[B] (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLÄGGNINGSSKRIFT 61379

(45) Patentti myönnetty 12 07 1982
Patent meddelat

(51) Kv.lk.³/Int.Cl.³ H 04 N 9/60

SUOMI—FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21) Patenttihakemus — Patentansökning 2794/73
(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag 07.09.73
(23) Alkupäivä — Giltighetsdag 07.09.73
(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig 08.03.75
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. — Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad 31.03.82
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet

(71)(72) Vladimir Efimovich Tesler, prospekt Mira 91, kv. 120, Moskva, USSR(SU)

(74) Oy Kolster Ab

(54) Mukautuva stereoskooppinen väritelevisiojärjestelmä - Kompatibelt stereoskopiskt färgtelevisionssystem

Keksinnön kohteena ovat mukautuvat stereoskooppiset väritelevisiojärjestelmät, ja keksintöä voidaan soveltaa maassa ja avaruudessa olevien kommunikaatiokanavien kautta tapahtuvaan televisiointiin erikoistelevisiojärjestelmiin. Päätarkoituksen eli stereoskooppisen välityksen lisäksi ehdotettu järjestelmä soveltuu lisäinformaation välittämiseksi esim. kuvapuhelimessa kuvasähkötyksessä, jne., ei-stereoskooppisten televisiosignaalien ohella.

Ennestään tunnetut menetelmät lisäinformaation välittämiseksi televisiosignaaleissa perustuvat siihen, että luminanssikomponentin taajuusspektriin lisätään apukantoaaltojännite, joka moduloidaan joko yhdellä videosignaalilla (SECAM) tai kahdella toisistaan riippumattomalla videosignaalilla (NTSC, PAL, NIIR, LEIS - Leningrad Communications Electrical Engineering Institute). Stereoskooppisen värikuvan toistamiseksi vastaanottopuolella tarvitaan neljästä kuuteen toisistaan riippumattomia videosignaaleja (tai näiden lineaarisia yhdistelmiä), mikä ylittää nykyään tunnetun menetelmän avulla samanaikaisesti välitettävien signaalien (enintään kolmen signaalin) lukumäärän, kun taas LEIS-tyyppisessä stereoskooppisessa väritelevisiojärjestelmässä neljäs videosignaali (stereoparin toisen kuvan luminanssikomponentti) välitetään lyhentä-

mällä krominanssisignaalien välittämiseen varattua aikaa. Yhden juovanpyyhkäisyn aikana apukantoaalto kvadratuurimoduloidaan toisella krominanssisignaalilla (esim. "R-Y"-signaalilla) ja lisävideosignaalilla, ja seuraavan juovanpyyhkäisyn aikana tämä apukantoaalto moduloidaan toisella krominanssisignaalilla (esim. "B-Y"-signaalilla) ja lisäsignaalilla. Periaatteessa voivat viereisten juovien lisäsignaalit olla samanlaiset tai erilaiset, joten toisin sanoen apukantoaallon välittämien toisistaan riippumattomien signaalien lukumäärä voi olla neljä. Tapa välittää lisäinformaatiota siten, että osittain lyhennetään LEIS-järjestelmän krominanssisignaalien välitysaikaa, voidaan muuntaa kuten NTSC-järjestelmässä lähettämällä apukantoaalto, joka on kvadratuurimoduloitu krominanssisignaalilla yhden juovan aikana, ja lähettämällä viereisessä juovassa apukantoaalto, joka on kvadratuurimoduloitu viereisen juovan lisäsignaaleilla. Samaan tarkoitukseen voidaan myös käyttää kahta juovaparia, kuten PAL-järjestelmässä. Lisäinformaation välittäminen siten, että osittain lyhennetään krominanssisignaalien välitysaikaa, aiheuttaa kuitenkin eräitä haittoja.

LEIS-tyyppinen järjestelmä on näet erittäin herkkä kommunikaatiokanavassa etenevän moduloidun apukantoaallon signaalien vaiheväristymille, minkä lisäksi pystyvärierottelu on pieni ja stereoskooppisten värikuvien vastaanottoa varten tarkoitetun televisiovastaanottimen krominanssisignaalin dekooderi on sangen monimutkainen, koska kuvaputkeen on samanaikaisesti syötettävä molemmat krominanssisignaalit, jotka välitetään vuorottelevasti joka toisessa juovassa. Vaikka pystyvärierottelun pieneneminen ja tavanomaisen väritelevisiovastaanottimen monimutkistuminen tulevat näennäisesti olemaan samaa suuruusluokkaa kuin tavallisessa ei-stereoskooppisessa PAL-järjestelmässä, niin ei kuitenkaan saavuteta PAL-signaalien etuja, toisin sanoen moduloidun kantoaallon signaalien pienempää herkkyyttä transmissiokanavassa tapahtuvaan vääristymiseen nähden. Siinä tapauksessa, että yhdistetään toisaalta tapa välittää lisäinformaatiota krominanssisignaalien transmission osittaisen supistumisen kustannuksella ja toisaalta PAL-järjestelmän mukainen tapa suorittaa vaiheenkääntö juovasta juovaan, saadaan siis tulokseksi tavallisen väritelevisiovastaanottimen monimutkaistuminen ja pystyvärierottelun vieläkin suurempi huononeminen.

Tapa välittää lisäinformaatiota väri-informaation osittaisen supistamisen kustannuksella (krominanssisignaalien välitysaikaa lyhentämällä) johtaa muihinkin haittoihin, joista esimerkkeinä mainittakoon värikanavan suurempi kohinaherkkyys ja huonommin mukautuvat kuvat mustavalkotelevisiovastaanottimien kuvapinnassa.

Siinä tapauksessa, että välitetään värierosignaaleja vuorottelevasti joka toisessa juovassa ja amplitudimoduloidaan (ja balansoidaan) apukantoaalto, voidaan osoittaa, että moduloidun apukantoaallon huipustahuippuunamplitudi esim. signaaleille "R-Y" ja "B-Y" ei tule sanottavasti muuttumaan,

verrattuna NTSC-, PAL-, NIIT-järjestelmien väriapukantoaallon kvadratuurikomponenttien huipustahuippuun-amplitudeihin (supistumiskertoimet on käytännössä pysytettävä jopa toisen desimaalin tarkkuudella määrätyssä maksimissa, joka ylittää yhdistetyn värisignaalin huipustahuippuun-amplitudin määrätyllä arvolla 1,33 "Y"). Täten tulee jokaisen juovan aikana toistetuksi värierosignaalien samat huipustahuippuun-amplitudit ja kahden juovan kohina.

Stereoparin vasemmanpuoleisen tai oikeanpuoleisen komponentin mukaisen kuvan lisäinformaatiosignaalit eivät häviä sinä aikana, jolloin "valkoinen" välitetään primäärisessä luminanssisignaalissa, siis vastakohtana värierosignaaleille. Täten tulee väriapukantoaalto siinä juovassa, jossa modulointi suoritetaan toisella krominanssisignaalilla ja lisäsignaalilla, samoin kuin siinä juovassa, jossa apukantoaalto moduloidaan ainoastaan lisäsignaalilla (stereosignaalilla) olemaan läsnä myös primäärisen luminanssisignaalin valkoisen tasossa. Väritelevision alalla on käytännön kokemus näyttänyt että yhdistetyn signaalin huipustahuippuun-amplitudin ylitys valkoisen tasolla on sallittavissa 10 prosentin rajoissa (valkoista tasoa välittävien televisiolähettimien modulaatiosyvyys on valittu siten, että se on rajoissa 87,5 %). Yhdistetyn signaalin moduloidun stereokomponentin huipustahuippuun-amplitudi ei saisi ylittää arvoa, joka on noin 20 % luminanssisignaalin huipustahuippuun-amplitudista (-14 dB). Kun otetaan huomioon, että kvadratuurimoduloidun väriapukantoaallon huipustahuippuun-amplitudi esim. NTSC-järjestelmän juovassa nousee jopa 120 %, voitaisiin olettaa, että esiintyy juovien välistä huomattavaa kirkkauseroa.

Kun otetaan huomioon edellä esitetyt näkökohdat, jotka koskevat kohinaherkkyyden suurenemista ja mukautuvien mustavalkokuvien laadun huononemista, ei myöskään näytä lupaavalta sellainen yhdistelmä, jossa välitetään lisäsignaaleja sensijaan, että NIIR-järjestelmästä tunnetulla tavalla välitetään värierosignaalien eräs osa suhteellista kvadratuurimodulaatiota soveltaen. Amplitudimoduloimalla NIIR-järjestelmässä apukantoaalto toisessa viereisistä juovista (esim. juovassa, jossa esiintyy "vertailuvaihe") lisäsignaalilla (stereosignaalilla) ja pysyttämällä väriapukantoaallon amplitudi- ja vaihemodulaatio viereisessä juovassa, voidaan saada väristereojärjestelmän signaali. Tässä tapauksessa ei enää tarvita mitään lisäelementtejä tavanomaisen väritelevisiovastaanottimen (ei-stereovastaanottimen) krominanssiyksikössä, koska NIIR-järjestelmän suoraviivaisessa versiossa esiintyvät apukantoaallon amplitudierot eivät aiheuta värin vääristymistä. Tässä tapauksessa kuitenkin sekä mukautuvuus huononee että osittain myös väriapukantoaallon kohinaherkkyys lisääntyy (apukantoaallon huipustahuippuun-amplitudin maksimi vertailujuovassa on noin 20 %). Samoin lisääntyy myös signaalien herkkyys transmissiokanavassa esiintyville vaihe-eroväristymisille. Tämä johtuu siitä, että viereisissä juovissa esiintyvän yhdistetyn signaalin huipustahuippuun-amplitudieron takia voivat transmissiokanavan reaktiivisen epälineaarisuuden

aiheuttamat apukantoaallon vaihesiirrot olla eri suuret.

Keksinnön päätarkoituksena on aikaansaada sellainen mukautuva stereoskooppinen väritelevisiojärjestelmä, joka varmistaa lisäinformaation (esim. stereoparin toisen komponentin kuvasignaalien) välityksen yhdistetyn värikuvasignaalin taajuuskaistan puitteissa ja tällä alueella suurimmaksi osaksi pysyttää stereoparin ensimmäisen kuvan luminanssi- ja krominanssisignaalien kohina epäherkkyyden, suojaa väriapukantoaaltosignaaleja vaihe-erotyyppisiltä vääristymisiltä eikä sanottavasti huononna mukautuvien mustavalko- ja värikuvien laatua, eikä myöskään monimutkaista sitä tavanomaisen väritelevisiovastaanottimen krominanssiyksikköä, jota käytetään stereoskooppisia väriohjelmia mukautuvasti vastaanotettaessa. Tässä krominanssiyksikössä ei näin ollen tarvita mitään lisäpiirejä ja -elementtejä lisäinformaation aiheuttamien keskinäishäiriöiden tukahduttamiseksi.

Tämä toteutetaan mukautuvassa stereoskoppisessa väritelevisiojärjestelmässä siten, että vaihetta siirtäen kvadratuurimoduloidaan väriapukantoaalto stereoparin ensimmäisen kuvan krominanssisignaaleilla ja välitetään stereoparin toisen kuvan signaalit apukantoaallolla, joka sijaitsee luminanssisignaalin taajuusspektrin keskellä, jolloin keksinnön mukaan stereoparin toisen kuvan luminanssisignaalia käytetään apukantoaallon lisämoduloimiseen siten, että apukantoaallon amplitudi yhdessä juovassa on yhtä kuin moduloivan signaalin amplitudin ja kvadratuurimoduloidun apukantoaallon amplitudin neliöjuuren summa, ja viereisessä juovassa on yhtä kuin näiden amplitudien ero, jolloin tämä lisämodulaatio ei vaikuta apukantoaallon vaiheisiin viereisissä juovissa, ja vastaanotettaessa stereoparin ensimmäinen kuvan krominanssisignaalit erotetaan kertomalla apukantoaallon viivästetyt ja viivästämättömät jännitteet suoraan toista signaalia varten ja niiden välisellä 90°:n lisävaiheensiirrolla toista signaalia varten, kun taas toisen kuvan krominanssisignaalit erotetaan ilmaisemalla viivästetyt ja viivästämättömät jännitteet, ja muodostamalla niiden verhokäyrien välinen erotus.

Täten aikaansaadaan mukautuvuus ei-stereoskooppisiin mustavalko- tai väritelevisiojärjestelmiin samoin kuin stereoskooppisiin mustavalkojärjestelmiin nähden, ja saadaan mahdollisuus välittää lisäinformaatiota ja silti pysyttää yhdistetyn signaalin taajuuskaista entisellään. Stereoparin ensimmäisen kuvan luminanssi- ja krominanssisignaalit pysyttävät myös kohina-epäherkkyytensä, ja väriapukantoaaltosignaalit saadaan suojatuiksi differentiaalisilta vaiheväärystymisiltä. Toisen kuvan lisäsignaalien aiheuttama keskinäishäiriö stereoparin ensimmäisen kuvan krominanssikanavassa pysyy myös pienenä, minkä lisäksi stereoohjelmille saadaan luoduksi korkealaatuinen mukautuva värivastaanotto väritelevisiovastaanottimessa, ilman tämän dekooderiyksikön monimutkistamista millään lisäelementeillä stereosignaalien välisten interferenssihäiriöiden tukahduttamiseksi.

Toisen kuvan luminanssikomponentin kohinavastuksen suurentamiseksi ja ensimmäisen kuvan krominanssisignaalien suojaamiseksi samalla lisäsignaalikanavan aiheuttamilta keskinäishäiriöiltä on eduksi, että ehdotetussa järjestelmässä stereoparin toisen kuvan luminanssisignaali ennen apukantoaallon moduloimista muunnetaan kaksinapaiseksi jännitteeksi lisäämällä juovasammutuspulssien aikavälinä komplementtipulsseja, joiden amplitudi on yhtä kuin puolet luminanssisignaalin huipustahuippuun-amplitudista ja lukitsemalla videosignaalin taso näiden pulssien huippuihin.

Stereoparin toisen kuvan väri-informaation välitysmahdollisuuden luomiseksi on myös edullista liittää lisäapukantoaalto, joka on kvadratuurimoduloitu kahdella värierosignaalilla (samoin kuin NTSC-järjestelmässä), tämän kuvan luminanssisignaalin taajuusspektriin, jolloin vastaanoton aikana moduloidun lisäapukantoaallon jännite on erotettu perus-apukantoaallon verhokäyrien erotussignaalista kaistanpäästösuodattimella ja ilmaistaan kahdella synkroni-ilmaisimella.

Lisäapukantoaaltosignaalien suojaamiseksi differentiaalisilta vaihevääristymiltä ja niiltä vääristymiltä, jotka ehdotetussa järjestelmässä aiheutuvat modulaatiotaajuuksien toisen sivukaistan parasiittisesta tukahduttamisesta, on eduksi, että lisäapukantoaallon kvadratuurimodulointi suoritetaan kääntämällä toisen värierosignaalin napaisuus juovasta juovaan (kuten PAL-järjestelmässä), jolloin vastaanoton aikana stereoparin toisen kuvan värierosignaalit vastaavasti kehitetään uudelleen.

Stereoparin toisen kuvan krominanssisignaalien uudelleenkehittämisprosessin yksinkertaistamiseksi voidaan lisäapukantoaallon taajuus valita siten, että se on puolet perusapuakantoaallon taajuudesta, jolloin vastaanoton aikana muodostetaan vertailusignaali moduloidun lisäapukantoaallon synkronista ilmaisua varten jakamalla juovista saatu moduloitu perusapukantoaaltosignaali vertailuvaiheella.

Vastaanottimen yksinkertaistamiseksi siten, että eliminoidaan ne piirit ja laitteet, jotka tarvittaisiin apukantoaallon vertailujännitteen kehittämiseen stereoparin toisen kuvan synkroniseksi ilmaisemiseksi krominanssiyksiköstä, ja jotta saataisiin estetyksi vaihe-erovääristymien vaikutus stereoparin toisen kuvan väritoiston laatuun, suoritetaan ylimääräisen värikantoaallon modulointi soveltamalla NIIR-järjestelmän mukaista menetelmää.

Keksintö selitetään seuraavassa lähemmin oheisten piirustusten perusteella, jotka kuvaavat keksinnön erästä suoritusmuotoa. Samalla esitetään keksinnön muita kohteita ja etuja.

Kuvio 1 esittää lohkokaaviona laitetta, jota käytetään mukautuvan stereoskooppisen väritelevisiojärjestelmän signaalien muokkaamiseksi.

Kuvio 2a ja 2b esittävät aikadiagrammeina yksinapaisen jännitteen kehittämistä yksinapaisesta videosignaalista, toisin sanoen stereoparin toisen

kuvan luminanssia (käyrät "a" ja "b").

Kuviot 3a - 3d esittävät väriapukantoaallon verhokäyrän diagrammeja. Käyrät "a" ja "b" esittävät tapauksia, joissa kvadratuurimoduloidun apukantoaallon verhokäyrän amplitudi on suurempi tai yhtä kuin 10 % maksimiarvosta (kaksi juovaa), ja käyrät "c" ja "d" esittävät tapauksia, joissa kvadratuurimoduloidun apukantoaallon verhokäyrän amplitudi on pienempi kuin 10 % maksimiarvosta.

Kuviot 4a - 4e esittävät oskillogrammeja, joista käyrä "a" on kvadratuurimoduloidun jännitteen verhokäyrä amplitudi-esivääristyksen ja ilmaisun jälkeen, käyrä "b" esittää korotejännitettä, käyrä "c" esittää lisäsignaalia, käyrät "d" ja "e" esittävät viereisten juovien väriapukantoaallon verhokäyriä.

Kuvio 5 esittää yksinkertaistettuna lohkokaaviona luminanssikomponentin muokkaamista lisäsignaalista.

Kuvio 6 esittää yksinkertaistettuna lohkokaaviona lisäsignaalin muokkaamista, kun lisätään NTSC-menetelmän mukaan moduloitu toinen apukantoaalto.

Kuvio 7 esittää yksinkertaistettuna lohkokaaviona erästä esimerkkiä lisäsignaalin muokkaamiseksi siten, että toinen apukantoaalto moduloidaan PAL-menetelmän avulla.

Kuvio 8 esittää yksinkertaistettuna lohkokaaviona lisäsignaalin muokkaamista siten, että toinen apukantoaalto moduloidaan NIIR-menetelmän avulla.

Kuvio 9 esittää esimerkkinä yhdistetyn stereoskooppisen värisignaalin taajuuskaistoja.

Kuvio 10 esittää yksinkertaistettuna lohkokaaviona dekooderia, jossa stereoparin molempien kuvien luminanssikomponentit erotetaan yhdistetystä signaalista yksivärisessä stereoskooppisessa televisiovastaanottimessa.

Kuvio 11 esittää yksinkertaistettuna lohkokaaviona stereoskooppisen väritelevisiovastaanottimen erästä dekooderirakennetta, kun tässä vastaanottimessa esitetään stereoparin yksi värikuva ja yksi yksivärinen kuva.

Kuvio 12 esittää lohkokaaviona erästä tapaa dekoodata stereoparin toisen kuvan signaaleja siinä tapauksessa, että lisäapukantoaalto moduloidaan NTSC-menetelmän avulla.

Kuvio 13 esittää yksinkertaistettuna lohkokaaviona erästä tapaa dekoodata stereoparin toisen kuvan signaaleja siinä tapauksessa, että lisäapukantoaalto moduloidaan PAL-menetelmän avulla.

Kuvio 14 esittää yksinkertaistettuna lohkokaaviona erästä tapaa dekoodata stereparin toisen kuvan signaaleja siinä tapauksessa, että toinen apukantoaalto moduloidaan NIIR-järjestelmän mukaisella tavalla.

Seuraavassa esitetään keksinnön pääperiaatteet.

Järjestelmässä, jossa sovelletaan apukantoaallon suhteellista (vaihe-ero) kvadratuurimodulaatiota ja krominanssisignaalien amplitudin esikorjausta, erotetaan värierovideosignaalit ("R-Y") ja ("B-Y") tai "Y" ja"Q" vastaanotto-

puolella kertomalla viereisten juovien apukantoaaltosignaalit

$2\sqrt{A}\sin(\omega_o t + \varphi) \times 2\sqrt{A}\sin \omega_o t = A\cos\varphi - A\cos(2\omega_o t + \varphi)$

$2\sqrt{A}\sin(\omega_o t + \varphi) \times 2\sqrt{A}\cos \omega_o t = A\sin\varphi + A\sin(2\omega_o t + \varphi)$

jossa $A = \sqrt{E_{R-Y}^{12} + E_{B-Y}^{12}}$; $\varphi = \arctan \frac{E'_{R-Y}}{E'_{B-Y}}$, $\omega_o = 2\pi f_o$.

E_{R-Y}, E_{B-Y} - ovat värierosignaalit,

f_o - ovat apukantoaallontaajuudet, joten

$A\cos\varphi = E'_{B-Y}$, $A\sin\varphi = E'_{R-Y}$

Moduloidun apukantoaallon signaalien amplitudin vaihdellessa samalla tavalla tai eri tavalla viereisissä juovissa (ΔU) ja saman vaihe-eron vallitessa apukantoaaltojen välillä, esim.

$(\sqrt{A} + \Delta U)\sin(\omega_o t + \varphi)$

ja

$(\sqrt{A} - \Delta U)\sin\omega_o t$

saadaan kertomalla apukantoaallot vastaanottimissa videotaajuiset komponentit

$(A - \Delta U^2)\cos\varphi = (1 - \frac{\Delta U^2}{A})A\cos\varphi = (1 - \frac{\Delta U}{A})^2 E'_{B-Y}$ ja

$(A - \Delta U^2)\sin\varphi = (1 - \frac{\Delta U^2}{A})A\sin\varphi = (1 - \frac{\Delta U^2}{A})E'_{R-Y}$

joten signaalien E'_{R-Y} ja E'_{B-Y} välinen suhde ei muutu (värisävyjen toisto on oikea), mutta niiden suuruus (kyllästys) laskee määrällä

$(1 - \frac{\Delta U^2}{A})$ kertaa.

Kun ΔU on riittävän pieni, esim. $\Delta U = 0{,}1A_{max}$, on kyllästysasteen pieneneminen 1 % maksimiarvosta. Voidaan helposti nähdä, että siinä tapauksessa, että ΔU on kaksinapainen jännite, jonka amplitudi on $0{,}1A_{max}$) (huipustahuippuun-arvo on vastaavasti $0{,}2A_{max}$) on kyllästysvirhe enintään 1 % maksimiarvosta

$(\sqrt{A} \pm 0{,}1)(\sqrt{A} \mp 0{,}1)\cos\varphi = (A - 0{,}01)\cos\varphi$ ja

$(\sqrt{A} \pm 0{,}1)(\sqrt{A} \mp 0{,}1)\sin\varphi = (A - 0{,}01)\sin\varphi$,

kun taas viereisten juovien alikantoaaltojen verhokäyrien ero antaa kaksinapaisen jännitteen, jonka amplitudi on $\pm 0{,}2A_{max}$ (siis huipustahuippuun-arvo $= 0{,}4A_{max}$), mikä ylittää kyllästysmuutoksen kertoimella 40.

Jännitettä ΔU voidaan käyttää signaalina, joka välittää lisäkuvan, esim. stereoparin toisen kuvan, informaation, esim:

- stereoparin toisen kuvan luminanssisignaalin E'_{Y2}, tai
- videoparin ensimmäisen ja toisen kuvan luminanssikomponenttien erovideosignaalin

$\Delta E'_Y = E'_{Y1} - E'_{Y2}$; tai

- yhdistetyn signaalin, joka perustuu videosignaaliin E'_{Y2} tai $\Delta E'_Y$, johon on lisätty toisen kuvan värikkyyden lisäinformaatio (käyttämällä lisäapukantoaaltoa).

Jännitteenä ΔU käytetyn signaalin valinta suoritetaan sopivasti seuraavin ehdoin:

- lisäsignaalin taajuuskaista voi olla rajoissa 0 - 0,5 f_o, jossa f_o on väriapukantoaallon taajuus (Kotelnikov'in teoreeman mukaan),
- lisäsignaalin amplitudi ei ole suurempi kuin 10 % (tai 20 % huipustahuippuun-arvosta) krominanssisignaalin verhokäyrän maksimiamplitudista tai krominanssisignaalin huipustahuippuun-amplitudista, laskettuna mustan tasosta valkoisen tasoon (niin että aikaansaadaan ns. "pakollinen mukautuvuus", toisin sanoen mahdollisuus välittää signaaleja olevien televisiokanavien kautta),
- toisen kuvan on muodostuttava samojen parametrien perusteella (syknkronisesti ja samavaiheisesti) kuin ensimmäinen kuva, toisin sanoen niiden pyyhkäisylaitteiden parametrit, joita käytetään pääsignaalien eli ensimmäisen kuvan signaalien ja lisäsignaalien eli toisen kuvan signaalien saamiseksi, on oltava samat, niin että syntyy mahdollisimman vähän signaalien välisiä keskinäishäiriöitä.

Viimeksi mainitun ehdon täyttäminen ei ole välttämätöntä, mutta on eduksi kahdesta syystä:

- molempien kuvien pyyhkäisyjärjestelmien parametrien ollessa samat voidaan saavuttaa pää- ja lisäsignaalien spektrien täsmällisempi vaihtelu, mikä vähentää näiden signaalien välisiä keskinäishäiriöitä,
- televisiokuvassa on yleensä paras korrelaatio ja täten pienin ero vierekkäin pitkin juovaa sijaitsevien elementtien välillä samoin kuin sellaisten elementtien välillä, jotka sijaitsevat vierekkäin juovapyyhkäisyn suuntaa vastaan kohtisuorassa suunnassa (toisin sanoen viereisten juovien samanumeroisten elementtien välillä, alkaen jokaisen juovan alkupäästä). Tämä voidaan helposti havaita käyttämällä seuraavia merkintöjä

$E^*_{Y(1)}$, $E^*_{Y(2)}$, $\sqrt{A}_{(1)}$, $\sqrt{A}_{(2)}$, $\Delta U_{(1)}$ ja $\Delta U_{(2)}$, jolloin E^*_Y on komponenttien E_Y signaali krominanssikaistassa $\sqrt{A}$ on värierosignaaleilla moduloidun väriapukantoaallon amplitudi, ΔU on lisäkuvan signaali, (1) ja (2) ovat viereisten juovien indeksit, jotka määräytyvät annetuista parametreistä.

Kun krominanssisignaalit erotetaan lisäsignaalin ΔU puuttuessa, määräytyy todellinen värin kyllästys suureesta $\sqrt{A_{(1)} \cdot A_{(2)}}$ (jolloin ei oteta huomioon luminanssin ja krominanssin välisiä keskinäishäiriöitä).

Lisäsignaalien läsnäollessa tulee kyllästys olemaan verrannollinen suureeseen.

$$\sqrt{A}_{(1)} \cdot \sqrt{A}_{(2)} + (\Delta U_{(1)} \sqrt{A}_{(2)} - \Delta U_{(2)} \sqrt{A}_{(1)}) - \Delta U_{(1)} \cdot \Delta U_{(2)}$$

eli olettamalla, että $A_{(1)} \approx A_{(2)} \approx A$ ja edellyttämällä, että tulolla $\Delta U_{(1)} \cdot \Delta U_{(2)} (\Delta U_{(1)} \leqslant 0{,}1A_{max}$ ja $\Delta U_{(2)} \leqslant 0{,}1A_{max})$

$\approx A + (\Delta U_{(1)} - \Delta U_{(2)}) - \sqrt{A} - 0{,}01A_{max})$ on pieni arvo.

Koska $\Delta U = 0{,}1E(t)$, jossa $E(t)$ on toisen kuvan signaalin amplitudi, tulevat vastaanottimessa erotettujen värierosignaalien amplitudit olemaan verrannollisia.

$$A + 0{,}1\Delta E(t)\sqrt{A} - 0{,}01A_{max}, \text{ jossa}$$
$$\Delta E(t) = E_{(1)}(t) - E_{(2)}(t)$$

on toisen kuvan elementtien amplitudien ero pystysuunnassa.

Toisen kuvan signaalin absoluuttinen arvo on rajoissa $0 \leq E(t) \leq A_{max}$; ja vastaavasti on $-|\Delta E(t)| \leq A_{max}$; $\Delta E_{min}(t) = 0$ siinä tapauksessa, että toisen kuvan vaakasuora siirto puuttuu, kun $E_{(1)}(t) = E_{(2)}(t)$ ja $\Delta E_{max}(t) = \pm A_{max}$, jolloin jompikumpi signaaleista $E_{(1)}(t)$ = tai $E_{(2)}(t)$ on yhtä kuin nolla ja toisen signaalin absoluuttinen arvo on yhtä kuin A_{max}. Värierosignaalien amplitudien maksimivirhe (kyllästyminen) tulee olemaan $\Delta E(t) = -A_{max} \approx A - 0{,}1A_{max}(\sqrt{A} + 0{,}1)$.

Ottamalla huomioon, että suhteellisessa asteikossa on keskimäärin $A_{max} = 1$ ja $|\Delta E(t)| \lesssim 0{,}5A_{max}$, voidaan kyllästyminen yleisessä tapauksessa kirjoittaa muotoon

$$A\left[1 + \frac{0{,}05}{A}(\pm\sqrt{A} - 0{,}1)\right]$$

Lisäsignaalin krominanssikanavaan aiheuttama häiriö on maksimissaan toisen kuvan pystysiirron aikana, ja pääsignaalien häiriö toiseen kuvakanavaan on maksimissaan ensimmäisen kuvan pystysiirron aikana. Oikean signaalin $0{,}2E(t)$ asemesta saadaan erotetuksi videosignaali

$$0{,}2E(t) + (\sqrt{A}_{(1)} - \sqrt{A}_{(2)}) + (E^*_{Y(1)} - E^*_{Y(2)}) = 0{,}2E(t) +$$
$$+ \Delta\sqrt{A} + \Delta E^*_Y.$$

Apukantoaaltosignaalien kertomisen aikana (värierosignaalien erottaminen vastaanottimessa) viivästysaika on $\tau' = \tau_{pääjuova}$, kun puolestaan lisäsignaalin ΔU erottamisen aikana on välttämätöntä esittää amplitudin verhokäyrien ero aikana $\tau'' = \tau_{lisäjuova}$. Täten voidaan lisäsignaalin aiheuttama keskinäishäiriö krominanssikanavassa lausua seuraavasti:

$E_{(1)}(t) = E(t_o)$, $E_{(2)}(t) = E(t_o + \tau_{pääjuova})$ ja

$\Delta E(t) = E(t_o) - E(t_o + \tau_{pääjuova})$

Vastaavalla tavalla voidaan pääsignaalien aiheuttama keskinäishäiriö lisäsignaalin (toisen kuvan) kanavassa lausua seuraavasti:

$\Delta\sqrt{A} = \sqrt{A(t_o)} - \sqrt{A(t_o + \tau_{pääjuova})}$ ja

$\Delta E_Y^* = E_Y^*(t_o) - E_Y^*(t_o + \tau_{pääjuova})$.

Signaaliarvojen välinen paras korrelaatio ja vastaavasti yleistapauksessa pienimmät arvot $\Delta E(t)$, ΔE_Y^* ja $\Delta\sqrt{A}$ saadaan siinä tapauksessa, että $\tau_{lisäjuova} = \tau_{pääjuova}$.

Ehdotetussa järjestelmässä voidaan yhdistetty stereoskooppinen signaali muokata esim. kooderilla, jonka yksinkertaistettu lohkokaavio on näytetty kuviossa 1.

Stereovärikuvien lähettimestä tulevat signaalit, esim. signaalit E'_{R1}, E'_{G1}, E'_{B1} (stereoparin ensimmäinen kuva) ja E'_{R2}, E'_{G2}, E'_{B2} (stereoparin toinen kuva), samoin kuin tahdistusgeneraattorista tulevat tarpeelliset pulssit jotka on näytetty nuolella kuviossa 1), syötetään matriisilaitteiden 1 ja 2 vastaaviin sisäänmenoihin, joissa kehitetään videosignaalit E'_{Y1}, $E'_{(R-Y)1}$, $E'_{(B-Y)1}$ ja E'_{Y2}, $E'_{(R-Y)2}$, $E'_{(B-Y)2}$.

Matriisilaitteen 1 ulostulosta syötetään signaali E'_{Y1} viivästysjohdon 3 kautta yhdistetyn videosignaalin summaimen 4 toiseen sisäänmenoon. Matriisilaitteen 1 ulostuloista saadut videosignaalit $E'_{(R-Y)1}$ ja $E'_{(B-Y)1}$ syötetään balansoitujen modulaattoreiden 5 ja 6 sisäänmenoihin, joihin myös syötetään väriapukantoaaltojännitteet, joiden taajuus on ω_o, jolloin nämä signaalit syötetään vastaavan vaiheen omaavina. Modulaattoreiden 5 ja 6 ulostuloista saadut balansoidusti moduloidut jännitteet summataan summaimessa 7 siten, että muodostuu väriapukantoaallon kvadratuurimoduloitunut signaali, jonka amplitudi esivääristetään "neliöjuurilain" mukaan yksikössä 8. Tästä yksiköstä 8 moduloidun apukantoaallon signaalit syötetään samanaikaisesti verhoilmaisimen 9 sisäänmenoon ja kytkimeen 10. Ilmaisimen 9 ulostulosta saadun videosignaalin verhojännite syötetään summaimen 11 sisäänmenoon, jossa se summataan lisäsignaalijännitteeseen, ja myös "silhuetti"-yksikköön 12. Tässä yksikössä 12 kehitetään verhon videosignaalista sakarapulsseja, joiden amplitudi on vakio, kun kvadratuurimoduloidun apukantoaallon verhojännite ei ole nolla, ja on nolla harmaiden värisävyjen välityksen aikana (verho on yhtä kuin nolla). Silhuettiyksiköstä 12 tuleva pulssisignaali ohjaa kytkimen 10 toimintaa. Tämän kytkimen toiseen sisäänmenoon syötetään moduloidun apukantoaallon signaali amplitudin esivääristysyksikön 8 ulostulosta, ja toiseen sisäänmenoon syötetään "vertailu"-apukantoaaltojännite. Kytkimen 10 ulostulosta syötetään väriapukantoaaltosignaali, johon on lisätty vertailuapukantoaalto (kun kvadratuurimoduloitu apukantoaalto on yhtä kuin nolla), rajoittimeen 13, jossa apukantoaallon amplitudimodulaatio tukahdutetaan. Rajoittimen 13 ulostulosta apukantoaalto syötetään kytkimen 14 kautta, jonka toisessa sisäänmenossa vaikuttaa vertailu-apukantoaaltojännite, joka toisen juovan aikana balansoituun modulaattoriin 15, ja joka toisen juovan aikana tähän

modulaattoriin 15 syötetään vertailuapukantoaaltojännite kytkimestä 14. Balansoidussa modulaattorissa 15 apukantoaalto moduloidaan verhokäyrän ja lisäkuvan summasignaalilla, joka syötetään summaimen 11 ulostulosta. Modulaattorin 15 ulostulosta moduloidun apukantoaallon signaalit syötetään yhdistetyn signaalin summaimeen 4, jonka ulostulosta televisiosignaali syötetään lähettimeen, esim. videosignaalit E'_{Y2}, $E'_{(R-Y)2}$, $E'_{(B-Y)2}$ syötetään matriisilaitteen 2 ulostulosta muotoiluelimeen 16 lisäsignaalin ΔU kehittämiseksi. Muotoiluelimen 16 ulostulosta lisäsignaali ΔU syötetään napaisuuskytkimen 17 kautta summaimeen 11, jossa se summataan verhokäyrän videosignaaliin. Eräs muunnos on mahdollinen siinä tapauksessa, että matriisilaite 2 ei kehitä signaaleja E'_{Y2}, $E'_{(R-Y)2}$, $E'_{(B-Y)2}$, vaan muita signaaleja, esim.

$$\Delta E'_Y = E'_{Y2} - E'_{Y1}$$

$$\Delta E'_{R-Y} = E'_{(R-Y)2} - E'_{(R-Y)1}$$

$$\Delta E'_{B-Y} = E'_{(B-Y)2} - E'_{(B-Y)1}$$

Tätä varten on matriisilaitteeseen 2 myös syötettävä signaalit E'_{R1}, E'_{G1}, E'_{B1} (näytetty katkoviivoin kuviossa 1).

Lisäsignaalin kehittämiseksi tarvittavan muokkaimen 16 lohkokaavio riippuu pääasiallisesti siitä erikoisesta signaalista, joka valitaan lisäsignaaliksi. On olemassa joukko mahdollisia muunnoksia, joista esimerkkeinä mainittakoon seuraavat:

- Lisäsignaalin luminanssikomponentti on videosignaali $K_1E'_{Y2}$, jota on käsitelty vastaavalla tavalla (siis muutettu kaksinapaiseksi signaaliksi),
- luminanssikomponenttina käytetään signaalia $K_2\Delta E'_Y = K_2(E'_{Y2} - E'_{Y1})$, jossa $K_{1,2}$ ovat luminanssisignaalin supistuskertoimet,
- krominanssisignaalit $K_3E'_{(R-Y)2}$, $K_4E'_{(B-Y)2}$ tai $K_3\Delta E'_{(R-Y)}$, $K_4\Delta E'_{(B-Y)}$ (jossa K_3 ja K_4 ovat supistuskertoimet lähetetään lisäapukantoaallon avulla tai jätetään lähettämättä (stereoparin toinen kuva on mustavalkoinen).

Δ-signaalien lähetys suurentaa kohinaherkkyyttä, koska vastaanottimessa tapahtuvan matriisinmuodostuksen aikana kehittyy esim.
$0{,}2\Delta E'_Y + \bar{U}_{n2} + 0{,}2E'_{Y1} + 0{,}2\bar{U}_{n1} = 0{,}2E'_{Y2} + \sqrt{\bar{U}^2_{n2} + 0{,}04\bar{U}^2_{n1}}$, jossa $\bar{U}_{n1}$ on kanavassa E_{Y1} esiintyvä kohina, $\bar{U}_{n2}$ on lisäsignaalikanavassa esiintyvä kohina.

Vastaanottimessa kehittyy täten signaali

$$\approx 0{,}2E_{Y2} + \bar{U}_{n2} + 0{,}02\bar{U}_{n1}/\bar{U}_{n2},$$

kun taas käsiteltyä signaalia E'_{Y2} lähetettäessä voi kehittyä lisäsignaali

$$0{,}4E_{Y2} + \bar{U}_{n2}$$

Samalla on signaalin ΔE_Y lähetys edullisempaa mukautuvien mustavalkokuvien laadun kannalta, koska toisin sanoen apukantoaalto ei ole läsnä eräiden suurehkojen yksityiskohtien värittömissä osissa ja $\Delta E'_Y = 0$.

Signaali $K_2\Delta E'_Y$ on kaksinapainen ja on lisäsignaalin ΔU ennalta määrättyjen tasojen mukaan yhtä kuin $K_2\Delta E'_Y = 0{,}1E'_{Y2} - 0{,}1E'_{Y1}$.

Saman huipustahuippuun-arvon omaava kaksinapainen jännite voidaan saada signaalista E'_{Y2} esim. lisäämällä erikoinen positiivinen pulssi, jonka huipustahuippuun-amplitudi on $0{,}5E_{Y2max}$, juovasammutusväliin, kuten kuviossa 2a on näytetty, jolloin lukitus tapahtuu tähän tasoon (kuvio 2b).

Käytettäessä lisäsignaalina kaksinapaista jännitettä, jonka huipustahuippuun-amplitudi on $\pm$ 0,1 maksimiarvosta, saadaan verrattuna sellaisen yksinapaisen signaalin käyttöön, jonka huipustahuippuun-amplitudi on 0,1, etuna noin 6 dB:n suuruinen kohinavastus, kun taas krominanssikanavan keskinäishäiriö pidetään arvossa 0,01 maksimikyllästyksestä. Samalla esiintyy kuitenkin eräitä vaikeuksia: kunnes $\sqrt{A} \geq 0{,}1A_{max}$ ($A_{max} = 1 = \sqrt{A}_{max}$ valinnanvaraisissa yksiköissä lausuttuna, on ero

$$\sqrt{A} \pm \Delta U \geq 0$$

jolloin moduloidun apukantoaallon signaalien verhokäyrän muoto vastaa kuvioiden 3a ja 3b näyttämiä käyriä "a" ja "b". Nämä signaalit voidaan näin ollen ilmaista amplitudi-ilmaisimella (verhokäyrän erottimella), kun taas verhokäyrien ero antaa lisävideosignaalin $\pm$ 0,2 E(t), jossa on siirtynyt tasakomponentti (kuvion 3c käyrä "c").

On huomattava, että kun $\sqrt{A} < 0{,}1A_{max}$, voi ero $\sqrt{A} \pm \Delta U$ olla pienempi kuin nolla. Tässä tapauksessa apukantoaallon verhokäyrät (käyrät "d" kuviossa 3d) eivät vastaa signaalin E(t) muotoa, jossa signaalissa on siirtynyt tasakomponentti, vaan vastaa kaksinapaisen moduloivan jännitteen absoluuttista arvoa (balansoitu modulaatio). Tästä syystä voidaan signaali ilmaista vastaanottimessa ainoastaan siinä tapauksessa, että apukantoaaltoa on lisätty (tässä tapauksessa moduloitu samavaiheisena apukantoaallon toisessa juovassa ja vakiovaiheella toisessa juovassa. Kun $\sqrt{A} \pm \Delta U \geq 0$, tämä lisäys suoritetaan suoraan lähetyspuolella, koska apukantoaallon vaihetta ei ole käännetty 180° huolimatta E(t):n arvosta. Periaatteessa on apukantoaallon lisääminen vaihetta kääntämättä 180° mahdollista vastaanottopuolella esim. peräkkäin kahdentamalla apukantoaallon taajuus ja puolittamalla kahdennettu taajuus, kuten menetellään PAL-vastaanottimessa. Tähän liittyy kuitenkin dekooderipiirin huomattava monimutkistuminen. Näin ollen on todennäköisesti sopivinta lisätä apukantoaalto suoraan kooderissa ja täten säilyttää mahdollisuus yksinkertaisella tavalla dekoodata signaalit vastaanottimessa.

Koska lisäys apukantoaaltoon tapahtuu siinä tapauksessa, että $\sqrt{A} \geq 0{,}1A_{max}$, on välttämätöntä lisätä apukantoaalto tai pitää huoli siitä, että negatiiviset puoliaallot puuttuvat (180° vaihesiirto) apukantoaaltoa moduloivasta lisävideosignaalista, kun $\sqrt{A} < 0{,}1A_{max}$, mikä siis tarkoittaa samaa kuin edellä mainittu ensimmäinen tapa. Tämä voidaan tehdä esim. sinä aikana, jolloin $\sqrt{A} \approx 0$ (kyllästys on pienempi kuin 1 %) lisäämällä erikoinen korote signaaliin ΔU, niin että korotejännite tulee olemaan $P \pm \Delta U \geq 0$, joten toisin sanoen

verhosignaalin absoluuttinen arvo aina tulee olemaan yhtä kuin tai suurempi kuin nolla, ennen kuin se syötetään kolmanteen balansoituun modulaattoriin. Tällainen korotejännite voidaan kehittää yksikössä 12 (kuvio 1) kehitetyn "silhuetti"-signaalin avulla. Kuviossa 4a käyrä "a" vastaa kvadratuurimoduloidun väriapukantoaallon verhokäyrää (amplitudin esivääristysyksikön 8 ulostulosta) sen jälkeen, kun ilmaisu on tapahtunut ilmaisimessa 9. Käyrä "b" (kuvio 4b) vastaa korotejännitettä $P = 0$ kun $\sqrt{A} \geq 0{,}1A_{max}$ ja $P = 0{,}1A_{max}$ kun $\sqrt{A} < 0{,}1A_{max}$. Tämä jännite voidaan saada esim. vähentämällä silhuetti-pulssit d-c-jännitteestä ja rajoittamalla värierosignaalin amplitudia. Käyrät "c" ja "d" (kuviot 4c ja 4d) vastaavat krominanssiverhon, korotejännitteen ja lisäsignaalin kokonaisjännitettä (kahdessa vierekkäisessä juovassa), ja käyrä "e" (kuvio 4e) vastaa lisäsignaalia.

"Akromaattisten värien", kuten valkoisen lisääminen siinä tapauksessa, että korotejännite on $= 0{,}1A_{max}$, johtaa siihen, että valkoisia yksityiskohtia yhdistetyssä signaalissa lähetettäessä on signaalin huipustahuippuun-amplitudi

$$E'_{Y\ valk.} + P \mp \Delta U = 1 + 0{,}1 \mp 0{,}1 = 1^{-0}_{+0{,}2}$$

joten toisin sanoen tämä huipustahuippuun-amplitudi voi ylittää lasketun tason 20 prosentilla, mikä voi olla epäedullista.

Tämä voidaan välttää esim. käyttämällä signaalien epälineaarista esikorjausta:

- perusluminanssisignaali rajoitetaan kooderissa tasoon 0,95 (eikä tasoon 1,0). Koska signaalia supistetaan ainoastaan osittain, tulee kohinaherkkyys lisääntymään ainoastaan valkoisen tasolla suunnilleen 0,5 dB, mikä on merkityksetöntä. Merkityksetöntä on myös valkoisen tason luminanssin pieneneminen mukautuvan vastaanoton yhteydessä $-B^1 = 0{,}95^2 = 90{,}25\ \%\ B_{max}$, toisin sanoen alle 10 % (tämä on kertoimen 1,5 kertaa pienempi kuin kanavien vahvistuseron toleranssi);
- Lisäsignaalilla valkoisen lähetyksen aikana moduloidun apukantoaallon amplitudi supistetaan nopeasti toimivan vahvistusta säätävän piirin avulla arvoon $0{,}15A_{max}$ (eikä arvoon $0{,}2A_{max}$). Pääluminanssisignaali ohjaa kooderin avs-piiriä automaattisen vahvistuksen säätöpiiriä ja vastaanottimen käännettyä avs piiriä, kun tämä luminanssisignaali ylittää ennalta määrätyn arvon (kynnysarvon). Tässä tapauksessa lisäsignaalin kohinavastus pienenee 2,5 dB valkoisen tason lähetyksen aikana.

Tällainen lisäsignaali, joka välittää informaatiota stereoparin toisen kuvan luminanssiolosuhteista, voidaan ehdotetun järjestelmän mukaan kehittää esim. muokkaimen 16 avulla (kuvio 1), jonka lohkokaavio on esitetty kuviossa 5.

Matriisilaitteesta 2 (kuvio 1) tulevat signaalit E_{Y2} syötetään tasonlukitusyksikköön 18, johon myös syötetään nuolen näyttämät vertailupulssit, minkä jälkeen signaali E'_{Y2} lisätään "harmaan" pulssiin, joka on $0{,}5E'_{Y2\ max}$ (signaa-

lin E'_{Y2} huipustahuippuun-amplitudi mustan tasosta valkoisen tasoon), jolloin harmaan pulssi syötetään juovasammutusjakson aikana. Sekoittimen 19 ulostulosta harmaita pulsseja sisältävä videosignaali läpäisee ohjatun lukituspiirin 20 ja saa kuviossa 2 näytetyn muodon, sekä syötetään sekoittimeen 21 yhdessä korotejännitteen kanssa, joka yksikössä 22 kehitetään kuvion 1 näyttämän yksikön 12 silhuettisignaalista. Sekoittimen 21 ulostulosta signaali syötetään ohjattavaan vahvistimeen 23, jonka suhteellinen transmissiokerroin vaihtelee rajoissa "K" - 0,75 "K", riippuen ohjausjännitteestä, joka syötetään yksiköstä 24. Yksiköstä 24 saatavan ohjausjännitteen puuttuessa vahvistimen transmissiokerroin on = "K", kun taas siinä tapauksessa, että ohjaussignaali syötetään yksiköstä 24, on tämän vahvistimen 23 transmissiokerroin = 0,75 "K". Yksikkö 24, johon syötetään signaali E'_{Y1} toimii siten, että se kehittää ohjaussignaalin, kun sen sisäänmenoon syötetty signaali E'_{Y1} ylittää määrätyn kynnysarvon, joka on esim. $(0,9 - 0,95)E_{Y1\ max}$. Jotta stereoparin molemmat kuvat olisivat värikuvia, on yhdistetyssä signaalissa myös oltava komponentit $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$. Nämä värierosignaalit voidaan sisällyttää lisäjännitteeseen ΔU käyttämällä tunnettuja menetelmiä luminanssikomponentin sekoittamiseksi apukantoaallon välittämään väri-informaatioon. Siinä tapauksessa, että sovelletaan tapaa välittää signaalit $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$ lisä-apukantoaallossa, joka sijaitsee esim. signaalin E'_{Y2}, taajuusspektrissä, on otettava huomioon, että vastaanottopuolella on lisäinformaatio (toinen kuvasignaali) erotettava summana

$$\Delta U_1 - (-\Delta U_2) = \Delta U_1 + \Delta U_2$$

Tästä syystä on pakko muokata lisä-apukantoaallon signaaleja siten, että niitä summattaessa kahden juovan aikana soveltuu resultoiva signaali lisäväriapukantoaallon signaalien muokkaamiseksi esim. NTSC-järjestelmässä käytetyllä tavalla tai PAL-tavalla. Ensinmainituss tapauksessa (NTSC-tapa) on lisäsignaalien ΔU lausekkeilla oltava viereisissä juovissa seuraavat muodot

$$\Delta U_n = 0,2E'_{Y2} + 0,2E'_{(R-Y)}\cos\omega_2 t + 0,2E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t,$$

$$\Delta U_{n+1} = 0,2E'_{Y2} + 0,2E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t + 0,2E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t,$$

joissa $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$ ovat gamma-korjatut värierosignaalit $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$ varustettuina tarvittavilla supistuskertoimilla, "n" ja "n+1" ovat pyyhkäisyjuovien numerot, ω_2 on toisen apukantoaallon taajuus.

Tässä tapauksessa on sen jälkeen, kun verhosignaalit on vähennetty vastaanottimessa, käytettävissä signaali

$$\Delta U_n - (-\Delta U_{n+1}) = 0,4E'_{Y2} + 0,4E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t + 0,4E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t,$$

jonka krominanssikomponentit erotetaan suodattamalla ja syötetään synkroniilmaisimiin, kuten NTSC-järjestelmän vastaanottimessa.

Stereoparin toisen komponentin krominanssisignaalien tällaisen koodauksen haittana on väriapukantoaaltosignaalien herkkyys differentiaalisille vaiheväristymille, mikä on ominaista NTSC-menetelmälle, samoin kuin moduloidun signaalin toisen sivukaistan loistukahduttamiselle.

Lisä-väriapukantoaallolla moduloitujen signaalien tällaisten vääristymisten haitallisen vaikutuksen vähentämiseksi voidaan käyttää PAL-tyyppistä modulaatiota.

Tässä tapauksessa voidaan vierekkäisten juovien lisäsignaalien lausekkeet yleisesti kirjoittaa seuraavaan muotoon (ottamatta huomioon vaiheenkääntöä juovasta juovaan siinä tapauksessa, että ω_R ei ole juovataajuuden harmooninen):

$$\Delta U_{4n} = 0.2E'_{Y2} + K_R E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t + K_B E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t$$

$$\Delta U_{4n+1} = 0.2E'_{Y2} + K_R E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t - K_B E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t$$

$$\Delta U_{4n+2} = 0.2E'_{Y2} - K_R E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t - K_B E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t,$$

$$\Delta U_{4n+3} = 0.2E'_{Y2} - K_R E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t + K_B E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t$$

jossa $n = 0,1,2 \ldots$; K_R ja K_B ovat kertoimet, kun $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$.

Kun ω_2 on neljännesjuovataajuuden

$$\omega_2 = \frac{4K+1}{4}\omega \text{ juova pariton harmooninen}$$

$$\Delta U_{2m} = 0.2E_{Y2} + K_2 A_2 \sin\left(\frac{4K+1}{4}\omega_{juova} t - \varphi_2\right),$$

$$\Delta U_{2m+1} = 0.2E_{Y2} + K_2 A_2 \sin\left(\frac{4K+1}{4}\omega_{juova} t + \varphi_2 - 90^\circ\right),$$

jossa $\omega_{juova} = 2\pi f_{juova}$; $A_2 = \sqrt{E^{12}_{(R-Y)2} + E^{12}_{(B-Y)2}}$;

$$\varphi = \arctan \frac{E'_{(R-Y)2}}{E'_{(B-Y)2}};$$

jossa K_2 on A_2:n supistuskerroin.

NIIR-järjestelmässä käytetty vaihe-erokvadratuurimodulaatio suojaa luotettavasti väriapukantoaaltoa differentiaalisilta vaiheväristymiltä. Vaikka vaihe-eromoduloitu väriapukantoaalto on jonkin verran enemmän herkkä modulaatiokaisten sivukaistataajuuden supistamiselle kuin PAL-signaali, on NIIR-järjestelmän etuna mainittava vastaanottimen yksinkertainen dekooderi, jossa ei ole mitään paikallista apukantoaaltotaajuista oskillaattoria väritahtisignaalin eli "purskeen" kehittä-

miseksi. Käyttämällä toisen apukantoaallon vaihe-eromodulaatiota supistuvat krominanssisignaalien lausekkeet (kun ω_2 on yhtä kuin neljännesjuovataajuuden harmooninen eli $\omega_2 = \frac{4n+1}{4} 2\pi f_{juova}$) määrätyssä juovassa: $\Delta U_1 = 0{,}2E'_{Y2} + K_2A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2)$, ja seuraavassa juovassa $\Delta U_2 = 0{,}2E'_{Y2} + K_2A_2\sin(\omega_2 t - 90^\circ)$ (jolloin on otettava huomioon, että ω_o vaihtelee 90° yhden juovajakson aikana ja 180° kahden juovajakson aikana).

NTSC-järjestelmässä voidaan stereoparin toisen kuvan krominanssisignaali muokata kooderilaitteessa, esim. kuvion 1 näyttämän muokkaimen 16 avulla, jonka yksinkertaistettua lohkokaaviota kuvio 6 esittää.

Signaalit $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$ syötetään vastaaviin balansoituihin modulaattoreihin 25 ja 26, joihin myös syötetään jännite, jolla on lisäväriapukantoaallon taajuus ω_2. Juovasammutuksen aikana balansoituun modulaattoriin 26 myös syötetään purskepulssi (jota nuoli esittää kuviossa 6), joka on väritahtisignaali synkroni-ilmaisun aikaansaamiseksi vastaanottimessa taajuudella ω_2.

Balansoitujen modulaattoreiden 25 ja 26 ulostuloista apukantoaaltojännitteet syötetään summaimeen 27, jossa kehittyy stereoparin toisen kuvan kvadratuurimoduloitu krominanssisignaali. Tämä signaali summataan sekoittimessa 28 videosignaaliin E'_{Y2}.

Purskesignaalin käyttäminen vertailuapukantoaallon muokkaamiseksi vastaanottimessa ei ole välttämätöntä siinä tapauksessa, että taajuus ω_2 valitaan siten, että se esim. on puolet sen ensimmäisen apukantoaallon taajuudesta ω_o, joka syötetään vakiovaihevastaanottimeen joka toisen juovan aikana. Koska kuitenkin voi tapahtua, että vaihesiirto ω_o($\approx$4,43 MHz) kommunikaatiokanavassa ei ole vaihe-erovääristymien vaikutuksesta yhtä suuri kuin kaksinkertainen vaihevirhe taajuudella $\omega_{o/2}$, ei tällainen menetelmä näytä edulliselta siinä tapauksessa, että krominanssisignaali NTSC-järjestelmän mukaisella tavalla muokataan taajuudella ω_2. Koska lisäksi NTSC-järjestelmään liittyy vääristymiä, jotka aiheutuvat modulaatiokaistan toisen sivukaistan taajuuden epäsymmetrisestä tukahduttamisesta ja taajuudella $\omega_2 = \frac{\omega_o}{2}$ signaalin ΔU taajuusspektri on laajempi siinä tapauksessa, että se on rajoissa 0 - 0,5 f_o, on tämän signaalin välittäminen apukantoaaltotaajuudella ω_o melko vaikeata (Kotelnikov'in teoreeman mukaan). Siinä tapauksessa, että taajuudeksi ω_2 valitaan puolet taajuudesta ω_o, suoritetaan toisen kuvan väriapukantoaallon muokkaus sopivasti PAL-järjestelmän mukaisella tavalla.

Tällainen signaali voidaan muokata esim. kuvion 11 näyttämän muokkaimen 16 avulla, jonka yksinkertaistettu lohkokaavio on näytetty kuviossa 7. Tässä lohkokaaviossa käytetyt symbolit vastaavat kuvioissa 5 ja 6 käytettyjä symboleja. Kuvion 7 näyttämä lohkokaavio eroaa kuvion 6 näyttämästä kaaviosta siinä suhteessa, että edellisessä on kytkin 29, joka ohjaa apukantoaallon syöttöä balansoituihin modulaattoreihin 25 ja 26. Lisäksi on purskesignaalin sisäänmeno näytetty katkoviivalla kuviossa 7, siinä tapauksessa, että ω_2 valitaan

siten, että se on yhtä kuin $\omega_{o/2}$, eikä purskesignaalia enää tarvita.

Kuvio 8 esittää yksinkertaistetun lohkokaavion näyttämänä esimerkkinä laitetta toisen apukantoaallon muokkaamiseksi vaihe-erokvadratuurimodulaation avulla. Tämä kuvion 8 näyttämä lohkokaavio eroaa kuvion 6 näyttämästä kaaviosta siinä suhteessa, että kvadratuurimoduloidun signaalin summaimesta 27 syötetään väriapukantoaalto elektronisen kytkimen 30 sisäänmenoihin ja verhoilmaisimeen 31. Ilmaisimen 31 ulostulosta saatu verhovideosignaali syötetään balansoituun modulaattoriin 32, jossa se moduloi vertailuapukantoaallon ω_2, joka syötetään tähän modulaattoriin 32 verkon kautta, joka siirtää sen vaihetta 90°. Balansoidun modulaattorin 32 ulostulosta moduloitu apukantoaalto syötetään kytkimen 30 toiseen sisäänmenoon. Kytkimen 30 ulostulosta apukantoaalto syötetään vaihemoduloituna tai ilman modulointia sekoittimeen 28, joka toisen juovan aikana.

Sen jälkeen, kun on muokattu yhdistetty lisäsignaali ja lisätty tämä signaali verhosignaaliin summaimessa 11, joka on näytetty kuvion 1 lohkokaaviossa, ja apukantoaaltotaajuus on moduloitu resultoivalla signaalilla modulaattorissa 15, saadaan moduloidun apukantoaallon yhdistetty signaali, joka voidaan lausua seuraavalla tavalla:

Sen muoto on yhdessä juovassa

$$\left[\sqrt[4]{E^{12}_{(R-Y)1} + E^{12}_{(B-Y)1}} \pm (0.1E'_{Y2} + 0.2E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t - 0.2E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t)\right] \times \sin(\omega_o t + \arctan\frac{E'_{(R-Y)1}}{E'_{(B-Y)1}})$$

ja seuraavassa juovassa

$$\left[\sqrt[4]{E^{12}_{(R-Y)1} + E^{12}_{(B-Y)1}} \pm (0.1E'_{Y2} + 0.2E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t + 0.2E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t)\right] \times \sin\omega_o t$$

Kuvio 9 esittää esimerkkinä keksinnön mukaan ehdotetun stereoskooppisen väritelevisiojärjestelmän yhdistetyn signaalin eri komponenttien taajuuskaistoja. Signaalin E'_{Y1} varaama taajuuskaista ulottuu nollasta esim. 6 MHz:iin. Värierosignaaleilla $E'_{(R-Y)1}$ ja $E'_{(B-Y)1}$ moduloidun apukantoaaltotaajuuden ω_o taajuuskaistaa on suuruusluokkaa ± 1,5 MHz apukantoaallosta. Lisäsignaalin ΔU taajuuskaista on epäsymmetrinen, ja on signaalille E'_{Y2} rajoissa -2,2 MHz - +1,5 MHz apukantoaallon taajuuteen ω_o nähden. Tämän spektrin alaosassa sijaitsee videosignaaleilla $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$ moduloidun lisäapukantoaallon ω_2 signaalien taajuuskaista, joka apukantoaalto puolestaan moduloi apukantoaaltoa ω_o.

Jos perusapukantoaallon taajuus ω_o valitaan siten, että se on yhtä kuin neljännesjuovataajuuden pariton harmooninen (neljännesjuovan verran siirretty),

tulee yhdistetyn stereoskooppisen väritelevisiosignaalin taajuusspektrissä videosignaalin E'_{Y1} teho pääasiallisesti keskitetyksi lähelle juovataajuuden harmoonisia. Krominanssisignaalien teho on pääasiallisesti keskittynyt neljännesjuovataajuuden parittomien harmoonisten ymärille, signaalin E'_{Y2} teho on pääasiallisesti keskittynyt 3/4 juovataajuuden parittomien harmoonisten ympärille, lisäkrominanssisignaalien $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$ teho on keskittynyt puolen juovataajuuden harmoonisten ympärille edellyttäen, että taajuus ω_2 on juovataajuuden pariton harmooninen. Signaalien tehon tämä jakautuma taajuusspektrissä on likimääräinen, koska se riippuu tavasta, miten krominanssisignaalit muokataan lisäapukantoaaltoon (esim. käyttämällä NTSC- tai PAL-menetelmiä). Keksinnön mukaan ehdotetun stereoskooppisen väritelevision yhdistetyn signaalin spektrin täsmällinen laskenta edellyttää, että otetaan huomioon perus-väriapukantoaallon vaiheenkääntö juovasta juovaan ("f" ja "0"), ja lopullinen tulos riippuu sivuun asetetun taajuuden valinnasta.

Yhdistetty stereoskooppinen väritelevisiosignaali, joka keksinnön mukaan on muokattu kooderin avulla, jonka lohkokaavioesimerkkejä on näytetty kuvioissa 1, 5, 6, 7, 8, voidaan sen jälkeen, kun sitä on käsitelty lähetyspuolella (sekoitettu, videotallennettu, käytetty erikoistehosteita, jne.), syöttää televisiolähettimen modulaattoriin tai maassa tai avaruudessa sijaitsevien kommunikaatiokanavien sisäänmenolaitteisiin.

Vastaanottimessa yhdistetty signaali otetaan ilmaisimesta (sen jälkeen, kun se on vahvistettu radiotaajuudella, sekoitettu paikallisoskillaattorin signaaliin, vahvistettu välitaajuudella tavanomaista tekniikkaa soveltaen). Tämän signaalin käyttö riippuu televisiovastaanottimen tyypistä, joka voi olla tavanomainen yksivärinen koje, yksivärinen stereokoje, tavanomainen värikoje tai stereoskooppinen värikoje.

Tavanomaisessa yksivärisessä televisiovastaanottimessa yhdistetty signaali, joka on vahvistettu videotaajuudella, syötetään kuvaputken modulaattoriin yksivärisen kirkkaan mukautuvan kuvan toistamiseksi. Tavanomaisessa värivastaanottimessa (joka on suunniteltu mukautuvaa värivastaanottoa varten), moduloitu apukantoaaltosignaali erotetaan yhdistetystä signaalista ja syötetään viivästysjohtoon (64 µs) ja kahteen kertojaan, joiden ulostuloista värierosignaalit otetaan. Tällaisen televisiovastaanottimen lohkokaavio ja kaikki krominanssipiirit ovat ennestään tunnetut ja yhteiset NIIR-väritelevisiojärjestelmän kvadratuuriversion vastaanottimelle. NIIR-järjestelmän tavanomaisen väritelevisiovastaanottimen krominanssiyksikössä ei tarvita mitään lisäelementtejä ennestään tunnettujen lisäksi.

Erilaisia ovat ainoastaan yksiväristen ja stereoskooppisten värivastaanottimien dekooderiyksiköt, koska niissä voi olla piirit stereoparin toisen kuvan informaation erottamiseksi.

Stereoparin toisen kuvan luminanssikomponentin erottaminen (yksivärisessä stereoskooppisessa stereovastaanottimessa) keksinnön mukaan kehitetystä yh-

distetystä televisiosignaalista voidaan suorittaa esim. dekooderin avulla, jonka yksinkertaistettu lohkokaavio on näytetty kuviossa 10.

Ilmaisimesta tuleva videotaajuinen yhdistetty televisiosignaali syötetään estosuodattimen 33 (viritetty taajuudelle ω_0) ja tasoittavan viivästysjohdon 34 ($\tau_3 \approx 1$ µ s) kautta videovahvistimeen 35, joka vahvistaa stereoparin ensimmäisen kuvan signaalin. Lisäksi sisääntuleva yhdistetty signaali syötetään kaistanpäästösuodattimeen 36, jossa moduloidun apukantoaallon signaali erotetaan. Suodattimesta 36 saatu apukantoaaltojännite syötetään vahvistusasteeseen 37, jonka ulostuloista signaali johdetaan samanaikaisesti viivästysjohdon 38 ($\tau_3 \approx 64$ µ s) sisäänmenoon ja kytkimeen 39. Viivästysjohdon 38 ulostulosta asteessa 40 vahvistettu signaali syötetään kytkimen 39 toiseen sisäänmenoon. Tämän kytkimen 39 sisäänmenoissa esiintyvät tällöin esim. seuraavat signaalit:

	1. sisäänmeno	2. sisäänmeno
1. juovan aikana	$\sqrt{A} - \Delta U)\cos(\omega_0 t + \varphi)$	$(\sqrt{A} + \Delta U)\cos \omega_0 t$
seuraavan juovan aikana	$\sqrt{A} + \Delta U)\cos \omega_0 t$	$(\sqrt{A} - \Delta U)\cos(\omega_0 t + \varphi)$

Taajuuden $f_{juova/2}$ omaavan jännitteen ohjaama kytkin 39 yhdistää vuorotellen sisäänmenot ulostuloihin I ja II, niin että ulostulossa I aina on signaali, esim.

$$(\sqrt{A} + \Delta U)\cos \omega_0 t$$

kun taas ulostulossa II aina on signaali

$$(\sqrt{A} - \Delta U)\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

Kytkimen 39 ulostuloista nämä apukantoaaltosignaalit syötetään vastaavien verhoilmaisimien 41, 42 sisäänmenoihin, joiden ilmaisimien ulostuloista saadaan videosignaalit

$$\sqrt{A} + \Delta U \qquad \text{(ilmaisimesta 41)}$$

$$-(\sqrt{A} - \Delta U) = \Delta U - \sqrt{A} \qquad \text{(ilmaisimesta 42)}$$

Nämä signaalit summataan ja vahvistetaan videovahvistimessa 43, jonka ulostulosta saadaan videosignaali E'_{Y2}.

Kuvion 10 lohkokaaviossa ei ole näytetty kytkimen 39 ohjauspiirejä, koska nämä piirit (liipaisimet, tunnistusverkot) ovat samanlaiset kuin NIIR-televisiovastaanottimissa käytetyt piirit.

Stereoskooppinen väritelevisiovastaanotin voidaan rakentaa kahden periaatteen perusteella. Ensimmäisessä versiossa ainoastaan stereoparin toinen kuva toistetaan värillisenä, kun taas toinen kuva on yksivärinen. Tällaisen stereoskooppisen väritelevisiovastaanottimen dekooderi tulee vastaavasti eroamaan stereoskooppisesta yksivärisestä televisiovastaanottimesta, jonka lóh-

kokaavio on näytetty kuviossa 10. Kuvio 11 esittää esimerkkinä stereoskooppisen väritelevisiovastaanottimen dekooderin yksinkertaistettua lohkokaaviota, jossa vastaanottimessa stereoparin toinen kuva on yksivärinen ja toinen kuva on värillinen. Kuvioiden 10 ja 11 lohkokaavioissa on samanlaiset yksiköt merkitty samoin symbolein.

Kuvion 11 näyttämän lohkokaavion mukaisten yksiköiden 33 - 43 virtapiirit ja toimintaperiaatteet ovat täysin samanlaiset kuin kuvion 10 näyttämän lohkokaavion samojen yksiköiden vastaavat piirit ja periaatteet. Kuvion 11 näyttämän lohkokaavion erilaisuus perustuu siihen, että siinä on piirit värierosignaalien $E'_{(R-Y)1}$ ja $E'_{(B-Y)1}$ erottamiseksi. Kytkimen 39 ulostuloista saadut apukantoaaltosignaalit syötetään samanaikaisesti verhoilmaisimien 41 ja 42 sisäänmenoihin ja kahden kertojan (synkroni-ilmaisimen 44 ja 45) sisäänmenoihin, jolloin toinen näistä signaaleista syötetään kertojaan 45 vaiheenkääntimen 46 kautta (90° taajuudella ω_o). Sen jälkeen, kun apukantoaallon viivästetyt ja viivästämättömät jännitteet on kerrottu synkroni-ilmaisimissa 44 ja 45 ja taajuuden 2 ω_o omaavat komponentit on tukahdutettu suodattimien avulla, saadaan värierosignaalit $E'_{(R-Y)1}$ ja $E'_{(B-Y)1}$ ilmaisimien 44 ja 45 ulostuloista. Piiri, jota käytetään väriero-videosignaalien erottamiseksi, samoin kuin niiden erottamistapa ovat ilmeisesti täysin samanlaiset kuin näiden signaalien erottamispiiri ja -tapa NIIR-järjestelmän mukaisessa vastaanottimessa.

Siinä tapauksessa, että stereoparin molemmat kuvat halutaan värillisinä stereoskooppisessa televisiovastaanottimessa, on dekooderissa erotettava kuusi signaalia yhdistetystä signaalista. Tämän dekooderin lohkokaavio on vastaavasti monimutkainen, koska siinä on oltava piirit signaalien $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$ erottamiseksi.

Sisäänmenosignaali, joka on verhoilmaisimien 41 ja 42 jännitteiden summa (kuviot 10 ja 11), sisältää sekä signaalin E'_{Y2} että moduloidun väriapukantoaallon jännitteen, jonka taajuus on ω_o (lisä-apukantoaalto). Signaalit $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$ on erotettava yksikössä 43 (kuviot 10 ja 11).

Yksikön 43 piirikaavio riippuu pääasiallisesti moduloidun lisä-apukantoaallon ω_o signaalin muokkaustavasta (NTSC- ja NIIR-tyyppiset tavat, PAL-tapa) ja taajuuden ω_2 valinnasta. Kun ω_2 ei ole yksinkertaisessa suhteessa taajuuteen ω_o, on dekooderiverkossa oltava kvartsikideoskillaattori, joka kehittää apukantoaallon ω_2 ja piirit tämän oskillaattorin vaiheistamiseksi purskeella. Kun sensijaan ω_2 on esim. yhtä kuin puolet taajuudesta ω_o, ei pursketta tarvita, ja kvartsikideoskillaattori voidaan korvata taajuudenjakajalla.

Kuviot 12, 13 ja 14 esittävät dekooderien eri rakenteiden yksinkertaistettuja lohkokaavioita.

Kuvio 12 esittää esimerkkinä kuvioissa 10 ja 11 käytetyn dekooderin yksinkertaistettua lohkokaaviota. Tätä dekooderia käytetään NTSC-menetelmän

mukaan moduloidun lisä-apukantoaallon signaalien dekoodaamiseen. Verhoilmaisimien 41, 42 (kuviot 10, 11) ulostulosignaalit syötetään summaimeen 47, jonka ulostulosta syötetään suodattimiin 48 ja 49 lisäsignaali $2\Delta U$, joka koostuu signaaleista $0{,}4E'_{Y2}$ ja $0{,}4E_{väri}$. Suodattimen 48 jälkeen, joka poistaa lisäapukantoaaltotaajuuden ω_2 signaali $0{,}4E'_{Y2}$ läpäisee tasoittavan viivästysjohdon 50, jonka $\tau_3 \approx 1\ \mu s$), ja syötetään videovahvistimen 51 sisäänmenoon, jonka vahvistimen ulostulosta saadaan signaali E'_{Y2}. Suodatin 49 on kaistanpäästösuodatin, jonka keskitaajuus on ω_2. Suodattimen 49 ulostulosta moduloidun lisäväriapukantoaallon signaali syötetään synkroni-ilmaisimiin 52 ja 53 ja paikallisoskillaattoriyksikköön 54, joka kehittää apukantoaaltosignaalin. Yksikössä 54 erotetaan sisääntulevasta signaalista purske, joka vaiheistaa vertailuapukantoaallon ω_2 kvartsikideoskillaattorin. Vertailuapukantoaalto syötetään synkroni-ilmaisimen 52 toiseen sisäänmenoon ja syötetään vaiheenkääntimen 55 (joka siirtää vaihetta 90°) synkroni-ilmaisimeen 53. Synkroni-ilmaisimien 52, 53 ulostuloista saadaan värierosignaalit $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$.

Kuvio 13 esittää yksinkertaistettuna lohkokaaviona järjestelmää, jolla voidaan käsitellä dekooderin 43 (kuviot 10, 11) lisäsignaalia siinä tapauksessa, että apukantoaalto $\omega_2 = \frac{\omega_o}{2}$ on moduloitu PAL-menetelmän avulla. Yksiköiden 47, 48, 50, 51 ja 49 toiminnat ovat tässä lohkokaaviossa täysin samanlaiset kuin kuvion 12 mukaisen lohkokaavion vastaavien yksiköiden toiminnat. Koska tässä tapauksessa modulaatio suoritetaan lähetyskojeesta siten, että

$$\Delta U_{4n} = 0.2E'_{Y2} + K_R E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t + K_B E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t;$$

$$\Delta U_{4n+1} = 0.2E'_{Y2} + K_R E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t - K_B E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t;$$

$$\Delta U_{4n+2} = 0.2E'_{Y2} - K_R E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t - K_B E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t;$$

$$\Delta U_{4n+3} = 0.2E'_{Y2} - K_R E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t + K_B E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t$$

saadaan seuraavat signaalit esim. suodattimen 49 ulostulossa:

juovassa (m) $= 2K_R\ E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t;$

juovassa (m + 1) juova $= -2K_B\ E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t;$

juovassa (m + 2) juova $= -2K_R\ E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t;$

juovassa (m + 3) juova $= 2K_B\ E'_{(B-Y)2}\sin\omega_2 t;$

juovassa (m + 4) juova $= 2K_R\ E'_{(R-Y)2}\cos\omega_2 t,$ jne.

Suodattimesta 49 saadut signaalit syötetään samanaikaisesti viivästysjohdon 56 sisäänmenoon ja kytkimen 57 toiseen sisäänmenoon. Tämän kytkimen 57 toiseen sisäänmenoon syötetään signaali viivästysjohdon 56 ($\tau_3 \approx 64\ \mu s$).

61379

ulostulosta. Kytkimen 57 ulostulosta saadaan esim. seuraavat signaalit:

1. ulostulo	2. ulostulo
$2K_B E'_{(B-Y)2} \sin \omega_2 t;$	$2K_R E'_{(R-Y)2} \cos \omega_2 t;$
$2K_B E'_{(B-Y)2} \sin \omega_2 t;$	$-2K_R E'_{(R-Y)2} \cos \omega_2 t;$
$-2K_B E'_{(B-Y)2} \sin \omega_2 t;$	$-2K_R E'_{(R-Y)2} \cos \omega_2 t;$
$-2K_B E'_{(B-Y)2} \sin \omega_2 t;$	$2K_R E'_{(R-Y)2} \cos \omega_2 t;$
$2K_B E'_{(B-Y)2} \sin \omega_2 t;$	$2K_R E'_{(R-Y)2} \cos \omega_2 t;$
$2K_B E'_{(B-Y)2} \sin \omega_2 t;$	$-2K_R E'_{(R-Y)2} \cos \omega_2 t,$

jne. Nämä signaalit syötetään vastaavasti synkroni-ilmaisimien 52 ja 53 sisäänmenoihin, joiden ilmaisimien toisiin sisäänmenoihin syötetään vertailuapukantoaaltosignaalit (signaalit syötetään ilmaisimeen 52 90° vaiheenkääntimen kautta.

Ilmaisimista 52 ja 53 saadaan komponenttien suodattamisen jälkeen johdetuiksi värierosignaalit $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$.

Apukantoaallon $\omega_2 = \frac{\omega_o}{2}$ vertailujännite kehitetään taajuudenjakoyksikössä 58 signaalista

$$(\sqrt{A} + \Delta U) \sin \omega_o t$$

joka johdetaan kytkimen 39 ulostulosta (kuvio 11). Tämä signaali eroaa aina nollasta siinä tapauksessa, että esiintyy lisäsignaali. Lisä-apukantoaallon esiintyessä ilmaisimien 53 ja 52 sisäänmenoissa on perus-apukantoaallon signaali näin ollen automaattisesti läsnä taajuudenjakajan 59 sisäänmenossa. Koska lisä-apukantoaalto ω_2 valitaan siten, että se on yhtä kuin $\omega_o/2$, saadaan taajuus ω_o jaetuksi esim. regeneratiivisesti kahtia taajuudenjakoyksikössä 58. Ennen kuin taajuuden ω_o omaava signaali syötetään taajuudenjakoyksikköön 58, saatetaan tämä signaali sopivasti läpäisemään suhteellisen kapeakaistaisen suodattimen (signaali-kohinasuhteen parantamiseksi). Kun $\omega_2 = \frac{\omega_o}{2}$, voidaan kuvion 13 näyttämässä lohkokaaviossa käyttää laitetta, joka on samaa tyyppiä kuin kuvion 12 yksikkö 54, ja jossa on piirit taajuuden ω_2 omaavan purskeen erottamiseksi, vaiheistuspiirit ja kvartsikideoskillaattori, joka kehittää signaaleja, joiden taajuus on ω_2.

Yksiköstä 58 tuleva vertailuapukantoaaltojännite menee, ennen kuin se syötetään synkroni-ilmaisimiin 52, 53, kytkimen 59 läpi, jossa sen vaihe käännetään halutulla tavalla (0° tai 180°), jolloin napaisuuden vaihtoa ohjataan taajuudella $f_{juova}/4$.

Siinä tapauksessa, että toinen krominanssi-apukantoaalto lähetetään vaiheerokvadratuurimoduloituna, ei purskesignaalia enää tarvita vastaanottimessa,

eikä myöskään tarvitse regeneroida vertailuapukantoaaltoa. Perus-moduloidun apukantoaallon signaaleja summaavan summaimen ulostulossa esiintyy signaali, joka juovasta juovaan on:

$$2\Delta U_{4n} = 0.4E'_{Y2} + K_2A_2\sin(\omega_2 + \varphi_2) + K_2A_2\sin\omega_2 t;$$

$$2\Delta U_{4n+1} = 0.4E'_{Y2} + K_2A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2) - K_2A_2\sin\omega_2 t;$$

$$2\Delta U_{4n+2} = 0.4E'_{Y2} - K_2A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2) - K_2A_2\sin\omega_2 t;$$

$$2\Delta U_{4n+3} = 0.4E'_{Y2} - K_2A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2) + K_2A_2\sin\omega_2 t$$

jne.

Jos nämä signaalit lisäksi viivästetään yhden juovajakson ajaksi toisessa krominanssikaistassa (toisin sanoen alueella ω_2) ja moduloidun toisen apukantoaallon viivästetyt ja viivästämättömät signaalit syötetään kahteen summaimeen, joista toisessa signaalit summataan samanvaiheisina ja toisessa summataan vastavaiheisina, saadaan summaimien ulostuloissa kehittymään seuraavat apukantoaaltojännitteet:

1. summain	2. summain (vähennys)
$2K_2A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2);$	$2K_2A_2\sin\omega_2 t$
$-2K_2A_2\sin\omega_2 t;$	$2K_2A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2);$
$-2K_2A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2);$	$-2K_2A_2\sin\omega_2 t;$
$2K_2A_2\sin\omega_2 t;$	$-2K_2A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2);$
$2K_2A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2);$	$2K_2A_2\sin\omega_2 t;$
$-2K_2A_2\sin\omega_2 t;$	$2K_2A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2)$

Kuvio 14 esittää yksinkertaistettuna lohkokaaviona dekooderia 43, jota käytetään NIIR-menetelmän avulla moduloidun lisäapukantoaallon signaalien dekoodaamiseen. Tämän lohkokaavion yksiköiden 47, 48, 50, 51, 52, 56 toiminta on täysin samanlainen kuin kuvion 13 näyttämän lohkokaavion samojen yksiköiden toiminta. Moduloidun toisen apukantoaallon signaalit syötetään kaistanpäästösuodattimen 49 ulostulosta viivästysjohdon 56 sisäänmenoihin, joka viivästysjohto viivästää yhden juovajakson pituisen ajan, ja kahden summaimen 60 ja 61 sisäänmenoihin, joista toisessa viivästetyt ja viivästämättömät signaalit summataan ja toisessa nämä signaalit vähennetään toisistaan. Apukantoaallon täten jaetut jännitteet syötetään vaihemoduloituna $A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2)$, ja vertailuvaiheessa vaihemoduloituina $A_2\sin\omega_2 t$, kytkimen 57 sisäänmenoihin, jonka kytkimen ulostuloista nämä jännitteet syötetään napaisuuskytkimen 59 kautta synkroni-

ilmaisimiin 52 ja 53, jolloin toinen näistä signaaleista syötetään ilmaisimeen 52 vaiheenkääntimen 55 kautta (90° taajuudella ω_2).

Ilmaisimien 52, 53 ulostuloista saadaan sen jälkeen, kun on suodatettu pois taajuuden 2 ω_2 omaavat komponentit, värierosignaalit $E'_{(R-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$.

Toteuttamalla keksinnön ehdottama tapa välittää yhdistettyä stereoskooppista väritelevisiosignaalia voidaan vastaanottopuolella saada seuraavat signaalit:

- Stereoparin ensimmäisen kuvan luminanssisignaali E'_{Y1}, jonka taajuuskaista on suuruusluokkaa 6 MHz,
- värierosignaalit $E'_{(R-Y)1}$ ja $E'_{(B-Y)1}$, jotka kumpikin varaavat suuruusluokkaa 1,5 MHz olevan taajuuskaistan,
- stereoparin toisen kuvan luminanssisignaali E'_{Y2}, jonka taajuuskaista on suuruusluokkaa 1,5 - 2,0 MHz,
- stereoparin toisen kuvan krominanssi- (väriero-)signaalit $E'_{(B-Y)2}$ ja $E'_{(B-Y)2}$ joiden taajuuskaista on suuruusluokkaa 0,5 MHz.

Stereoparin toisen kuvan vaakasuora erottelutarkkuus on täten vain neljäsosa ensimmäisen kuvan vaakasuorasta erottelutarkkuudesta. Lisäksi toisen kuvan erottelutarkkuudet ovat eri suuret vaaka- ja pystysuunnissa. Jos luminanssin vaakasuora erottelutarkkuus supistuu noin kertoimella neljä, johtuen signaalin E'_{Y2}, rajoitetusta taajuuskaistasta, on pystysuuntainen erottelutarkkuus suunnilleen puolet siitä (koska jokin juova, esim. "n"-juova, muotoillaan signaaleista ΔU_{n-1} ja ΔU_n kun taas "n+1"-juova muotoillaan signaaleista ΔU_n ja ΔU_{n+1}). Näin ollen on mahdollista käyttää tunnettua tapaa korvata pystysuuntainen erottelutarkkuus vaakasuoralla erottelutarkkuudella viimeksi mainitun parantamiseksi. Koska signaali E'_{Y2} saadaan vastaanottimessa kahden ΔU:n summana (kahden juovan signaaleista), on tässä tapauksessa hiukan muunnettava tunnettuja rasterin lomitusmenetelmiä.

Kytkeminen suoritetaan sopivasti taajuudella, joka liittyy perus-apukantoaallon taajuuteen $\omega_o \cong 2\pi.4.43$ MHz. Jos taajuudet $\omega_o/3$ otetaan signaalista E'_{Y2} näytteen lähetyspuolella, ja näytepulssin kestoaika valitaan siten, että se on yhtä suuri tai hiukan pienempi kuin näytejakson kolmannes, jolloin ensimmäisessä juovassa näytepulssin vaihe valitaan nollaksi (etureunalla), toisessa juovassa noin 120°, kolmannessa juovassa noin 240 , neljännessä juovassa jälleen noin 120°, viidennessä juovassa nollaksi, jne., voidaan toisen kuvan luminanssin erottelutarkkuutta parantaa vastaanottopuolella avaintamalla vastaanotetun signaalin näytteitä.

Sen jälkeen, kun signaalit on avainnettu lähetyspuolella, saadaan sarja pulsseja:

1. juovassa $-M(\frac{\omega_0}{3}; \quad \Psi = 0^\circ)E'_{Y2}$

2. juovassa $-M(\frac{\omega_0}{3}; \quad \Psi = 120^\circ)E'_{Y2}$

3. juovassa $-M(\frac{\omega_0}{3}; \quad \Psi = 240^\circ)E'_{Y2}$

4. juovassa $-M(\frac{\omega_0}{3}; \quad \Psi = 120^\circ)E'_{Y2}$

5. juovassa $-M(\frac{\omega_0}{3}; \quad \Psi = 0^\circ)E_{Y2}$

jossa M on pulssijännite, jonka taajuus on $\omega_0/3$, ja vaihe Ψ ja pulssin pituus on $\tau_n \frac{2\pi}{\omega_0}$.

Saattamalla nämä pulssisarjat menemään alipäästösuodattimen läpi, jonka päästökaista on suuruusluokkaa 1,5 - 2,0 MHz, saadaan signaalit

$$E'_{Y2}(\Psi = 0^\circ), \quad E'_{Y2}(\Psi = 120^\circ), \quad E'_{Y2}(\Psi = 240^\circ),$$

$$E_{Y2}(\Psi = 120^\circ), \quad E_{Y2}(\Psi = 0^\circ), \quad E'_{Y2}(\Psi = 120^\circ),$$

jne.

Käyttämällä vastaanottimessa signaaligeneraattoria, joka kehittää pulsseja $M(\frac{\omega_0}{3})$, ja lisäviivästysjohtoa, joka viivästää signaaleja yhden juovan, voidaan erotetuista signaaleista

$$2\Delta U = 0.2E'_{Y2}(\Psi = 0^\circ) + 0.2E'_{Y2}(\Psi = 120^\circ);$$

$$2\Delta U = 0.2E'_{Y2}(\Psi = 120^\circ) + 0.2E'_{Y2}(\Psi = 240^\circ),$$

avaintaa pulssisarjat (näytteet), jotka ovat eri suuret ensimmäisessä ja toisessa summassa, ja täten saadaan muokatuksi signaali E'_{Y2}, joka antaa paremman erottelutarkkuuden kuin taajuutta 1,5 MHz vastaava signaali.

Patenttivaatimukset:

1. Mukautuva stereoskooppinen väritelevisiojärjestelmä, jossa vaihetta siirtäen kvadratuurimoduloidaan väriapukantoaalto stereoparin ensimmäisen kuvan krominanssisignaaleilla ja välitetään stereoparin toisen kuvan signaalit apukantoaallolla, joka sijaitsee luminanssisignaalin taajuusspektrin keskellä, t u n n e t t u siitä, että stereoparin toisen kuvan luminanssisignaalia käytetään apukantoaallon lisämoduloimiseen siten, että apukantoaallon amplitudi yhdessä juovassa on yhtä kuin moduloivan signaalin amplitudin ja kvadratuurimoduloidun apukantoaallon amplitudin neliöjuuren summa, ja viereisessä juovassa on yhtä kuin näiden amplitudien ero, jolloin tämä lisämodulaatio suoritetaan siten, että se ei vaikuta apukantoaallon vaiheisiin viereisissä juovissa, ja vastaanotettaessa stereoparin ensimmäisen kuvan krominanssisignaalit erotetaan kertomalla apukantoaallon viivästetyt ja viivästämättömät jännitteet suoraan toista signaalia varten ja niiden välisellä 90°:n lisävaiheensiirrolla toista signaalia varten, kun taas toisen kuvan krominanssisignaalit erotetaan ilmaisemalla viivästetyt ja viivästämättömät jännitteet ja muodostamalla niiden verhokäyrien välinen erotus.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen mukautuva järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että lisäsignaalin aiheuttamien keskinäishäiriöiden supistamiseksi stereoparin toisen kuvan luminanssisignaalin jännite ennen sen käyttämistä apukantoaallon moduloimiseen muunnetaan kaksinapaiseksi jännitteeksi, jota varten tähän signaaliin juovasammutuspulssien aikavälinä lisätään lisäpulsseja, joiden amplitudi on yhtä kuin puolet luminanssisignaalin amplitudista, ja taso lukitaan näiden pulssien huippuihin.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen mukautuva järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että mahdollisuuden luomiseksi välittää stereoparin toisen kuvan väriinformaatio tämän kuvan taajuusspektriin syötetään lisäapukantoaalto, joka kvadratuurimoduloidaan kahdella värierosignaalilla (NTSC-menetelmän mukaisesti), jolloin vastaanoton aikana moduloidun lisäapukantoaallon jännite erotetaan kaistanpäästösuodattimen avulla perusapukantoaallon erotusv rhokäyräsignaalista ilmaistaan synkronisesti kahdessa kanavassa.

4. Patenttivaatimuksien 1 ja 3 mukainen mukautuva järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että lisäapukantoaallon signaalien suojaamiseksi paremmin differentiaalisilta vaihevirheiltä ja toisen modulaatiosivukaistan parasiittisen tukahduttamisen vaikutukselta suoritetaan lisäapukantoaallon kvadratuurimodulaatio kääntämällä toisen värierosignaalin napaisuus juovasta juovaan (PAL-järjestelmän mukaisella taval-

la), jolloin vastaanoton aikana stereoparin toisen kuvan värierosignaalit regeneroidaan vastaavalla tavalla.

5. Patenttivaatimusten 1, 3 ja 4 mukainen mukautuva järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että stereoparin toisen kuvan värierosignaalien regeneroimisprosessin yksinkertaistamiseksi lisäapukantoaallon taajuus valitaan siten, että se on puolet perusapukantoaallon taajuudesta, jolloin vastaanoton aikana muodostetaan vertailusignaali moduloidun lisäapukantoaallon synkronista ilmaisua varten jakamalla juovista saatu moduloitu perusapukantoaaltosignaali vertailuvaiheella.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen mukautuva järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että järjestelmän suojaamiseksi paremmin lisäapukantoaallon signaalien differentiaalisilta vaihevääristymisiltä ja väritoiston laadun parantamiseksi lisäväriapukantoaalto moduloidaan suhteellista kvadratuurimodulaatiota soveltaen (NIIR-menetelmän avulla), jolloin vastaanoton aikana stereoparin toisen kuvan värierosignaalit regeneroidaan vastaavalla tavalla.

Patentkrav:

1. Kompatibelt stereoskopiskt färgtelevisionssystem med fasdifferens-kvadraturmodulation av färgunderbärvågen med krominanssignalerna från den första bilden i stereoparet och transmission av signalerna av den andra bilden av stereoparet över en underbärvåg, som är belägen i luminanssignalens frekvensspektrum, k ä n n e t e c k n a t därav, att man använder luminanssignalen för den andra bilden i stereoparet för extra modulation av underbärvågen så, att underbärvågens amplitud i en linje är lika med summan av amplituden för den modulerande signalen och kvadratroten av amplituden för den kvadraturmodulerade underbärvågen, medan den i den närliggande linjen är lika med differensen mellan dessa amplituder, varvid den extra modulationen utförs med bibehållande av fasdifferensen hos underbärvågen i närliggande linjer, och under mottagandet krominanssignalerna för den första bilden i stereoparet separeras genom att multiplicera den fördröjda och den icke-fördröjda spänningen för underbärvågen direkt för den ena signalen och med en extra 90° fasväxling mellan dem för den andra signalen, medan krominanssignalerna för den andra bilden separeras genom att detektera nämnda fördröjda och icke-fördröjda spänningar och bilda skillanden mellan deras enveloper.

2. Kompatibelt system enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att man för att reducera nivån hos de inbördes störningarna från den extra signalen omvandlar spänningen hos luminanssignalen för den andra bilden i stereoparet förrän den används för modulering av underbärvågen till en bipolär spänning, för vilket ändamålet man i denna signal under intervallen för linjesläckningspulserna inför extra pulser med en amplitud som är lika med hälften av luminanssignalens amplitud, och låser nivån vid dessa pulsers toppar.

3. Kompatibelt system enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att man för att åstadkomma en möjlighet att överföra färginformationen för den andra bilden i stereoparet i frekvensspektrum för denna bild inför en extra underbärvåg, som kvadraturmoduleras med två färgdifferenssignaler (enligt NTSC-metoden), varvid man under mottagningen separerar den extra modulerade underbärvågens spänning från differenssignalen för envelopen av frekvensen för grund underbärvågen med ett band-passfilter och detekterar synkront i två kanaler.

4. Kompatibelt system enligt patentkravet 1 och 3, k ä n n e t e c k n a t därav, att man för att öka skyddet för signalerna i den extra underbärvågen från inverkan av distortion av differentialfastyp och parasitisk suppression av det ena

modulationssidobandet utför kvadraturmodulationen av underbärvågen genom omsvängning av polariteten hos den ena av färgdifferenssignalerna från linje till linje (genom metoden enligt PAL-systemet), varvid man under mottagningen färgdifferenssignalerna för den andra bilden i stereoparet regenererar på motsvarande sätt.

5. Kompatibelt system enligt patentkraven 1, 3 och 4, k ä n n e - t e c k n a t därav, att man för att förenkla processen för regenerering av färgdifferenssignalerna för den andra bilden i stereoparet väljer frekvensen för den extra underbärvågen lika med hälften av grund underbärvågens frekvens, varvid man under mottagningen formar en referenssignal för synkron detektering av den modulerade extra underbärvågen genom att man delar den modulerade huvudunderbärvågssginalen från linjerna med en referensfas.

6. Kompatibelt system enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att man för att förbättra systemets skydd mot distorsioner av differentialfastyp av signalerna i den extra underbärvågen och för att förbättra kvaliteten hos förgreproduktionen, utför moduleringen av den extra färgunderbärvågen med tillhjälp av relativ kvadraturmodulation (genom NIIR-metoden), varvid man under mottagningen regenererar färgdifferenssignalerna för den andra bilden i stereoparet på ett motsvarande sätt.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: USA(US) 3 674 921 (H 04 n 9/60).
Muita julkaisuja:-Andra publikationer: Rundfunktechnische Mitteilungen, kesäkuu 1969, N. Mayer, R.Sand, "Stereoskopishes Fernsehen", p. 128-131.

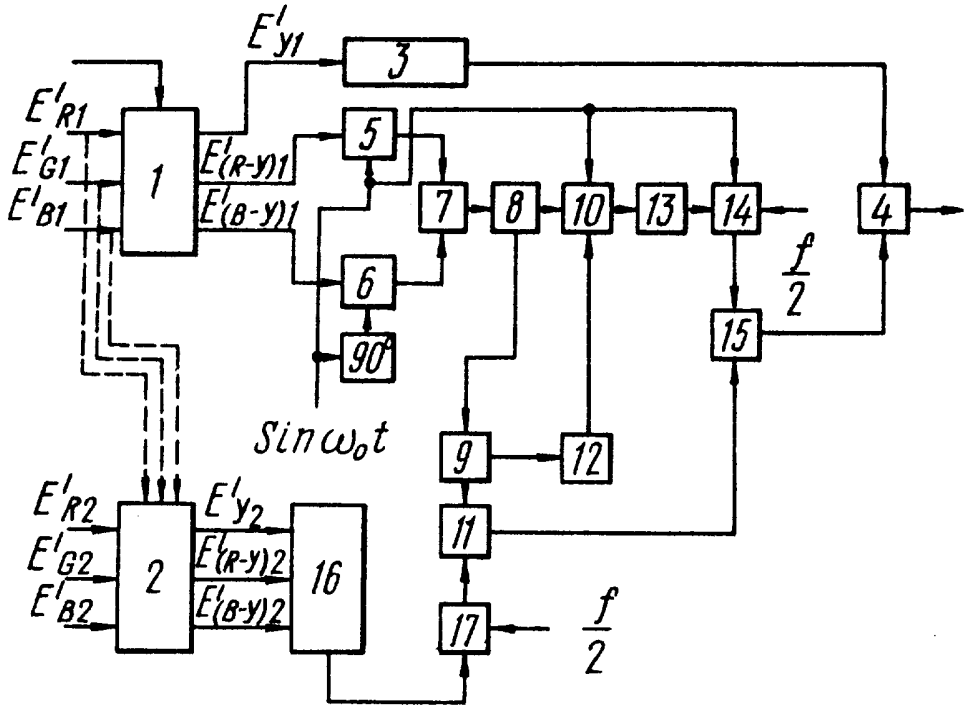

FIG. 1

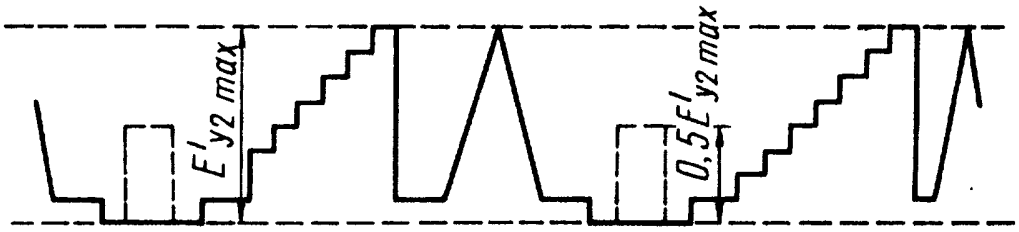

FIG. 2a

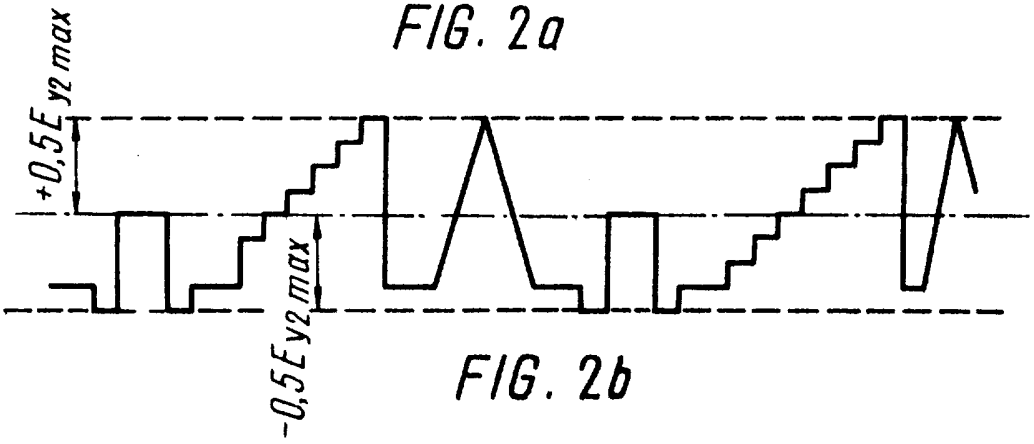

FIG. 2b

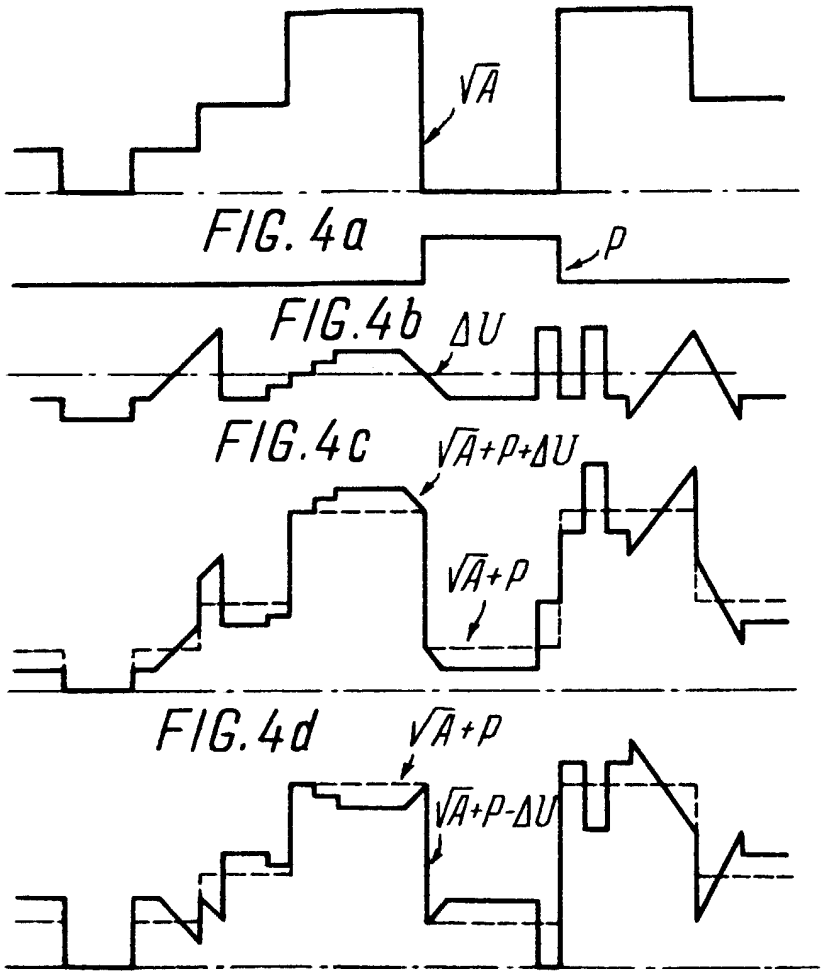

FIG. 4a

FIG. 4b

FIG. 4c

FIG. 4d

FIG. 4e

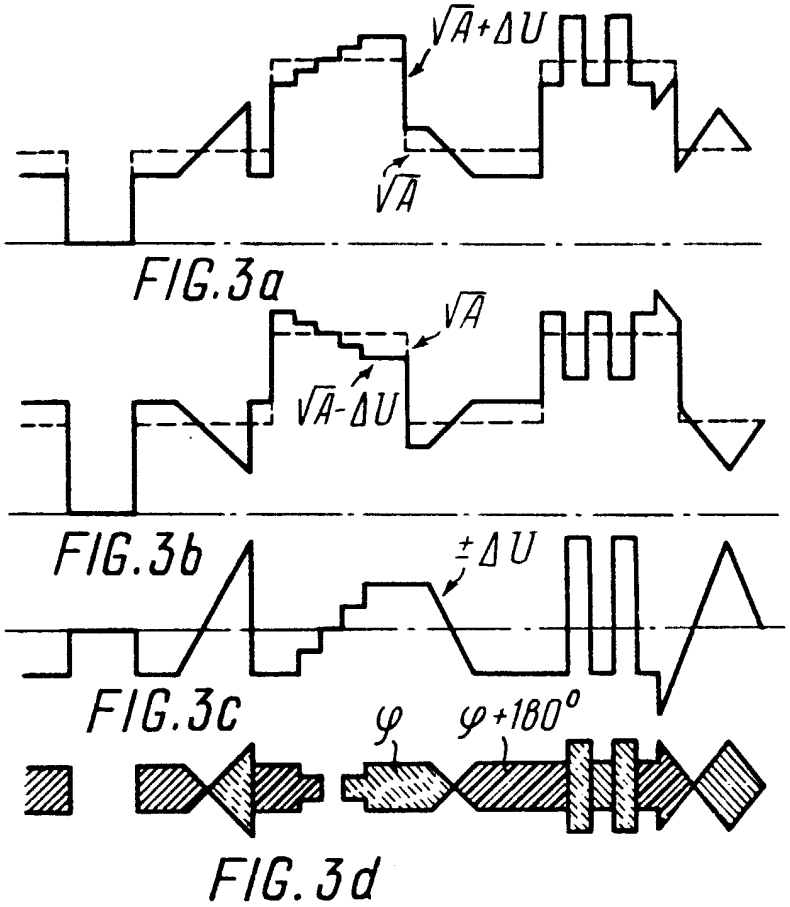

FIG. 3a

FIG. 3b

FIG. 3c

FIG. 3d

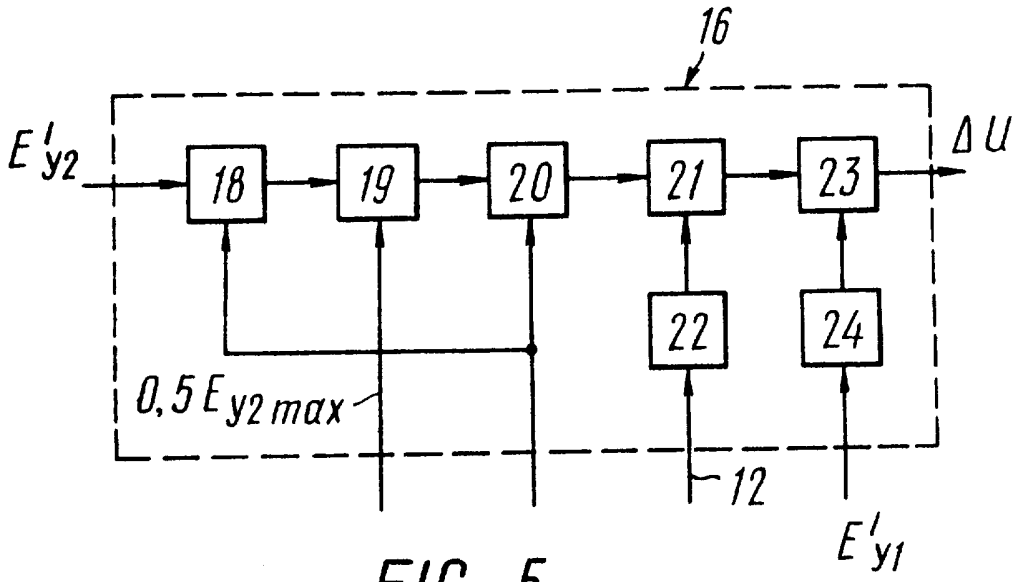
16
E'y2
18
19
20
21
23
ΔU
22
24
0,5 Ey2 max
12
E'y1

FIG. 5

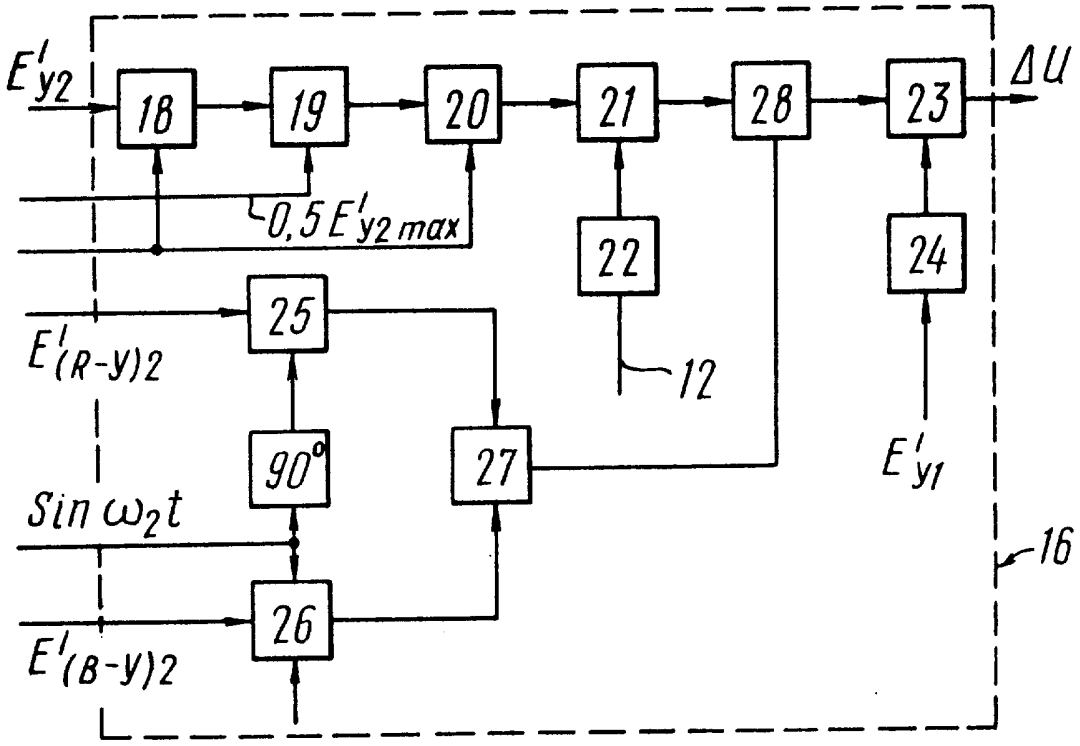
E'y2
18
19
20
21
28
23
ΔU
0,5 E'y2 max
22
24
25
E'(R-y)2
12
90°
27
E'y1
Sin ω2t
16
26
E'(B-y)2

FIG. 6

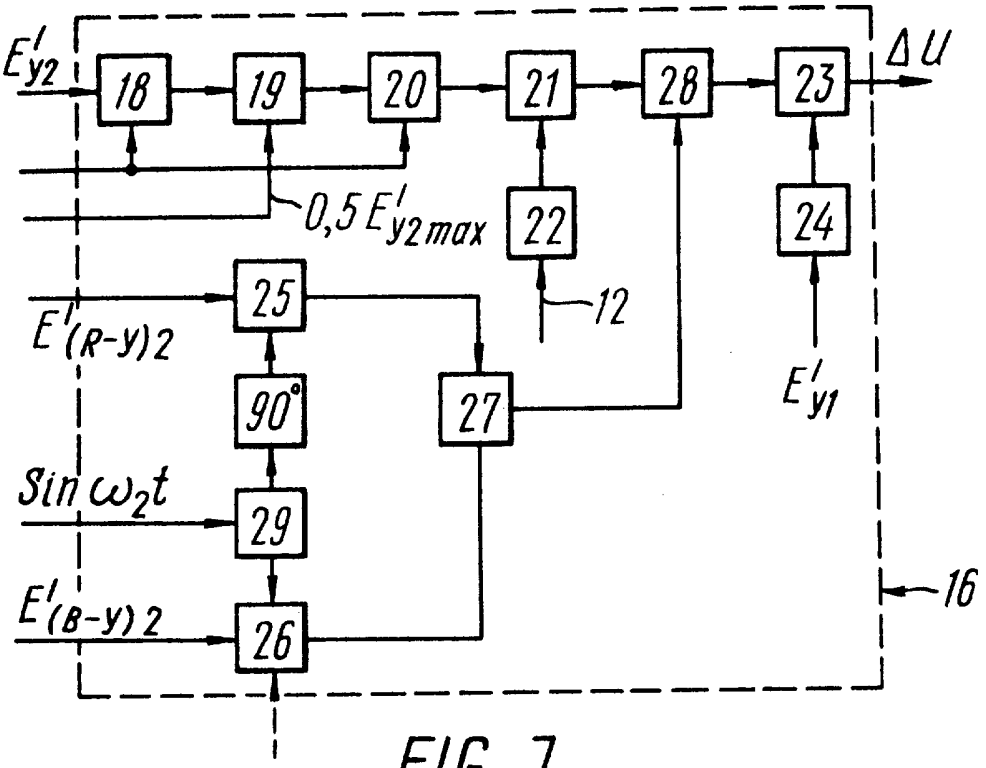
E'y2
18
19
20
21
28
23
ΔU
0,5 E'y2max
22
24
12
25
E'(R-y)2
90°
27
E'y1
Sin ω2t
29
E'(B-y)2
26
16

FIG. 7

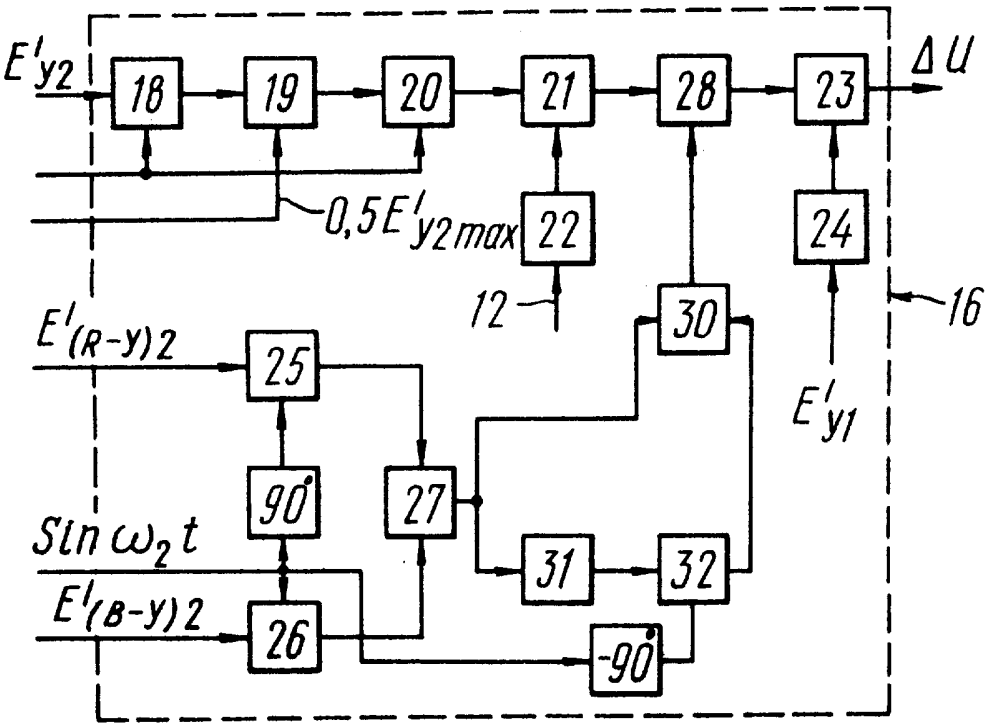
E'y2
18
19
20
21
28
23
ΔU
0,5E'y2max
22
24
12
30
16
E'(R-y)2
25
E'y1
90°
27
Sin ω2 t
31
32
E'(B-y)2
26
-90°

FIG. 8

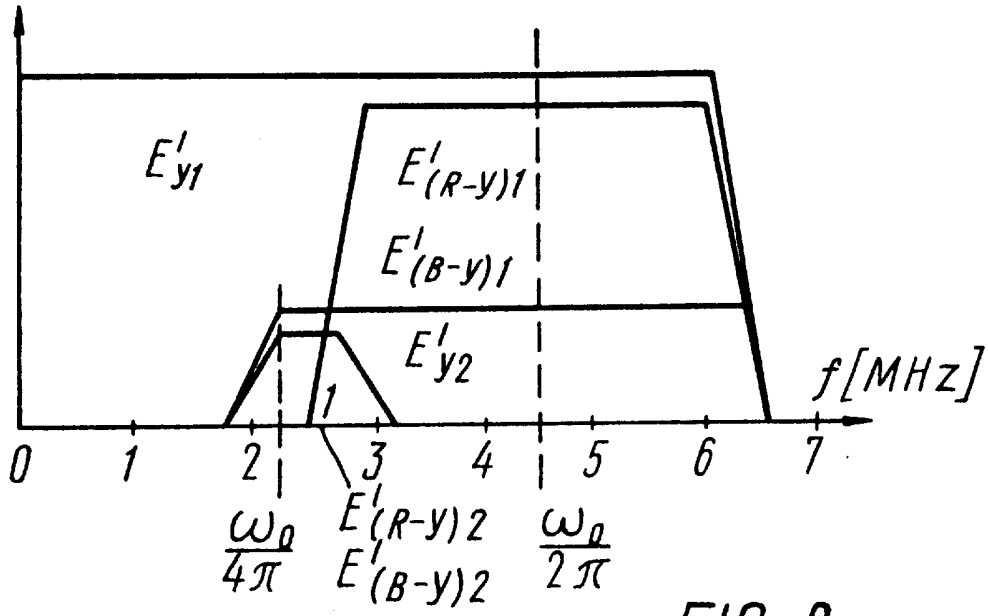
E'y1
E'(R-y)1
E'(B-y)1
E'y2
f[MHz]
0
1
2
3
4
5
6
7
ω0/4π
E'(R-y)2
E'(B-y)2
ω0/2π

FIG. 9

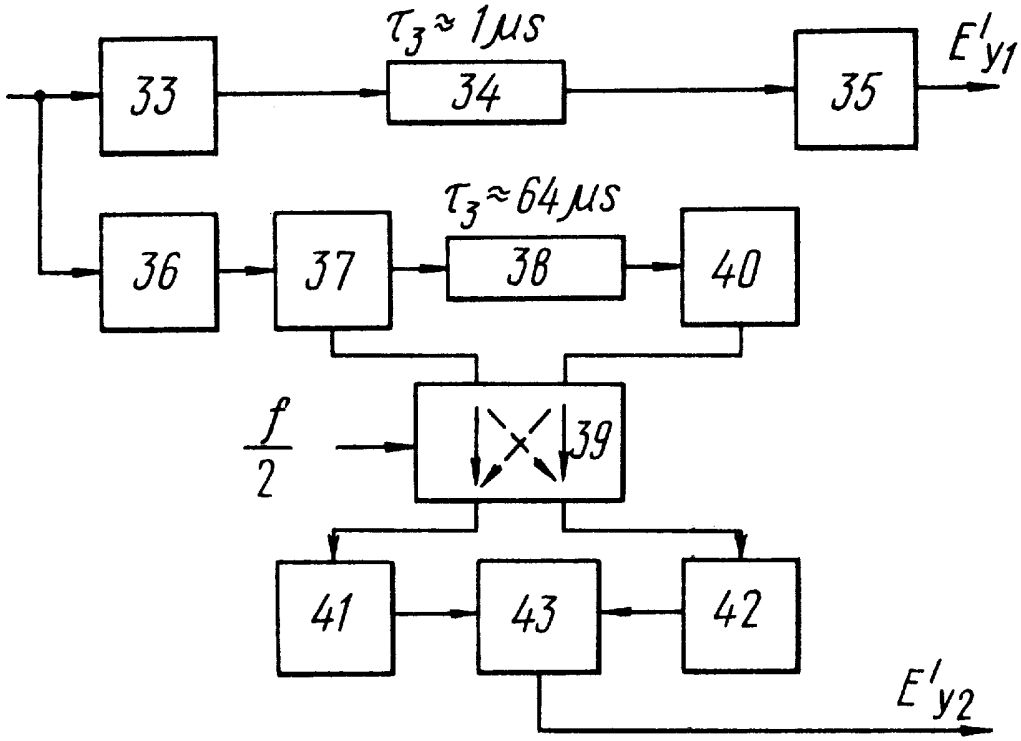
τ3≈1μs
33
34
35
E'y1
τ3≈64μs
36
37
38
40
f/2
39
41
43
42
E'y2

FIG. 10

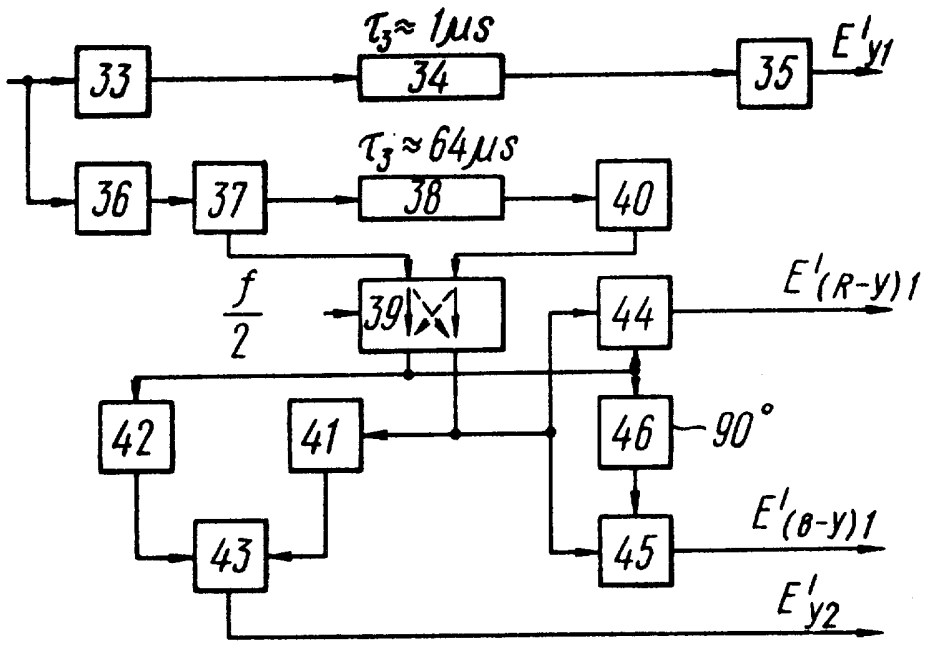
τ3≈ 1μs
33
34
35
E'y1
τ3≈ 64μs
36
37
38
40
f/2
39
44
E'(R-y)1
42
41
46
90°
43
45
E'(B-y)1
E'y2

FIG. 11

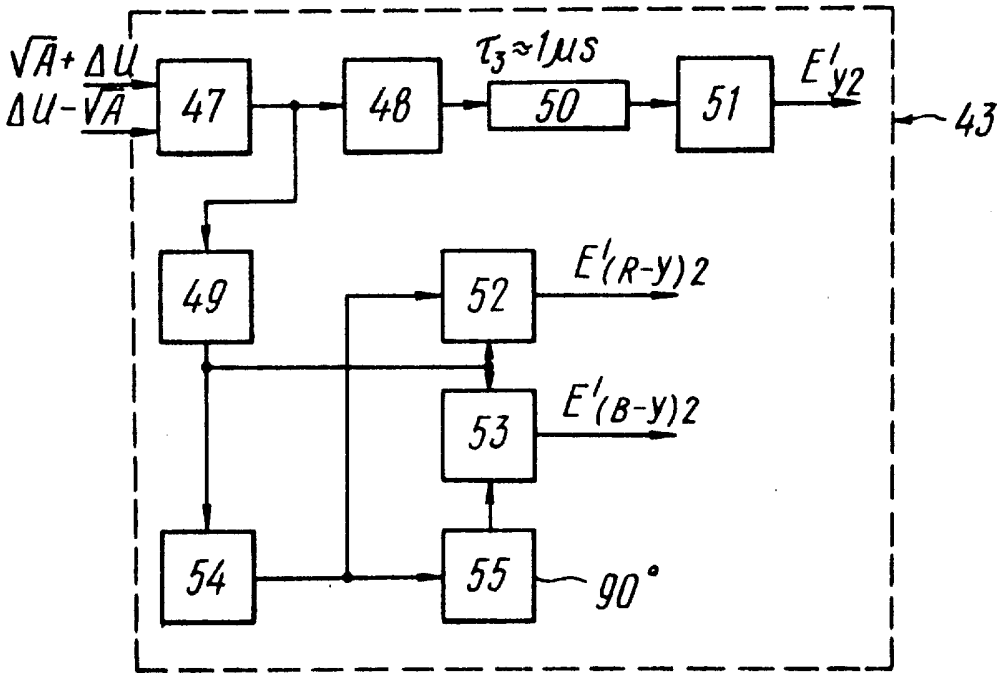
√A+ΔU
ΔU-√A
47
48
τ3≈1μs
50
51
E'y2
43
49
52
E'(R-y)2
53
E'(B-y)2
54
55
90°

FIG. 12

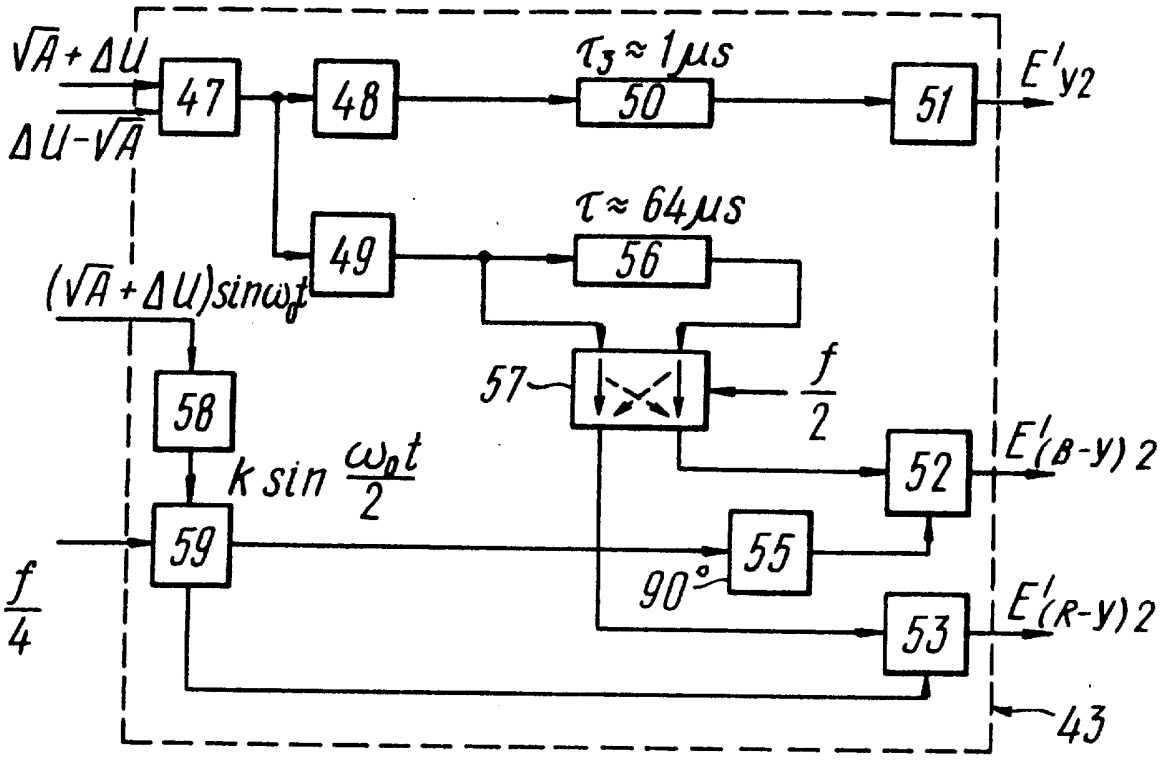
√A + ΔU
ΔU − √A
47
48
49
50
51
52
53
55
56
57
58
59
τ₃ ≈ 1μs
τ ≈ 64μs
E'y2
E'(B-y)2
E'(R-y)2
(√A + ΔU)sinω₀t
k sin ω₀t/2
f/2
f/4
90°
43

FIG. 13

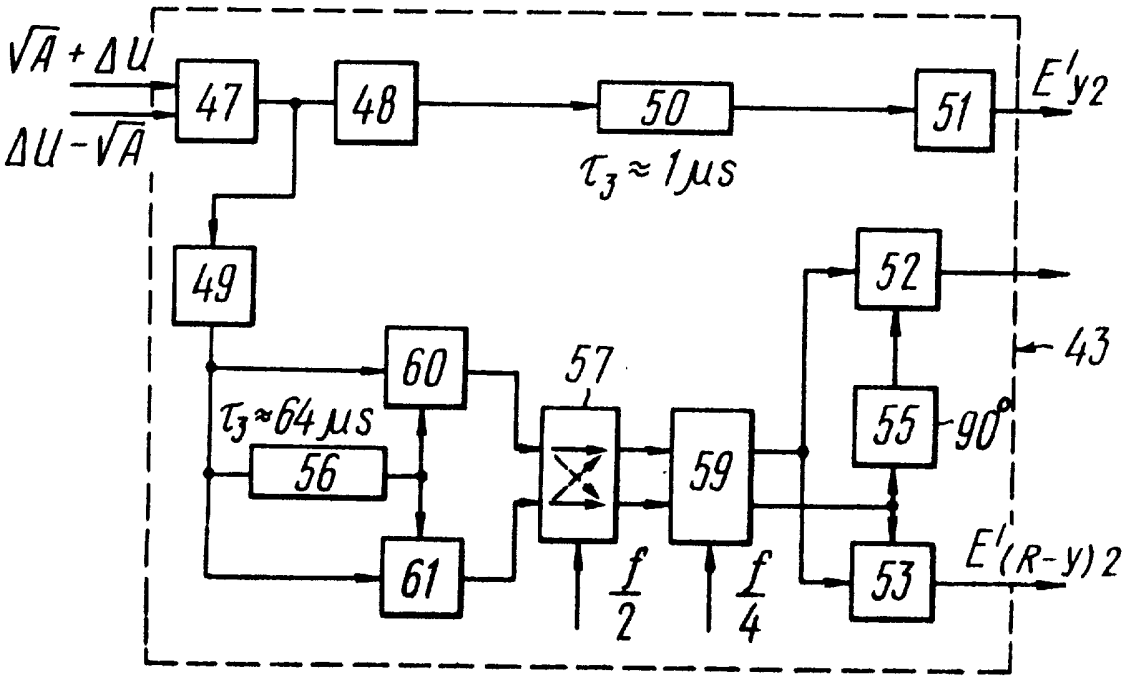
√A + ΔU
ΔU − √A
47
48
49
50
51
52
53
55
56
57
59
60
61
τ₃ ≈ 1μs
τ₃ ≈ 64μs
E'y2
E'(R-y)2
90°
f/2
f/4
43

FIG. 14