiri 117 tallettaa vain sen ilmaistun tulosaalin näytearvoista, jolla on jännitearvo U_1 vastaava maksimiarvo. Tästä johtuen näytteenottopiirin 117 lähdössä on tasajännite, joka on esitetty diagrammissa e ja jolla on arvo U_1 . Tämä tasajännite on verrannollinen alkuperäisen vastaanotetun signaalin kentänvoimakkuuden sen hetkiseen keskiarvoon ja se antaa siten vertailusuureen AM-ilmaistun signaalin amplitudimodulaatiolle. Alipäästöelimen 119 rajataajuus on mitoitettu korkeimman käytetyn radiotaajuuden (vaimennusmaksimien paikasta riippuva etäisyys) ja lähettävän ja vastaanottavan kulkuvälineen välisen maksimaalisen suhteellisen nopeuden mukaan. Tällä tavoin voidaan varmistaa se, että maksimaalinen tasajännitteen muuttumisnopeus näytteenottopiirin 117 lähdössä siirtyy vielä täydellisesti alipäästöelimen läpi, samalla kun häiriöiden aiheuttamat nopeammat muutokset vaimentuvat. Vähennyslaskuelimen 118 lähdöstä saadaan siten diagrammissa f esitetty jännitekäyrä diagrammin a mukaisten jännitearvojen U_1 - U_2 erotuksesta.

Patenttivaatimukset

1. Järjestelmä digitaalisten tiedonsiirtosignaalien, jotka on liitetty kantaaltoon taajuusmodulaationa, vastaanottamiseksi heijastuksien häiritsemässä etenemistilassa, erityisesti liikkuvia asemia, kauko- ja sirontayhteyksiä varten, t u n n e t t u siitä, että vaihe- ja amplitudivääristymien aiheuttamat informaatiohäviöt tunnistetaan automaattisesti aiheuttajastaan riippuen kahdessa toisiaan täydentävässä laitteessa, joista toinen on taajuusdiskriminaattori (3), jonka jälkeen on kytketty laite (4) heijastusvääristymien aiheuttamien häiriöpiikkien havaitsemiseksi, ja piiri (6, 7) joka leikkaa nämä häiriöpiikit, toiseen haaraan taajuusilmaisimen (3) rinnalle on lisäksi kytketty amplitudimodulaatioilmaisimen (9), ja että molempien ilmaisimen (3, 9) lähdöt on johdettu vaihtokytkimelle (13), jota ohjaa amplitudimodulaation tunnistuselin (14) ja joka tunnistettavissa olevalla riittävän suurella amplitudimodulaatiolla kytkee amplitudimodulaatioilmaisimen (9) ja tunnistettavissa olevalla taajuusmodulaatiolla taajuusdiskriminaattorin (3) sekä häiriöpiikkien tunnistimen (4, 6, 7) yhteiseen lähtöön, että AM-ilmaisimen (9) lähtöön on lisäksi kytketty napaisuudenkääntäjä (11), jota napaisuusintegraattori (12) ohjaa, mikä vaihtaa AM-ilmaisutuloksen napaisuuden FM-ilmaisutuloksen korkeudesta riippuen sellaiseksi, että saadaan napaisuudeltaan oikea AM-ilmaisu.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestelmä digitaalisten tietojen vastaanottamiseksi, t u n n e t t u siitä, että yhteisen vthaaran jäljessä on ennen FM-ilmaisinta (9) rajoitin (2) ja ennen AM-ilmaisinta (9) dynamiikkakompressorin (8).

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen järjestelmä digitaalisten tietojen vastaanottamiseksi, t u n n e t t u siitä, että dynamiikkakompressorina (8) on vahvistin, jolla on negatiivisesti logaritminen amplitudiominaiskäyrä.

4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen järjestelmä digitaalisten tietojen vastaanottamiseksi, t u n n e t t u siitä, että laite heijastumisvääristymien aiheuttamien häiriöiden havaitsemiseksi on kynnysarvokytkin (4), joka tietyn suuruuden ylittäväillä häiriöpiikeillä kytkee pois FM-ilmaisimesta tulevan signaalin vaihtokytkimen (5) avulla tämän lähdöstä ja kytkee vaihtokytkimen häiriöpiikin kestoajaksi (näyte) viivelinjaan (6), joka on samoin kytketty FM-ilmaisimen (3) lähtöön.

5. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen järjestelmä digitaalisten tietojen vastaanottamiseksi, t u n n e t t u siitä, että napaisuusintegraattori (12) ohjaa AM-haarassa koinsidenssipiiriä ja napaisuuden kääntäjää (11) siten, että saadaan AM-signaalin oikea napaisuus.

6. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen järjestelmä digitaalisten tietojen vastaanottamiseksi, t u n n e t t u siitä, että AM-ilmaisimen (9) ja napaisuuden kääntäjän (11) välissä on AM-rajoitin (10).

6. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen järjestelmä digitaalisten tietojen vastaanottamiseksi, t u n n e t t u siitä, että AM-ilmaisimen (9) ja napaisuuden kääntäjän (11) välissä on AM-rajoitin (10).

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että häiriöpiikkien havaitsemis- ja poistolaitte käsittää kaksoisjännitekomparaattorin (21), jonka positiivinen ja negatiivinen kynnys voidaan asettaa hyötypoikkeaman mukaiseksi, että komparaattorin (21) jälkeen on kytketty TAI-portti (22), jonka lähtösignaali kynnys ylittettäessä ohjaa lyhytaikaisesti kytkintä (25), joka siirtää bitin kesto aikaan verrattuna pienen aikavälin τ viivästetyn tulosaalalin (b) hetkellisarvon vähän ennen ylityksen ajankohtaa kondensaattorille (C), jonka varaus säilyy viiveajan τ kynnyksen alituksen yli ja johdetaan vaihtokytkimen osan (30) kautta lähtöön (E), että laitteessa on lisäksi piirinosa (23a, 24, 24a, 29), joka kytkentäpulssein tullessa kytkimelle (25) avaa kondensaattorin oikosulkukytkimen (27) ja sulkee vaihtokytkimen osan (30), samalla kun se avaa vaihtokytkimen toisen osan (32), joka normaalisti johdtaa viivästetyn signaalin (b) lähtöön (E), ja jolloin piirinosa on toteutettu siten, että se säilyttää tämän kytkentätilan niin kauan kunnes kynnyksen ylitys on päättynyt.

8. Patenttivaatimusten 1 ja 7 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että AM-ilmaisimelta tuleva signaali (AM) viedään tasolukupiirille (57) keskimääräisen tasajännitteen arvon erottamiseksi, sitten alipäästöelimelle (56), josta se kulkee AM-rajoittimelle (54), ja että tämän lähtösignaali viedään toisaalta eksklusiivisena-TAI-porttina toteutetun napaisuuden kääntäjän ensimmäiseen tuloon

ja toisaalta kytkimelle (37), joka sulkeutuu riittävän suurella AM-signaalilla ja kytkee FM-signaalin, joka jo on vaatimuksen 1 mukaisesti korvattu (lähtö E), kondensaattorille (C'), josta tämä signaali johdetaan alipäästöelimen (42) ja pulssimuokkaimen (43) kautta eksklusiivisen-TAI-portin (51) toiseen tuloon, että lisäksi AM-rajoittimen (54) lähtösignaali johdetaan pulssinmuokkauspiirille (41, 42), joka muodostaa tämän signaalin nousevista reunoista bitin kestoon verrattuna hyvin lyhyen pulssin (rivi f, kuvio 5), joka sulkee kytkimen (39), joka purkaa kondensaattorin (C') ja että lopuksi napaisuuden kääntäjän (I) (eksklusiivinen-TAI-portti 51) lähtösignaali kulkee ymmärrettävän amplitudimodulaation esiintyessä sulkeutuvan AM-FM-vaihtokytken kytkentävälin (47) kautta koko järjestelmän lähtöön, johon on yhdistetty tietojen regeneraattori (48).

9. Patenttivaatimusten 1, 7 ja 8 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että pulssinmuokkaimen (43) lähdössä on viivästetyllä liipaisulla varustettu monostabiili elin (44), jonka lähtö on viety loogisen piirielimen (portti 49) toiseen tuloon ja että AM-signaali (alipäästöelimen 56 lähtösignaali) on johdettu kynnyspiirin (komparaattori 52) ja viivästetyllä liipaisulla varustetun monostabiilin elimen (50) kautta toiseen tuloon portissa (49), jonka lähtö silloin, kun monostabiilit elimet (44, 50) antavat tiedon käyttökelpoisen amplitudimodulaation olemassa olosta, kääntää AM-FM-vaihtokytken asentoon AM, ts. kytkentävälin (47) suljetuksi ja kytkentävälin (45) avoimeksi, samalla kun normaalitapauksessa hyvin tulkittavissa olevan taajuusmodulaation esiintyessä AM-FM-vaihtokytken kytkentäväli (45) on suljettuna ja (47) avoimena ja lähdön (E) FM on yhdistettynä tietojen regeneraattorin (48) tuloon.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että AM-ilmaisimen lähtöpuolella on vaihtojännitteenerotuspiiri, jossa on tulopuolella ensimmäinen ja toinen, ensimmäisen rinnalle kytketty, näytteenottopiiri (116, 117), joista ensimmäistä (116) ohjaa tulosignaalista johdettu taajuus (T) suoraan ja toista (117) kytkimen (122) välityksellä, ja jonka lähtöpuolella on vähennyslaskuelin (128), jonka tulot ovat yhteydessä näytteenottopiirien lähtöihin ja että taajuuden toiselle näytteenottopiirille johtavaa kytkintä ohjataan ensimmäisen näytteenottopiirin lähtösignaalin amplitudin kulun vaihteluista riippuvaisesti.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että toista näytteenottopiiriä (117) ja vähennyslaskuelintä (118) yhdistävälle tielle on sijoitettu alipäästösuodatin (119).
12. Patenttivaatimuksen 10 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että kytkimen ohjaustulo on yhdistetty ensimmäisen näytteenottopiirin lähtöön derivointielimen (120) ja mahdollisesti sarjaan-kytketyn pulssinmuokkausasteen (121) kautta.

Fig.1

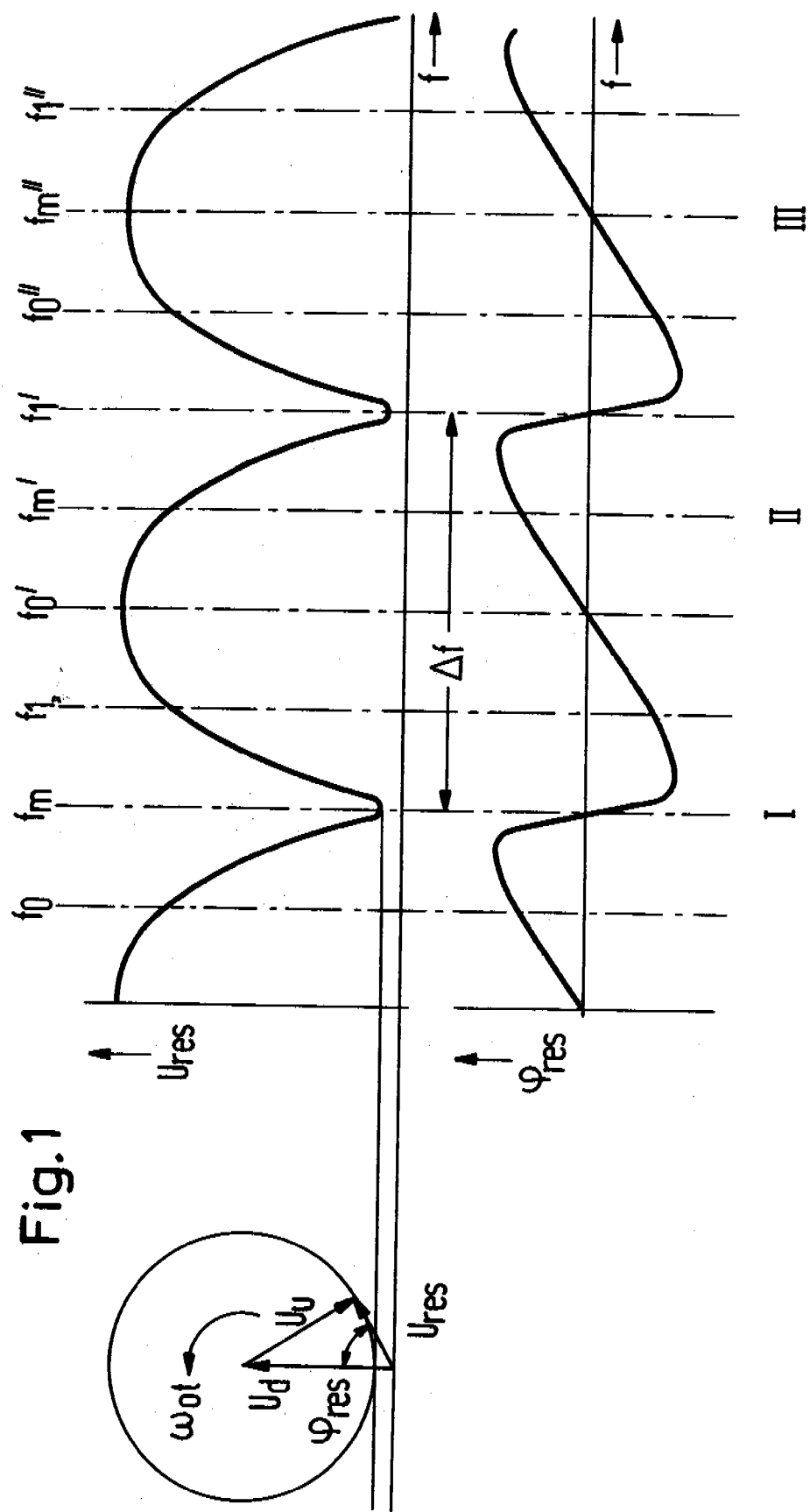


Fig.2

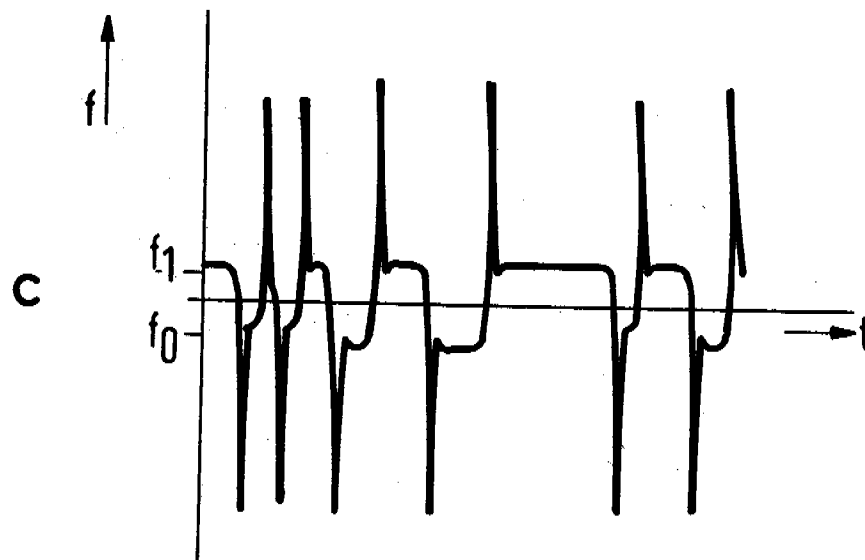
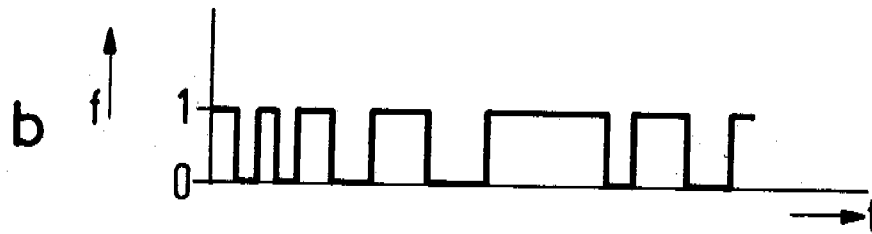
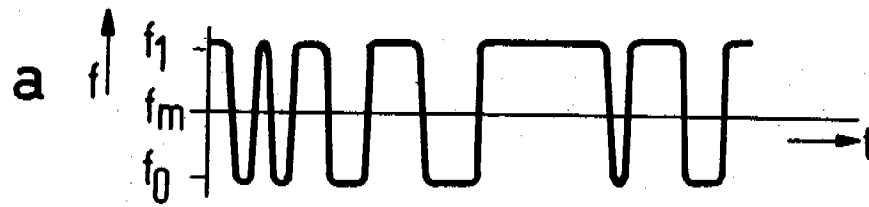


Fig.3

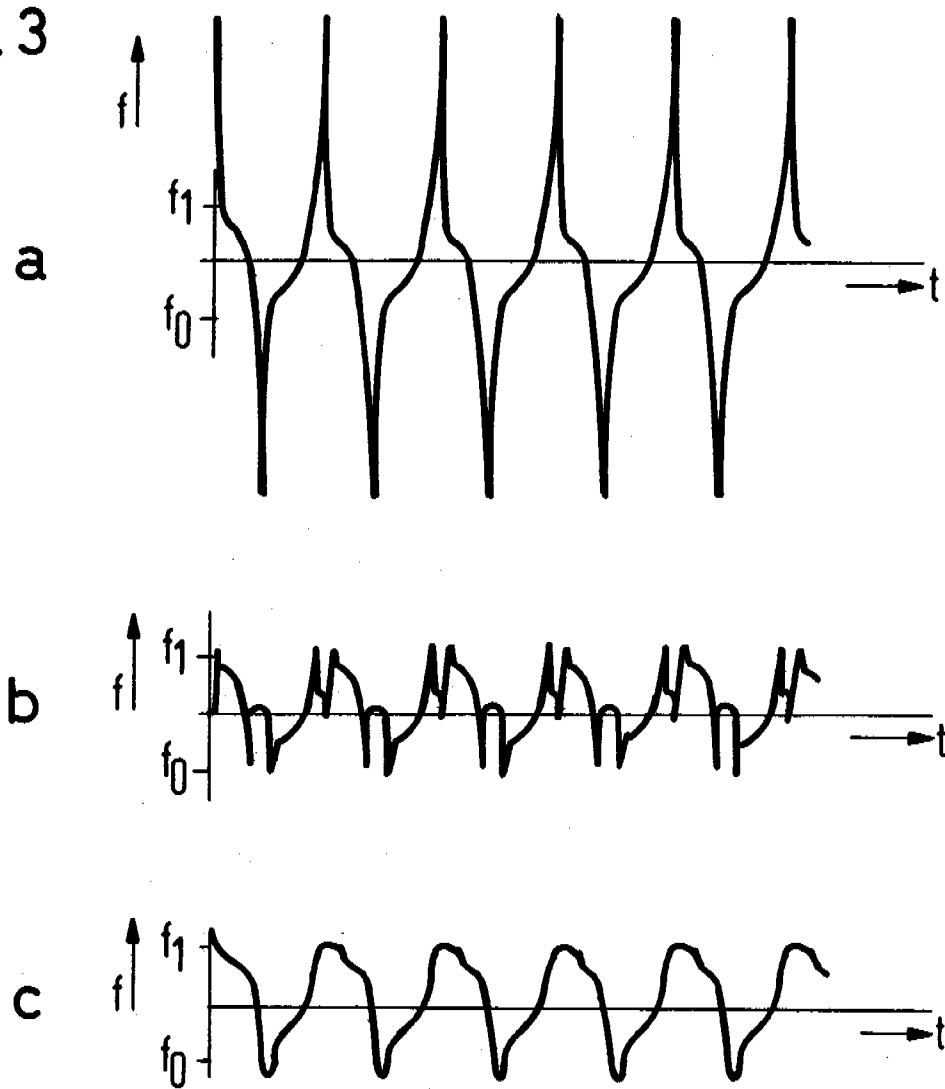


Fig.4

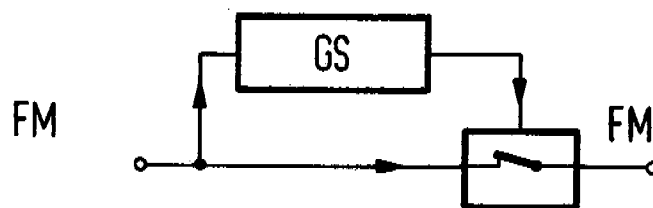


Fig.5

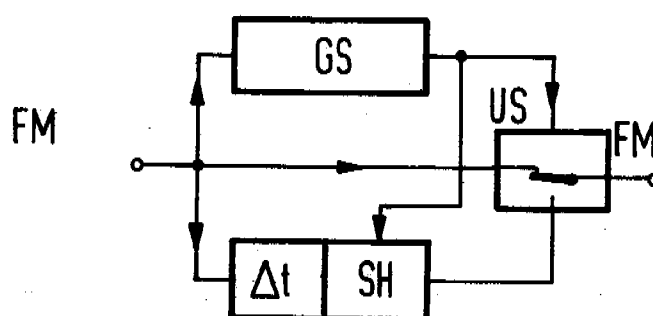


Fig. 6

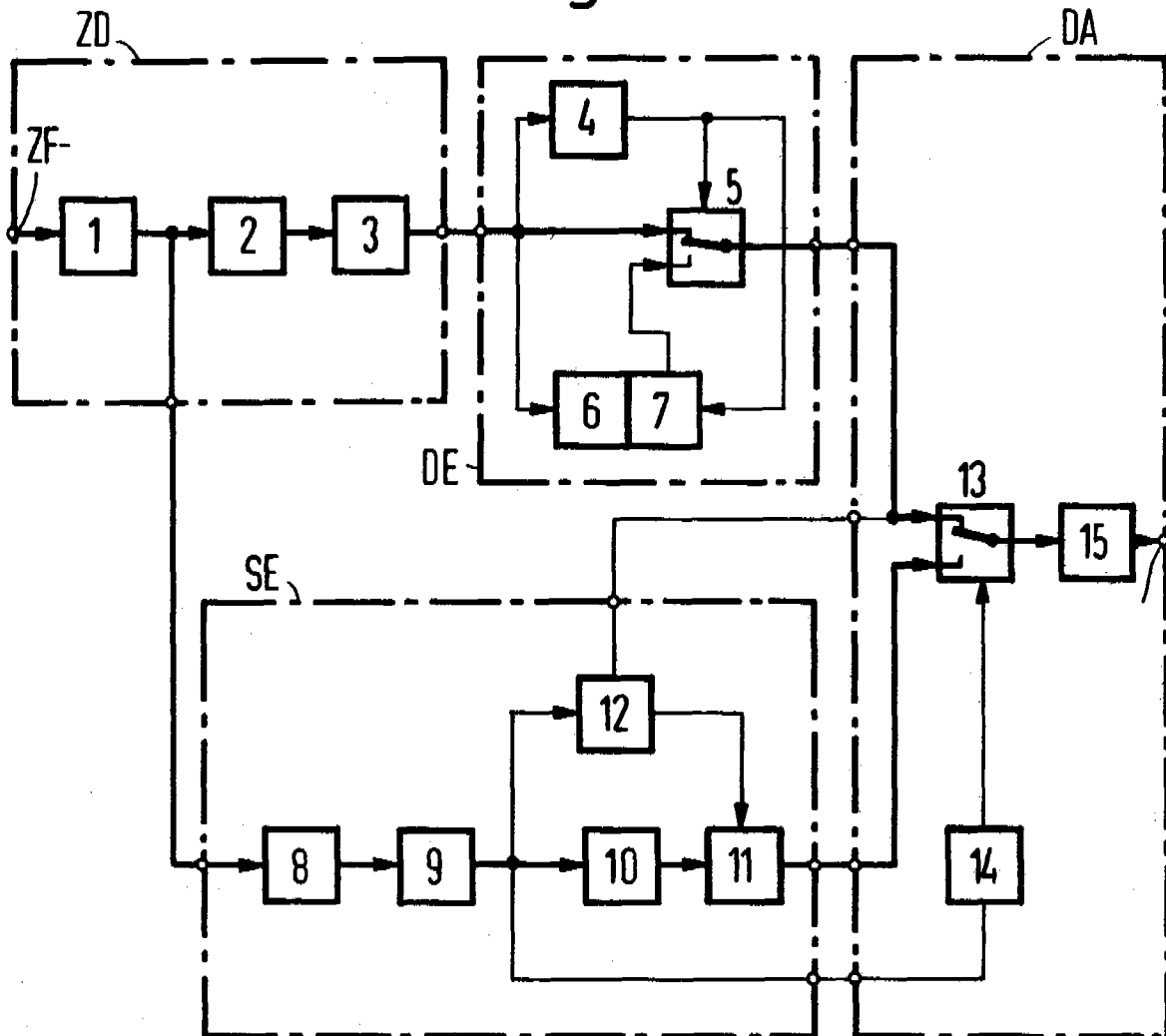


Fig. 7

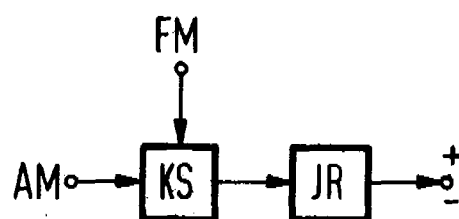


Fig. 8

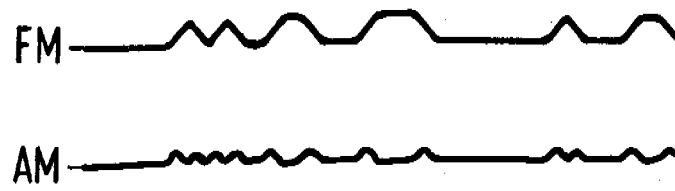


Fig. 9

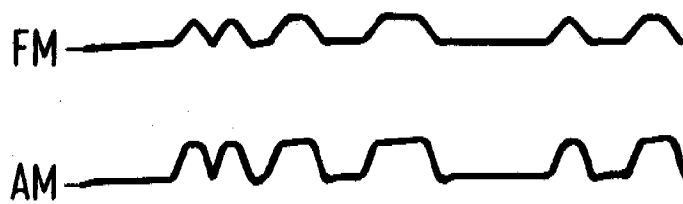


Fig. 10



Fig. 11



Fig.12

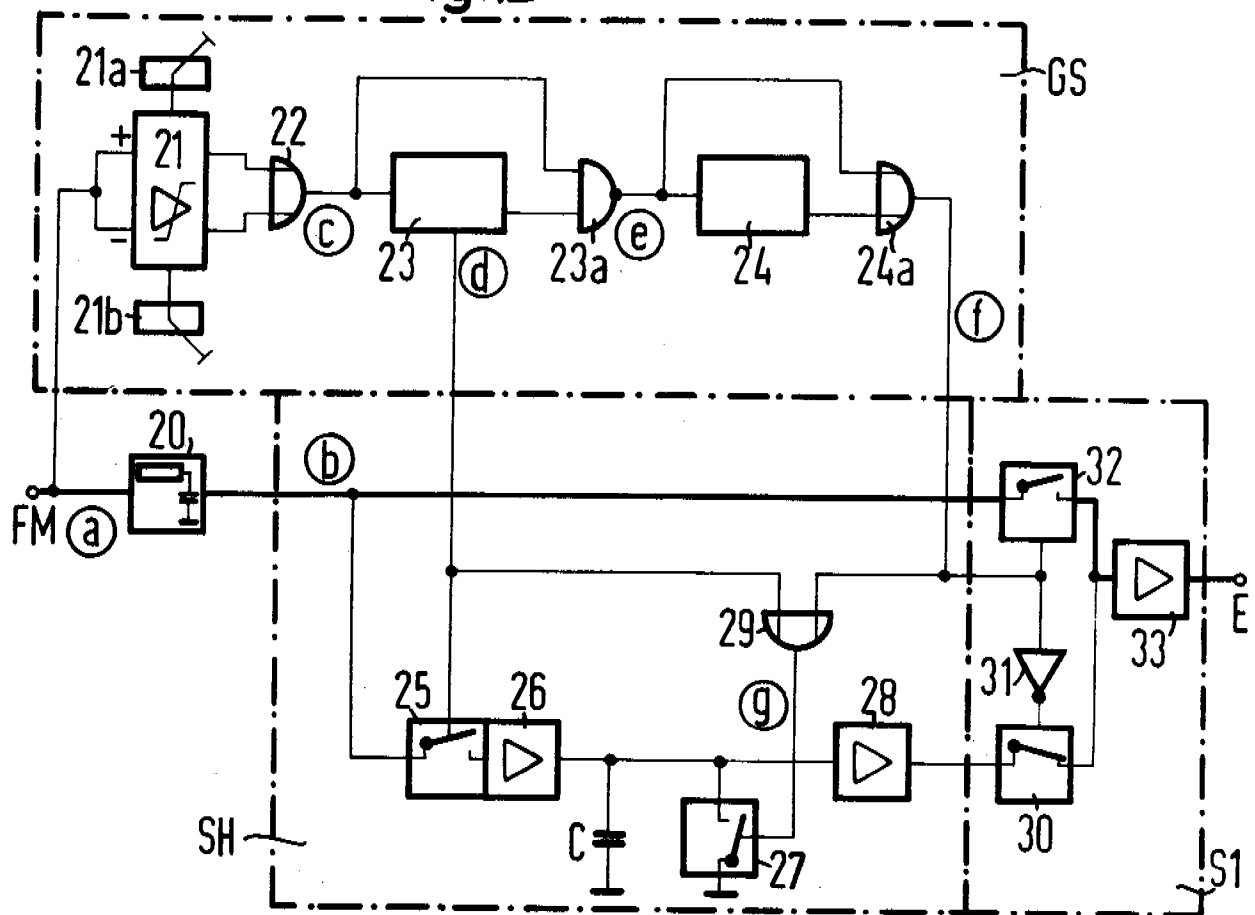


Fig.14

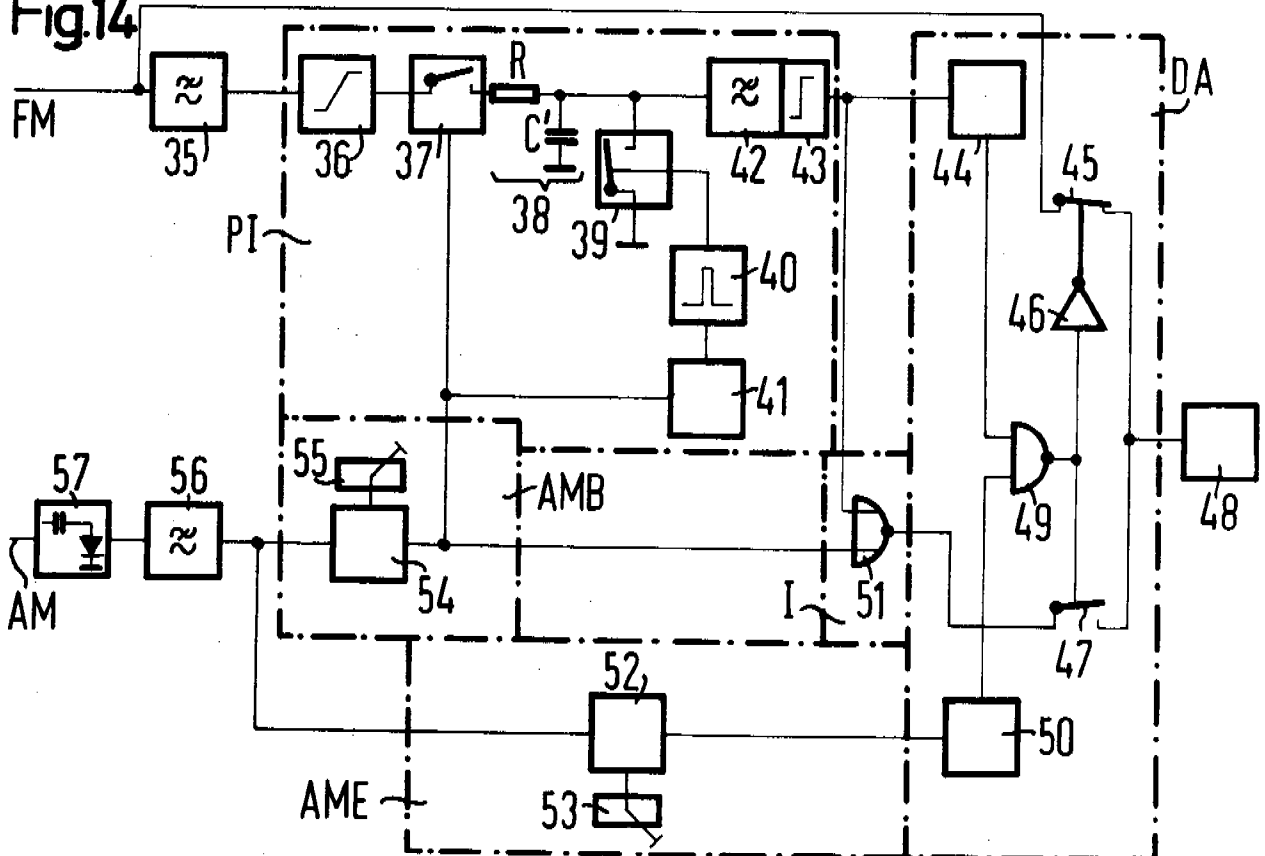


Fig.13

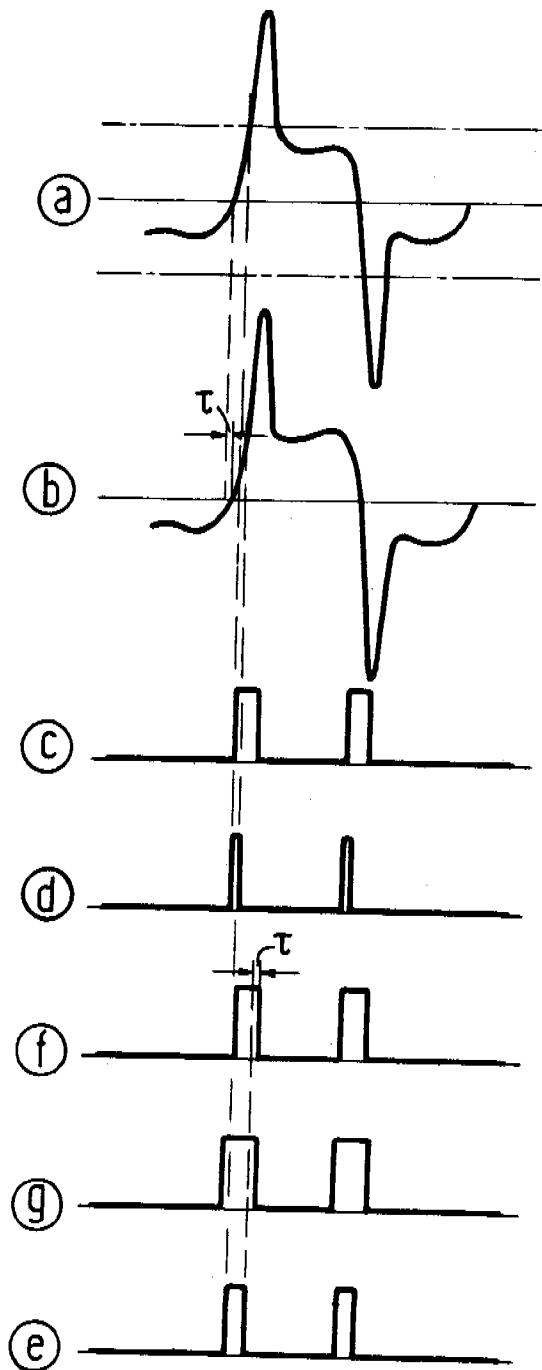


Fig.15

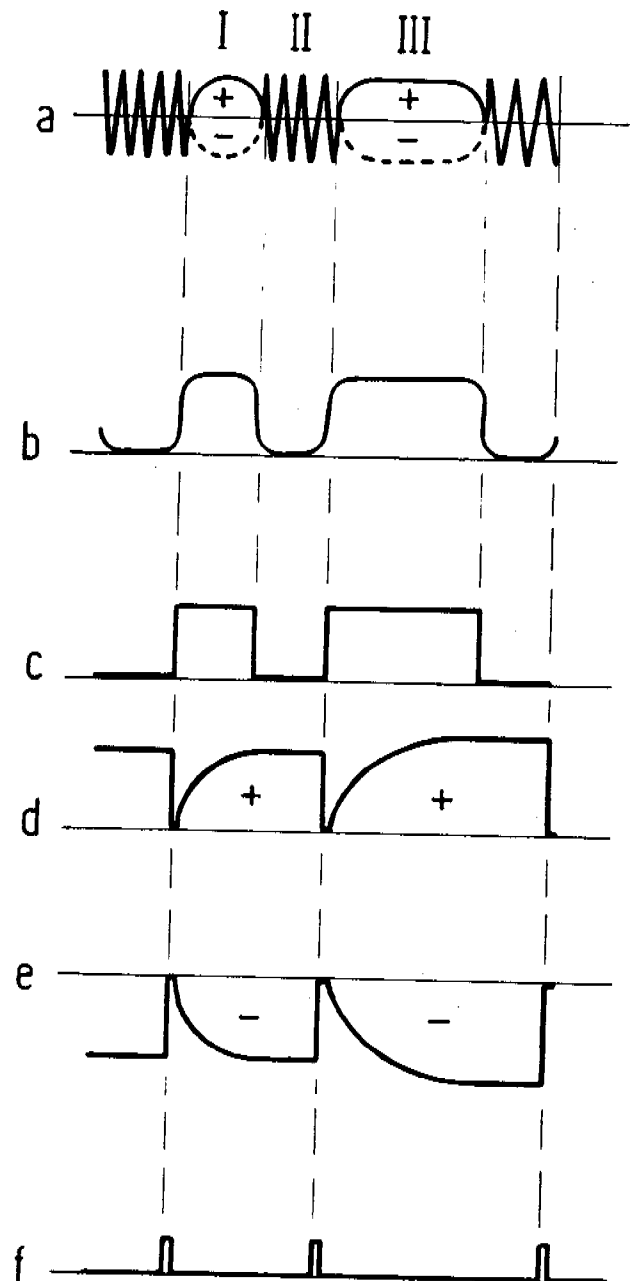


Fig. 16

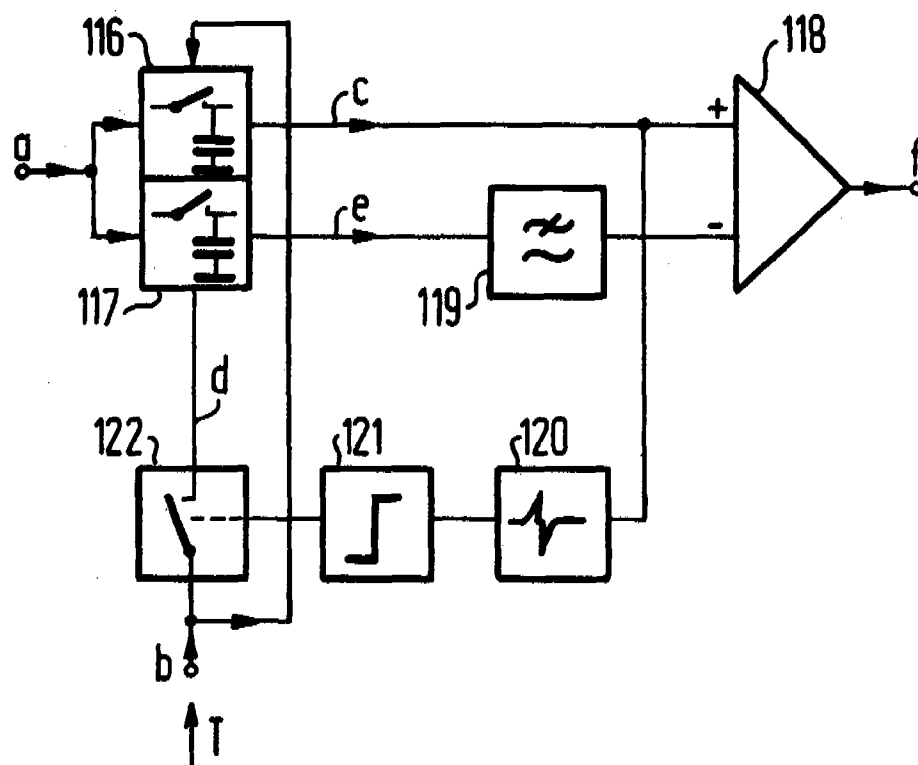


Fig. 17

