[B] (11) **UTLEGNINGSSKRIFT** Nr. **132167**

NORGE
[NO]

STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN

(51) Int. Cl.² G 01 S 9/66

(21) Patentsøknad nr. 2175/70
(22) Inngitt 04.06.70
(23) Løpedag 04.06.70

(41) Alment tilgjengelig fra 22.12.70
(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 16.06.75

(30) Prioritet begjært 20.06.69, Frankrike, nr. 69/20902

(54) Oppfinnelsens benevnelse

Fremgangsmåte og apparat for navigering under utnyttelse av Doppler-effekten.

(71)(73) Søker/Patenthaver
INSTITUT FRANÇAIS DU PETROLE, DES CARBURANTS ET LUBRIFIANTS,
1 & 4, Avenue de Bois-Préau,
92 Rueil-Malmaison, (Hauts-de-Seine),
Frankrike.

(72) Oppfinner
DELIGNIERES, Robert,
92 Colombes (Hauts-de-Seine),
Frankrike.

(74) Fullmektig
Siv.ing. Rolf Larsen,
Bryn & Aarflot A/S, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner
US patent nr. 3491333

132167

Denne oppfinnelse angår et navigasjonsapparat av Doppler-typen med diskontinuerlig sending for måling av den vei eller bane som gjennomløpes av et fartøy i eller på vannet i forhold til den undersjøiske jordoverflate. Blant de forskjellige metoder som hittil har vært anvendt for måling av en slik bane gjennomløpt av et fartøy i eller på vannet, kan nevnes logger av skrueomdreiningstellertypen som direkte måler den veilengde som er utseilt i forhold til vannmassen, og videre trykklogger eller magnetlogger som måler fartøyets relative hastighet i forhold til vannet. Integrasjon av hastigheten gir et mål for den gjennomløpte veilengde.

Det er i den senere tid utviklet metoder som utnytter den velkjente Doppler-effekt, i henhold til hvilken den relative hastighet av et fartøy er en funksjon av frekvensforskyvningen

av en akustisk bølge utsendt fra fartøyet og en samtidig mottatt bølge etter refleksjon fra et objekt. En eller flere sendertransdusere eller svingere utsender på kontinuerlig måte ultralydbølger med konstant frekvens mot sjøbunnen. En eller flere mottakertransdusere som kan være innbyrdes sammenkoblet, mottar de reflekterte ultralydbølger. Disse mottakere er koblet til en anordning som detekterer avviket mellom den utsendte bølges frekvens og den mottatte bølges frekvens, hvorved den hastighet og den distanse som gjennomløpes av fartøyet, blir angitt.

Disse kjente metoder har alle en iboende vesentlig ulempe som skyldes den kontinuerlige sending. Mottakerne mottar konstant en del av de innfallende bølger direkte fra sendetransduserne, hvilket modifiserer det frekvensspektrum som detekteres, og vanskeliggjør eller ødelegger målingen. Et av formålene med denne oppfinnelse er å frembringe en fremgangsmåte og et apparat for navigasjon i henhold til Doppler-prinsippet, hvorunder det foretas en diskontinuerlig utsendelse av akustiske bølger anvendbare på et fartøy som beveger seg i vann, hvorved det blir mulig på direkte måte å oppnå den veilengde eller bane som gjennomløpes, samt bevegelsesretningen i forhold til den undersjøiske overflate, samtidig som det sikres en god kompensasjon for forstyrrende eller uvedkommende effekter som skyldes rulling, stamping og hellning av den undersjøiske overflate eller bunnen.

Et annet formål med denne oppfinnelse er å tilveiebringe et navigasjonsapparat av Doppler-typen som utfører en diskontinuerlig utsendelse av akustiske bølger med fast frekvens og lang rekkevidde, som gjør det mulig å måle den distanse som kan gjennomløpes av et fartøy som beveger seg i vann, med meget høy presisjon, selv ved lave hastigheter og små dybder.

Et annet formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe et apparat for nummerisk behandling av de oppnådde signaler, med ufølsomhet overfor uvedkommende elektriske spenninger og under eliminering av analoge integrasjoner som alltid er utsatt for avdriftsvirkninger.

Den kjente teknikk på dette område er representert ved US-patent 3.491.333.

Nærmere bestemt tar således oppfinnelsen utgangspunkt i en fremgangsmåte av den art hvor utsendelsen og mottagningen av målesignaler utføres langs i det minste en akse som er orientert på skrå i forhold til horisontalplanet, omfattende utsendelse av intermitterende akustiske signaler og mottagning av utsendte signaler

etter refleksjon fra den undersjøiske overflate. Apparatet ifølge oppfinnelsen tar utgangspunkt i et arrangement omfattende en anordning for frembringelse av intermitterende elektriske signaler med bestemt frekvens, en anordning for utsendelse av disse signaler i form av akustiske bølger langs i det minste to sendeakser som er skråttliggende etter en og samme vinkel i forhold til vertikalen gjennom fartøyet, hvor de signaler som blir mottatt langs en av de nevnte akser utgjør referansesignalene, en anordning for omvandling av akustiske bølger som blir mottatt langs disse akser, til elektriske signaler, en anordning for forsterkning av de mottatte signaler, en anordning for kombinasjon av referansesignalene med de signaler som blir mottatt langs den annen akse, for frembringelse av signaler med frekvenser som er proporsjonale med differansen mellom frekvensen av referansesignalene og frekvensen av signaler mottatt langs den annen akse.

De nye og særegne trekk ved fremgangsmåten og apparatet ifølge oppfinnelsen er angitt i patentkravene.

Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen og apparatet for utførelse av denne skal i det følgende beskrives nærmere under henvisning til tegningen, hvor:

Fig. 1A viser de oscillasjoner som frembringes av en synkroniseringsanordning i apparatet ifølge oppfinnelsen.

Fig. 1B viser fordelingen av de utsendte bølgetog som funksjon av tiden.

Fig. 1C viser fordelingen av de mottatte bølgetog som funksjon av tiden.

Fig. 2 viser stillingen av en hastighetsvektor i forhold til en valgt sendeakse for å illustrere fremgangsmåten, sett i fartøyets langsgående plan.

Fig. 3 viser stillingen av sende- og mottagningsakser i apparatet ifølge oppfinnelsen.

Fig. 4 viser arrangementet av forskjellige enheter eller innretninger som inngår i apparatet.

Fig. 5 viser et oversiktsskjema over elementer i de nevnte enheter eller innretninger.

Fig. 6 viser skjematisk en forsterker som anvendes på inngangen av en mottakerinnretning.

Fig. 7 viser skjematisk en frekvensmultiplikator som anvendes i apparatet.

Fig. 8 viser formen av elektriske signaler uttatt i forskjellige punkter i frekvensmultiplikatorens strømkretser.

Fig. 9 viser skjematisk to klippeforsterkere som er koblet til en logisk deteksjonsanordning.

Fig. 10 viser skjematisk en beregningsanordning som anvendes i apparatet.

Fig. 11 viser skjematisk synkroniseringsanordningen.

Fig. 12 viser formen og tidsfordelingen av signaler uttatt på forskjellige utganger på synkroniseringsanordningen.

Fig. 13 viser en forvelger for måleenheter.

Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen skal beskrives under henvisning til fig. 1A, 1B, 1C og 2. En kontinuerlig arbeidende og stabil oscillator genererer en oscillasjon med frekvens F_o og periode T_o som anvendes som kilde for sendingen og synkroniseringen (fig. 1A). I et tidspunkt t_o, som blir tatt som begynnelsestid på figurene, slipper en modulator gjennom et bølgetog med varighet $\tau = N_1 T_o$ (hvor N_1 er et helt positivt tall).

Repetisjonsperioden for bølgetogene blir betegnet med T og velges med slik varighet at $T = NT_o$ (1), (hvor N er et helt positivt tall). Dette bølgetog, som er illustrert på fig. 1B, er i fase med oscillatoren og blir omdannet til et akustisk bølgetog.

Det akustiske bølgetog, som utsendes i tidspunktet t_o, blir reflektert av den undersjøiske overflate. Det ekko som blir mottatt av mottakeren etter et visst tidsintervall, består av et bølgetog som vist på fig. 1C, som på grunn av Doppler-effekten har en periode T' og en frekvens F', som er gitt ved følgende relasjon:

$$F' = F_o\left(1 + \frac{2\rho}{C}\right) \qquad (2)$$

hvor ρ er projeksjonen på sendeaksen av fartøyets hastighet V i forhold til sjøbunnen, og C er forplantningshastigheten av de utsendte bølgetog. Etter et tidsintervall T_1, som er en funksjon av vanndybden og av fartøyets hastighet V og som er definert ved en av fasekoinsidensene mellom bølgene med frekvens F_o og bølgene med frekvens F', telles det på den signalkurve som er vist på fig. 1C, et periodeantall som ligger innenfor et tidsintervall τ', som er begrenset av tidspunktene t_1 og t_2 og har en varighet $\tau' = N_2 T_o$ (3), (hvor N_2 er et helt positivt tall). Kurvene 1A og 1C er van-

ligvis ikke i fasekoninsidens i tidspunktet t_2.

Det antall perioder som telles, er $(N_3 \pm \varepsilon)$, hvor N_3 er et helt positivt tall og ε er et tall mellom 0 og 1. Man setter:

$$\tau' = (N_3 \pm \varepsilon)\, T' \qquad (4)$$

Under henvisning til fig. 2 og ved med β å angi vinkelen mellom senderetningen og vertikalen samt med ρ å angi projeksjonen av hastighetsvektoren V for fartøyet på denne senderetning, fremkommer relasjonen

$$\rho = V \sin\beta \qquad (5)$$

Av ligningene (2) og (5) fremkommer

$$V = (f'-f_o)\,\frac{C\,T_o}{2\sin\beta} \qquad (6)$$

Idet bølgelengden av den utsendte bølgen betegnes λ_o som er lik CT_o, og med en vinkel β valgt lik 30^o, kan ligning (6) skrives:

$$V = \lambda_o (f'-f_o) \qquad (7)$$

hvilket representerer den midlere hastighet av fartøyet under tidsintervallet τ'.

Den veilengde som gjennomløpes under dette tidsintervall, er

$$E_{\tau'} = V\tau' = \lambda_o \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T_o}\right) \tau' \qquad (8)$$

I betraktning av ligningene (3) og (4) kan ligning (7) omdannes til:

$$E_{\tau'} = \lambda_o\,(N_3 - N_2 \pm \varepsilon) \qquad (9)$$

Den veilengde som gjennomløpes av fartøyet ut fra begynnelsestidspunktet t_o under repetisjonsperioden T, er så gitt ved relasjonen $E_T = E_{\tau'} - \frac{T}{\tau'}$, eller også av relasjonen $E_T = \frac{N}{N_2} E_{\tau'}$, idet ligningene (1) og (3) er tatt i betraktning. Uttrykket for veilengden E_T kan skrives:

$$E_T = \frac{N}{N_2}(N_3 - N_2)\lambda_o \pm \frac{N}{N_2}\varepsilon\lambda_o \qquad (10)$$

under hensyntagen til ligning (9) og $E_T \simeq \frac{N}{N_2}(N_3-N_2)\lambda_o$ (11)

hvis det siste ledd neglisjeres.

Et viktig punkt i fremgangsmåten består i nummerisk beregning av verdien av $\frac{N}{N_2}(N_3-N_2)\lambda_o$ og å angi eller anbringe dette i en teller.

For å forenkle beregningen, er det hensiktsmessig å forutbestemme tallene N og N_2 og å velge $\frac{N}{N_2} = 2^p$ (hvor p er et helt positivt tall). Under hensyntagen av den valgte verdi av dette forhold kan ligning (10) skrives:

$$E_T \simeq 2^p(N_3-N_2)\lambda_o \qquad (12)$$

På den annen side kan tallet (N_3-N_2) utledes direkte ad analog vei (f.eks. synkron demodulering), kan forsterkes, bringes i binær form og sendes til et binært register. Multiplikasjon med 2^p av det tall som er anbrakt i registeret, utføres så ganske enkelt ved forskyvning av dette tall p trinn i retning mot bits med økende verdi.

Det skal bemerkes at hvis valget av de to parametre T og T_o er fritt, må man realisere betingelsen $\tau > \tau'$.

Ligning (10) kan settes på følgende form:

$$E_T = \frac{N}{N_2}(N_3-N_2)\left[1 \pm \frac{\varepsilon}{N_3-N_2}\right]\lambda_o$$

Størrelsen $\frac{\varepsilon}{N_3-N_2}$ blir så betegnet som iboende presisjonsfaktor F. Under hensyntagen til ligningene (3), (4) og (7) (hvor $\beta = 30^o$) kan faktoren F settes på følgende form:

$$F = \frac{\varepsilon T_o}{\tau'} \cdot \frac{C}{V} \quad \text{eller også:} \quad F = \frac{\varepsilon}{N} \cdot \frac{C}{V} 2^p$$

Målenøyaktigheten, som varierer omvendt proporsjonalt med faktoren F, er desto bedre jo lengre tidsintervallet τ' er. Som det kan konstateres, avhenger nøyaktigheten av valget av verdien av N og av fartøyets hastighet V.

For å redusere presisjonsfaktoren $F = \frac{\varepsilon}{N_3-N_2}$ når vanndybden avtar, er det nødvendig å øke tallet N_3-N_2, eller eventuelt å redusere verdien av ε. I henhold til ligningen (2) og (3) ses det at for å øke tallet N_3-N_2, må τ økes inntil et maksimum som er forenlig med vanndybden, eller å øke styrefrekvensen f_o. Denne siste

betingelse, som kan realiseres ved å utsende bølger med harmoniske frekvenser av frekvensen f_o, er forenlig med variasjonen av rekkevidden som funksjon av frekvensen. Den medfører imidlertid en dobbelt begrensning, nemlig anvendelse av transdusere som arbeider over et meget stort frekvensbånd, og nødvendigheten av å endre sendefrekvensområdet ofte når fartøyet beveger seg over små vanndybder.

Av disse grunner foretrekkes det å anvende en fast sendefrekvens f_o som kan trenge ned til stor vanndybde, og å redusere tallet $\mathcal{E}$. For å utføre dette, utsendes bølgetog med fast frekvens f_o, og under mottagningen av de reflekterte bølgetog multipliseres verdien av den effektive frekvensavvikelse mellom de utsendte bølger og de mottatte bølger med en faktor på f.eks. 2^n. Som følge av dette blir det antall perioder (N_3-N_2) som måles under tidsintervallet $\mathcal{T}$, multiplisert med faktoren 2^n. Alt dette har samme virkning som om tallet $\mathcal{E}$ ble dividert med 2^n.

Denne multiplikasjon av frekvensavviket med 2^n er imidlertid valgfri. Utførelsen av denne avhenger av den målenøyaktighet som ønskes oppnådd. I denne henseende beskrives apparatet for utførelse av fremgangsmåten som ikke begrenset til dette trekk.

På fig. 3 ses arrangementet av de transdusere eller svingere som utgjør mottager/senderanordningen i forhold til fartøyets akser. De tre transdusere har sine utstrålingsakser orientert henholdsvis symmetrisk i forhold til rullingsaksen, stampeaksen og den vertikale akse for fartøyet.

Transdusernes strålingsretninger OX1, OX2, OX3 danner en fast vinkel γ med vertikalen OZ. De tre plan som på den ene side inneholder OZ og på den annen side OX1, OX2 og OX3, danner en fast vinkel α med rullingsaksen.

Som det vil ses av beskrivelsen i forbindelse med fig. 4, blir de reflekterte signaler som ankommer langs de tre retninger, blandet to og to, dvs. OX1 med OX2 og OX1 med OX3.

Dette arrangement tillater en god kompensasjon av uvedkommende og skadelige effekter som skyldes rulling og stamping. Det sikrer også en god kompensasjon av virkningen av hellning av den undersjøiske overflate, uansett hvilken retning hellningen har i forhold til fartøyets akse.

Av hensiktsmessighetsgrunner kan vinkelen α gis en verdi lik 45^o, hvorved sendeaksene blir beliggende langs tre av hjørnelinjene i en pyramide med kvadratisk grunnflate. Den orientering

av aksene OX1, OX2 og OX3 som er vist på figuren, er ikke den eneste mulige. Disse akser kan helt generelt være orientert langs hvilke som helst tre hjørnelinjer i pyramiden.

Det anvendes transdusere som samtidig tjener til sending og til mottagning, f.eks. et flertall reversible piesoelektriske vibratorer eller svingere. Fremgangsmåten forklares for enkelhets skyld under henvisning til fig. 2, hvor det er valgt en vinkel β lik 30°. I den utførelsesform som skal beskrives i tilknytning til fig. 3 og 4, anvendes det tre transdusere og en demoduleringsanordning for de reflekterte signaler hvor man avleder frekvensene av de signaler som ankommer langs OX1 og OX3 på den ene side og langs OX1 og OX2 på den annen side. Frekvensavvikene mellom frekvensene av de utsendte bølger og frekvensene av de mottatte bølger, som detekteres langs aksene OX1, OX2 og OX3, er proporsjonale med projeksjonene av hastighetsvektoren for fartøyet langs disse akser og som følge av dette proporsjonale med $\sin \gamma$. Vinkelen γ blir da gitt en verdi som gjør det mulig å anvende ligning (12) uten modifikasjon.

Fig. 4 representerer skjematisk det generelle arrangement av et apparat for utførelse av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen. Apparatet består i hovedsaken av en synkroniseringsanordning 1, tre transdusere 5a, 5b, 5c, samt fire enheter betegnet henholdsvis E1, E2, E3 og E4. Synkroniseringsanordningen 1 genererer sinusspenninger med en styrefrekvens f_o og parrvise frekvensmultipla av denne, så vel som koordinasjonssignaler for de forskjellige operasjoner som utføres av apparatet. Ut fra en spenning ved frekvensen f_o og ordre som kommer fra synkroniseringsanordningen, frembringer og forsterker enheten E1 bølgetog som utsendes i form av akustiske bølgetog mot sjøbunnen ved hjelp av transduserne 5a, 5b og 5c. De akustiske bølgetog blir etter refleksjon fra sjøbunnen omformet til elektriske spenninger som påtrykkes enheten E2, som utfører demodulasjonen av de reflekterte bølger og deteksjon av frekvensavvikene mellom to og to av de utsendte bølger, multiplikasjon av disse frekvensavvikelser med 2^n og omforming av de således oppnådde signaler til pulser. Enheten E3 består av en regnemaskin som ut fra disse pulser og ordre levert fra synkroniseringsanordningen, utfører beregning av den veilengde som er gjennomløpt av fartøyet i henhold til ligning (12).

Endelig tillater enheten E4, som består av enhetsforvelgere, logiske fortegnsinnretninger og binære tellere/nedtellere, presen-

tasjon av størrelsen og retningen eller fortegnet av den veilengde som er gjennomløpt i form av konvensjonelle enheter.

Fig. 5 viser på mer detaljert måte de elementer som utgjør enhetene E1, E2,E3 og E4, som er vist på fig. 4.

Enheten E1 funksjonerer på følgende måte:

En modulator 2 mottar fra en synkroniseringsanordning 1, som skal beskrives senere, for det første en sinusspenning med frekvens f_o og for det annet to suksessive ordre i form av pulser som definerer tidspunktene t_o og t_3 (fig. 1). I dette tidsintervall $\tau = t_3 - t_o = N_1 T_o$ tillater modulatoren at det passerer et bølgetog med frekvensen f_o.

Utgangen av modulatoren 2 er forbundet med tre separate forsterkerkanaler betegnet henholdsvis a, b og c, som hver består av en effektforforsterker 3 og en forsterker 4. De tre forsterkere 4a, 4b og 4c mater respektive tre sendertransdusere 5a, 5b, 5c, som hver under tidsintervallet τ utsender et ultralydbølgetog på frekvensen f_o. De samme tre transdusere oppfanger under reversert virkemåte de reflekterte signaler fra den undersjøiske overflate eller bunn. De elektriske spenninger som derved fremkommer, tjener til å påvirke mottakerenheten E2.

Vinkelfrekvensen for de utsendte bølger kan bekvemt betegnes ω_o, og med henholdsvis $\omega_o+\Omega_1$, $\omega_o+\Omega_2$, $\omega_o+\Omega_3$ betegnes vinkelfrekvensene for de reflekterte bølger som mottas av transduserne 5a, 5b og 5c, idet Ω_1, Ω_2 og Ω_3 er avvikene mellom vinkelfrekvensen av det utsendte signal og vinkelfrekvensene av de signaler som blir mottatt henholdsvis langs aksene OX1, OX2 og OX3.

Mottakerenheten E2 funksjonerer på følgende måte:

De tre transdusere 5a, 5b og 5c er forbundet med respektive tre forsterkere 6a, 6b, 6c som virker som båndpassfiltre. På utgangen av disse har amplitydene av signalene henholdsvis følgende form:

$$E_1 \cos (\omega_o + \Omega_1) t$$
$$E_2 \cos (\omega_o + \Omega_2) t$$
$$E_3 \cos (\omega_o + \Omega_3) t$$

Utgangssignalet fra forsterkeren 6a påtrykkes en frekvensomsetter 7, som på den annen side mottar en sinusspenning med frekvens f_o fra synkroniseringsanordningen 1. Frekvensomsetteren multipliserer de to spenninger med hverandre og eliminerer lavfrekvenskomponenten. Spenningen på dens utgang, som har formen

$E_1 \cos(2\omega_o+\Omega_1)t$, påtrykkes fire frekvensomsettere 10a, 10b, 10c og 10d. Utgangene av forsterkerne 6b og 6c er forbundet med frekvensomsetterne 10a og 10b direkte og med frekvensomsetterne 10c og 10d gjennom $\frac{\pi}{2}$ -faseforskyvningsledd henholdsvis 8 og 9. Frekvensomsetterne 10a, 10b, 10c og 10d frembringer produktene av spenningene på inngangen og eliminerer høyfrekvenskomponentene.

Spenningene på frekvensomsetternes utganger er henholdsvis:

$$\frac{E_1E_2}{2} \cos(\omega_o + \Omega_1 - \Omega_2)t$$

$$\frac{E_1E_2}{2} \sin(\omega_o + \Omega_1 - \Omega_2)t$$

$$\frac{E_1E_3}{2} \cos(\omega_o + \Omega_1 - \Omega_3)t$$

$$\frac{E_1E_3}{2} \sin(\omega_o + \Omega_1 - \Omega_3)t$$

Disse spenninger påtrykkes fire frekvensmultiplikatorer henholdsvis 11a, 11b, 11c og 11d, som multipliserer inngangssignalets frekvens med en faktor 2^n (hvor n er et helt tall). De spenninger som er disponible på multiplikatorenes utganger, er således henholdsvis:

$$\frac{E_1E_2}{2} \cos 2^n(\omega_o + \Omega_1 - \Omega_2)t$$

$$\frac{E_1E_2}{2} \sin 2^n(\omega_o + \Omega_1 - \Omega_2)t$$

$$\frac{E_1E_3}{2} \cos 2^n(\omega_o + \Omega_1 - \Omega_3)t$$

$$\frac{E_1E_3}{2} \sin 2^n(\omega_o + \Omega_1 - \Omega_3)t$$

Fire frekvensomsettere 12a, 12c, 12b, 12d mottar henholdsvis på den ene side utgangsspenninger som leveres av de respektive multiplikatorer 11a, 11c, 11b, 11d og på den annen side en spenning med frekvens $2^n f_o$ som leveres av synkroniseringsanordningen 1. Disse frekvensomsettere multipliserer inngangssignalene og eliminerer høyfrekvenskomponentene.

De spenninger som opptrer på utgangene av disse, er som følger:

$$\frac{E_1E_2}{2}\cos 2^n(\Omega_1-\Omega_2)t$$

$$\frac{E_1E_2}{2}\sin 2^n(\Omega_1-\Omega_2)t$$

$$\frac{E_1E_3}{2}\cos 2^n(\Omega_1-\Omega_3)t$$

$$\frac{E_1E_3}{2}\sin 2^n(\Omega_1-\Omega_3)t$$

Frekvensomsetterne 12a, 12c, 12b og 12d er forbundet med respektive fire klippeforsterkere 13a, 13c, 13b og 13d.

Disse klippeforsterkere er operasjonsforsterkere som arbeider i metningsområdet og som omdanner de mottatte sinusspenninger til firkantbølgesignaler. Disse forsterkere har hver to symmetriske utganger hvor to signaler foreligger i motsatt fase.

Forsterkerne 13a og 13c på den ene side samt forsterkerne 13b og 13d på den annen side styrer to logiske deteksjonskretser, henholdsvis 14 og 15, som det skal beskrives senere, avgir tellings- og nedtellingspulser på to utganger C_1D_1 på den ene side og utganger C_2D_2 på den annen side, til to nummeriske regnemaskiner 16a og 16b som utgjør enheten E_3, hvilken enhet dessuten styres av synkroniseringsanordningen 1 og realiserer operasjonen $E = \frac{N}{N_2}(N_3-N_2)\lambda_o$ med en nøyaktighet definert ved faktoren $F = \frac{\varepsilon/2^n}{N_3-N_2}$. Hver regnemaskin 16a eller 16b ved hjelp av to ledere, hvorav den ene svarer til telling og den annen til nedtelling, en enhetsforvelger 17a eller 17b som i form av konvensjonelle enheter (meter eller favner) angir den distanse som er gjennomløpt, hvilken distanse først er blitt beregnet med λ_o som enhet (se beskrivelsen i forbindelse med fig. 13).

Forvelgerne 17a og 17b er ved hjelp av to ledere forbundet med hver sin av to logiske fortegnsinnretninger henholdsvis 18a og 18b som på sin side gjennom to ytterligere ledere hver styrer to binære tellere/nedtellere henholdsvis 19a og 19b.

Den oppgave som innretningene 18a og 18b har her, er å angi fortegnet av den første puls som ankommer til tellerne (tellings- eller nedtellingspuls) når tellerne er blitt stilt på null ved fartøyets passasje av et bestemt sted. Hvis den første puls således svarer til en nedtelling, vil telleren indikere sin maksimale binære kapasitet 11 .....1. For å lette avlesningen, foretrekkes

det å la telleren angi tallet 1, dvs. 00....1, i binær form med negativt fortegn. Det er dette som utføres av innretningene 18a og 18b etter signalveiene eller kanalene C_1, C_2, D_1, D_2, som brukes av de pulser som kommer fra regnemaskinene 16a, 16b gjennom enhetsforvelgerne 17a, 17b og som velges av utgangsprogrammeringsinnretningene omfattet av disse operatorer.

På fig. 6 er det vist et arrangement av en forsterker, så som de som er anvendt på inngangen av mottakerenheten E2 og er betegnet med henvisningstallet 6.

Forsterkeren består i hovedsaken av en inngangstransformator som tilpasser inngangsimpedansen av forsterkerkanalen til transduserne, en beskyttelsesinnretning for forsterkerne under sendeperioden og tre operasjonsforsterkere koblet i serie, hvorav den første besørger den nødvendige forsterkning, mens de to andre utgjør et aktivt båndpassfilter på 12 db/oktav.

Primærsiden av transformatoren 20 er koblet til en av transduserne 5. Inngangen av forsterkeren 24 er på den ene side forbundet med sekundærsiden gjennom en motstand 21 og på den annen side forbundet med to symmetriske utganger på en bistabil vippe 23 ved hjelp av to identiske dioder 22a og 22b, som er koblet med innbyrdes motsatte retninger. Arrangementet av to dioder og motstanden 21 utgjør en spenningsdeler. Vippen 23 styres ved hjelp av to ledere 23a og 23b fra synkroniseringsanordningen 1. Med R' og R" skal betegnes de dynamiske motstandsverdier av de respektive dioder i lederetningen og i sperreretningen, samt med U og U' skal betegnes de respektive spenninger på utgangen av sekundærsiden og på inngangen av forsterkeren 24. I tidspunktet t_0 ved begynnelsen av utsendelsen er vippen 23 av synkroniseringsanordningen stilt slik at dens utganger frembringer en spenning som forspenner diodene i lederetningen. Arrangementet av de to dioder opptrer da som en motstand med verdi R' som er meget lavere enn verdien av motstanden 21. Det følger av dette at spenningen U' er meget lavere enn U. I tidspunktet t_1 ved begynnelsen av tellingen vil vippen 23, som styres av synkroniseringsanordningen, forspenne diodene 22a og 22b med de respektive spenninger $-U_0$ og $+U_0$. Hvis spenningen U er høyere enn U_0, opptrer arrangementet av de to dioder 22a og 22b som en motstand med verdi R' og hvis den er lavere, opptrer diodearrangementet som en motstand med verdi R", som er meget høyere enn verdien av motstanden 21. I det førstnevnte tilfelle blir U' meget liten, og i det annet tilfelle blir U' i det vesentlige

lik $U-U_0$. Fra tidspunktet t_1 blir utelukkende spenninger med størrelse lavere enn U_0 overført til forsterkerne. Syklusen begynner igjen på nytt i tidspunktet t_1+T.

Utgangensspenningen fra forsterkeren 24 påtrykkes en forsterker 29 som i samvirke med motstander 25 og 27 samt kondensatorer 26 og 28 virker som lavpassfilter. Den kobling som dannes av forsterkeren 34 plassert foran forsterkeren 24, motstandene 31 og 33 samt kondensatorene 30 og 32, virker som høypassfilter. Kombinasjonen av disse to filtere virker som båndpassfilter.

Fig. 7 illustrerer en utførelsesform av en frekvensmultiplikator så som betegnet med henvisningstallet 11a, 11b, 11c og 11d på fig. 5. For å forenkle beskrivelsen, skal denne begrenses til en multiplikator med faktoren to med hensyn til frekvensen, idet man betrakter fig. 8 som viser formen av de elektriske signaler i forskjellige punkter i kretsen. Med bokstaven f betegnes frekvensen av et inngangssignal til multiplikatoren. Dette signal påtrykkes inngangen av to operasjonsforsterkere 36 og 37 som arbeider i metningsområdet. Hver av disse forsterkere har to symmetriske utganger og avgir to firkantbølgesignaler i motsatt fase. Forsterkeren 36 forsterker og klipper inngangssignalet og frembringer på sin utgang to firkantbølgesignaler så som signalene g_1 og g_2 på fig. 8. Forsterkeren 37 integrerer, forsterker og klipper inngangssignalet og frembringer på sin utgang to firkantbølgesignaler, så som signalene h_1 og h_2 på fig. 8. Disse signaler, f.eks. g_1, g_2, h_1 og h_2, føres til respektive derivasjonskretser 38a, 38b, 38c og 38d som omformer signalene til pulser, slik som vist henholdsvis ved i_1, i_2, j_1, j_2 på fig. 8. Utgangene av de fire derivasjonskretser 38a, 38b, 38c og 38d er forbundet med inngangen på en operasjonsforsterker 40 gjennom fire dioder som er betegnet henholdsvis 39a, 39b, 39c og 39d. Utgangen av forsterkeren 40 styrer en bistabil vippe 41.

På grunn av diodene 39 vil bare de positive pulser bli overført til forsterkeren 40. Det vil lett ses at de overførte pulser (linjen k på fig. 8) vil ha en firedobbelt frekvens av den som er vist på hvilken som helst av linjene i_1, i_2, j_1, j_2 på fig. 8. Vippen 41, som påvirkes suksessivt av hver av pulsene, frembringer en spenning i form av firkantpulser (siste linje på fig. 8) som har en frekvens som er den dobbelte av frekvensen som påtrykkes inngangen 35.

Multiplikasjon av frekvensen av et signal med 2^n utføres på tilsvarende måte ved å plassere i kaskade n multiplikatorer av den ovenfor beskrevne type.

Fig. 9 viser to forsterkere, så som f.eks. 13a og 13c koblet i en logisk deteksjonskrets, f.eks. 14 (fig. 5).

De to operasjonsforsterkere arbeider i metningsområdet og har hver to symmetriske utganger som oppviser to spenninger i pulsform med motsatt fase. Med cos ωt og sin ωt betegnes de funksjoner som representerer inngangsspenningene på de respektive forsterkere 13a og 13c. Det signal som kommer fra utgangen 42 blir ført til to OG-porter 45 og 46. Utgangssignalene 42c og 42d blir etter passasje gjennom to derivasjonskretser 44a og 44b påtrykket de respektive OG-porter 45 og 46.

I tilfelle av et arrangement 13a, 13c og 14 som vist på fig. 9 og hvis ($___1$ - $___2$) er positiv, vil OG-porten 45 slippe gjennom en tellepuls. I det motsatte tilfelle er det OG-porten 46 som slipper gjennom en nedtellingspuls.

Regnemaskinen eller -anordningen på fig. 10, som svarer til enheten E_3 på fig. 4, består av to binære tellere/nedtellere anbrakt i serie, hvorav den ene 48 har n bits for brøktall, og den annen 49 har m bits for hele tall, består videre av et binært nedtellingsregister med (m+p) hele bits og består av en logikkenhet som omfatter en utgangsprogrammeringsinnretning som sikrer synkronisering av inngangene og utgangene. Programmeringsinnretningen består av OG-portene 53a, 53b, 54a, 54b, 59 og 60, ELLER-portene 55 og 56 og en bistabil vippe 47.

Inngangen C er forbundet med portene 53a og 54b, inngangen D med portene 53b og 54a. Utgangsklemmen Q på vippen 47 er forbundet med portene 54a, 54b og 67 og utgangsklemmen $\overline{Q}$ med portene 53a, 53b og 66. Vippen 47 blir påvirket av to OG-porter 59 og 60 som styres henholdsvis av inngangen C og D på den ene side og på den annen side av en OG-port 64. Denne siste, som er forbundet med registeret 50, påvirker likeledes en av inngangene på en vippe 51 hvis annen inngang styres av en leder W_1 som kommer fra synkroniseringsanordningen 1. En portkrets 63 styres av utgangsklemmen Q på vippen 51, av en såkalt "klokke"-leder fra synkroniseringsanordningen 1 og av en inverteringskrets 52 plassert foran porten 64. Utgangen av porten 63 er forbundet med registeret 50 og med portene 66 og 67.

OG-portene 53a, 54a på den ene side samt 53b og 54b på den annen side styrer gjennom to ELLER-porter 55 og 56, to OG-porter henholdsvis 57 og 58 hvis utganger er forbundet med de respektive innganger C og D på teller/nedtelleren 48.

Den leder som er betegnet "τ'" og som kommer fra synkroniseringsanordningen, styrer på den ene side de to portkretser 57 og 58 og på den annen side en OG-port 61. Porten 61 styres også av teller/nedtelleren 49 og er forbundet med registeret 50. En OG-port 62, som styres av de to ledere betegnet henholdsvis W_1 og W_2, har sin utgang forbundet med registeret 50. En leder betegnet RAZ, sikrer gjennom en ELLER-port 65 automatisk null-stilling ved hver avsluttet målesyklus for telleren 49 for heltall og for registeret 50. Endelig er det en leder 79 som er direkte forbundet med telleren 48 for brøktall på den ene side, og med telleren 49 og registeret 50 gjennom ELLER-porten 65 på den annen side, hvilken leder bevirker null-stilling av tellerne ved det tidspunkt da operasjonene begynner.

Regnemaskinen eller -anordningen arbeider på følgende måte:

Teller/nedtelleren 49 og registeret 50 antas å være null-stilt, da er porten 64 åpen, spenningen på utgangsklemmen av vippen 51 er null, og porten 63 er blokkert av inverteringskretsen 52. Begynnelsespulsen for tellevinduet τ' tillater åpning av portkretsene 57, 58 og 61.

Hvis den første puls ankommer gjennom telleinngangen C, åpnes porten 59 og setter vippen 47 i en slik tilstand at spenningene på klemmene Q og $\overline{Q}$ er lik henholdsvis 0 og 1. Portene 53a og 53b, som styres av klemmen Q', blir alene åpnet. Portene 54a, 54b, som styres av klemmen Q, blokkeres. Telleinngangen C styrer gjennom portene 53a, 55 og 57 inngangen C på tellerne, mens nedtellingsinngangen D gjennom portene 53b, 56, 58 styrer inngangen D på tellerne. Hvis N_c og N_d er de respektive pulsantall for telling og nedtelling, vil tellerne angi differansen N_c-N_d.

Hvis omvendt den første puls ankommer over nedtellingsinngangen D, åpnes porten 60 og setter vippen 47 i en slik stilling at spenningene på klemmene Q og $\overline{Q}$ er lik henholdsvis 1 og 0. Av samme grunner som ovenfor vil bare portene 54a og 54b bli åpnet. Inngangene C og D styrer henholdsvis gjennom portene 54b,56, 58 og 54a, 55, 57 inngangene D og C på tellerne. Tellerne vil således angi størrelsen N_d-N_c.

Denne velgeoperasjon av kanaler vil gjenta seg for hver gang registeret passerer gjennom verdien null.

Når porten 61 er åpen, vil heltallsdelen av $|N_c-N_d|$ bli overført til registeret 50.

Den første puls som overføres til registeret, lukker porten 64 og blokkerer vippen 47 i sin stilling. Porten 63 blir utløst eller åpnet ved hjelp av inverteringskretsen 52.

I tidspunktet t_2 ved avslutningen av telleintervallet τ, vil en firkantpuls med varighet pT_0 og som kommer fra lederen W_2, åpne porten 62. Et antall på p klokkepulser, som opptrer med en frekvens lik f_0, forskyver det siffer som inneholdes i registeret, med p plasser i retning mot bits av økende verdi, slik at det utføres en multiplikasjon med 2^p av heltallsdelen av $|N_c-N_d|$. I tidspunktet (t_2+pT_0) ved slutten av forskyvningen vil en puls som ankommer over lederen W_1, stille vippen 51 i en slik tilstand at spenningen på klemmen Q er lik 1. Porten 63 slipper gjennom klokkepulser inntil total tømning av registeret, som åpner porten 64 og lukker porten 63 gjennom inverteringskretsen 52.

I henhold til de kanaler som er valgt av venderen, vil disse pulser bli avgitt av telleporten 66 eller nedtellingsporten 67. Med andre ord hvis $N_c-N_d > 0$, vil N_c-N_d-pulser bli avgitt ved C, og hvis $N_c-N_d < 0$, vil $|N_c-N_d|$-pulser bli avgitt ved D.

Den synkroniseringsanordning som er vist skjematisk på fig. 11 og som svarer til elementet 1 på fig. 4, skal beskrives under henvisning til fig. 12. Denne anordning omfatter en oscillator på grunnlag av en Wien-bro, som frembringer et signal med frekvens $2^n f_o$ (kurven e på fig. 12, hvor n er valgt lik 1). Oscillatoren driver en teller 69 hvis utgang er forbundet med inngangen og som av denne grunn virker som divisjonskrets. Denne teller frembringer på en utgang som er forutvalgt i henhold til en tellingsverdi på 2^n enheter, et signal med frekvens f_o (kurven f på fig. 12) som anvendes ved utsendelsen.

Et signal med frekvens $2^{k_1} f_o$ (hvor k_1 er et helt tall mindre enn n) blir avgitt på en av utgangene og påtrykkes gjennom en OG-port 70 som åpnes av en utløsningsleder 79 i begynnelsestidspunktet, en teller 71 med kapasitet N hvis utgang er forbundet med inngangen. Den forutvalgte utgang med telleverdi N1 frembringer en puls som definerer tidspunktet t_3 (kurven h på fig. 12). Et signal

med frekvens $\frac{2^{k_1} f_o}{N}$ blir avgitt på utgangen og føres til en tredje teller 72 med kapasitet 2^{k2} (hvor k_2 er et helt tall mellom 0 og n) hvis utgang er forbundet med inngangen. Pulser med frekvens $\frac{2^{k_1} f_o}{N \cdot 2^{k2}}$ vil opptre med en periode $N\,T_o$ og angir tidspunktene t_o for begynnelsen av hver gjentagelses- eller repetisjonsperiode (kurven g på fig. 12). To identiske tellere 74 og 77, som anvendes i hver sin av to målekanaler, blir tilført signalet med frekvens f som kommer fra telleren 69 gjennom to OG-porter 73 og 76. Disse respektive porter 73 og 76 er bare åpne hvis oscillasjonene med vinkelfrekvens $\Omega_1 - \Omega_2$ og $\Omega_1 - \Omega_3$, som blir avgitt på utgangen av frekvensomsetterne 12, er tilstede, dvs. i tidspunktet t_1 (kurve i på fig. 12). Begynnelsespulsene ved åpning av portene definerer tidspunktet t_1 og tjener likeledes til å styre den automatiske null-stilling (RAZ) av tellerne i regnemaskinen ved begynnelsen av hver tellesyklus. Portene 73 og 76 styrer henholdsvis to bistabile vipper 75 og 78. Tellerne 74 og 77 registrerer fra tidspunktet t_1 pulser med frekvens f_o. De har hver en utgang som er forutvalgt eller -innstilt på en telleverdi N2 og en utgang som er forutinnstilt på en telleverdi (N_2+p). Den første avgir en puls som definerer tidspunktet t_2(kurve j på fig. 12 hvor N_2 er valgt=1), mens den annen puls definerer tidspunktet t_2+pT_o (kurve k på fig. 12 hvor p er valgt lik 2). De utgangsklemmer som er forutinnstilt på verdien N_2 på tellerne 74 og 77, er forbundet henholdsvis med to andre innganger på vippene 75 og 78. Vippene styres av pulser frembrakt i tidspunktene t_1 og t_2. På deres utganger blir det oppnådd et signal med varighet τ' som angir tellingstidsintervallet (kurve l på fig. 12). For å øke påliteligheten av resultatene og å gjøre disse uavhengige av alle uvedkommende signaler, styres åpningen av portene 73 og 76 av to OG-porter 79 og 80 som hver har flere innganger. Åpningen av porten 73 blir f.eks. utført ved samtidig koinsidens i porten 79 av signaler med vinkelfrekvens $\omega_o+\Omega_1$, $\omega_o+\Omega_2$, ω_o og $\Omega_1-\Omega_2$ som frembringes i mottakerkretsen. Åpning av porten 76 blir f.eks. utført ved samtidig koinsidens i porten 80 av signaler med vinkelfrekvens $\omega_o+\Omega_1$, $\omega_o+\Omega_3$, Ω_o og $\Omega_1-\Omega_3$, som blir frembrakt i mottakerkretsen. En ekstra inngang ES som styres av et (ikke vist) ekkolodd, kan være tilføyet på hver av de to porter 79 og 80.

Forvelgeren på fig. 13, som betegnes med henvisningstallet 17 og videre som vist på fig. 5, består av to tellere/nedtellere med to innganger 79 og 80, som har utganger forutinnstilt på respektive tellingsverdier q_1 og q_2. Hver av disse har en inngang forbundet med telleledereń C og den annen inngang forbundet med nedtellingslederen D. De to innganger C og D er forbundet direkte med forvelgerens utganger henholdsvis gjennom ledere 81a og 81b. Utgangsklemmene 82a og 83a på tellerne 79 og 80 er forbundet henholdsvis med utgangsklemmer betegnet C/q_1 og C/q_2 hvor det står til rådighet tellepulser hvis antall er dividert henholdsvis med q_1 og q_2. Utgangsklemmene 82b og 83b på tellerne 79 og 80 er forbundet med utgangsklemmer betegnet D/q_1 og D/q_2, hvor det står til disposisjon nedtellingspulser hvis antall er dividert med henholdsvis q_1 og q_2. Disse utganger er forbundet med en vender 84 som har tre stillinger og tillater utvelgning av et av tre par verdier (C og D eller c/q_1 og D/q_1 eller også C/q_2 og D/q_2).

Det er således mulig å angi den gjennomløpte distanse enten i enheter λ_o med best mulig oppløsningsevne som er tillatelig i anordningen, eller i meter, eventuelt favner.

Hvis den valgte enhet er meter, blir q_1 gitt en slik verdi at $q_1\lambda_o = 1$ m. Hvis den valgte enhet er favner, blir q_2 gitt en slik verdi at $q_2\lambda_o = 1{,}852$ m (verdien av en favn uttrykt i meter). λ_o angir her bølgelengden av den utsendte bølge.

P a t e n t k r a v:

1. Fremgangsmåte for navigering under utnyttelse av Dopplereffekten for bestemmelse av den distanse som er gjennomløpt av et fartøy som beveger seg på eller i vann, i forhold til en undersjøisk overflate, ved hvilken utsendelsen og mottagningen av målesignaler utføres langs i det minste en akse som er orientert på skrå i forhold til horisontalplanet, omfattende utsendelse av intermitterende akustiske signaler og mottagning av utsendte signaler etter refleksjon fra den undersjøiske overflate, k a r a k t e r i s e r t ved at den omfatter en måling av det hele antall perioder som forekommer i et tidsintervall τ som holdes mindre enn varigheten av de mottatte signaler, for et signal hvis frekvens er lik differansen mellom frekvensen av signaler mottatt langs den nevnte akse og frekvensen av referansesignaler, og en numerisk binær beregning av den gjennomløpte distanse (E_T) for fartøyet under et

tidsintervall lik repetisjonsperioden (T) av de utsendte intermitterende signaler, omfattende multiplikasjon av det nevnte hele antall perioder med en koeffisient proporsjonal med produktet av bølgelengden av de utsendte akustiske signaler og forholdet mellom antall perioder ved sendefrekvensen som inneholdes i henholdsvis repetisjonsperioden og tidsintervallet τ'.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at det opprettholdes et konstant forhold mellom det nevnte måletidsintervall τ' og repetisjonsperioden.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at referansesignalene er de signaler som utsendes og mottas langs en retning parallell med en hjørnelinje i en pyramide med rektangulær grunnflate, hvor sidekantene av grunnflaten er parallelle med fartøyets lengde- og tverrakser, hvilken sende- og mottagningsakse er orientert parallelt med en annen hjørnelinje i pyramiden.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t ved at de signaler som blir mottatt langs en av de nevnte retninger, blir separat kombinert med de respektive signaler langs de andre retninger.

5. Apparat for utførelse av fremgangsmåten ifølge krav 1, omfattende en anordning for frembringelse av intermitterende elektriske signaler med bestemt frekvens, en anordning for utsendelse av disse signaler i form av akustiske bølger langs i det minste to sendeakser som er skråttliggende etter en og samme vinkel i forhold til vertikalen gjennom fartøyet, hvor de signaler som blir mottatt langs en av de nevnte akser utgjør referansesignalene, en anordning for omvandling av akustiske bølger som blir mottatt langs disse akser, til elektriske signaler, en anordning for forsterkning av de mottatte signaler, en anordning for kombinasjon av referansesignalene med de signaler som blir mottatt langs den annen akse, for frembringelse av signaler med frekvenser som er proporsjonale med differansen mellom frekvensen av referansesignalene og frekvensen av signaler mottatt langs den annen akse, k a r a k t e r i s e r t ved en anordning for omforming av signaler frembrakt av kombinasjonsanordningen til pulser, en anordning for telling av pulsene under tidsintervallet τ', en anordning for binær beregning for ut fra de nevnte opptelte pulser direkte å be-

stemme størrelsen og retningen av den distanse som er gjennomløpt av fartøyet under repetisjonsperioden, langs i det minste en bevegelsesretning som ligger i et plan gjennom disse to akser, en anordning for presentasjon av resultatene av den nevnte beregning, hvorved størrelsen og retningen av den distanse som er gjennomløpt langs denne bevegelsesretning, blir angitt i valgte enheter, samt en synkroniseringsanordning for de operasjoner som utføres.

6. Apparat ifølge krav 5, k a r a k t e r i s e r t ved at en kombinasjonsanordning frembringer signaler hvis frekvens er lik differansen i frekvenser henholdsvis av mottatte bølgetog og utsendte bølgetog, multiplisert med en faktor lik 2^n, hvor n er et helt, positivt tall, og ved at beregningsanordningen omfatter to binære tellere/nedtellere som er koblet i serie og hvorav den ene har n bits.

7. Apparat ifølge krav 5 ved hvilken anordningen for presentasjon er k a r a k t e r i s e r t ved at den omfatter en enhetsforvelger (17a, 17b) som setter resultatet av beregningen av den gjennomløpte distanse i valgte enheter, en logisk fortegns-krets (18a, 18b) som er forbundet med utgangen av enhetsforvelgeren og angir fortegnet eller retningen av den gjennomløpte distanse, samt en teller/nedteller (19a, 19b) forbundet med utgangene av den logiske krets og angir størrelsen av den gjennomløpte distanse.

8. Apparat ifølge krav 5, k a r a k t e r i s e r t ved at sendeanordningen består av tre transdusere som er orientert langs tre forskjellige akser, at kombinasjonsanordningen frembringer signaler med frekvenser som er proporsjonale med differansen mellom frekvensene av signaler som blir mottatt langs en av aksene som utgjør referansesignalene, og frekvensen av signaler som blir mottatt langs de respektive to andre akser, at beregningsanordningen bestemmer direkte den distanse som gjennomløpes av fartøyet langs to bevegelsesretninger som ligger i to plan gjennom de nevnte akser, og presentasjonsanordningen angir den gjennomløpte distanse langs disse to retninger.

9. Apparat ifølge krav 8, k a r a k t e r i s e r t ved at kombinasjonsanordningen frembringer signaler med frekvenser lik de nevnte differanser i frekvens multiplisert med en og samme

faktor 2^n, hvor n er et helt, positivt tall, og ved at beregningsanordningen omfatter to binære tellere /nedtellere (48, 49) som er koblet i serie og hvorav den ene har n bits.

10. Apparat ifølge krav 9, k a r a k t e r i s e r t ved at kombinasjonsanordningen, som er forbundet med forsterkningsanordningen for bølger mottatt langs de tre akser, omfatter en første frekvensomsetter (7) som mottar et signal av frekvens f_1 og gjennom en synkroniseringsanordning (1) et signal av frekvens f_o og som frembringer et signal av frekvens f_o+f_1, en annen frekvensomsetter (10a) som mottar et signal med frekvens f_2 gjennom en første $\frac{\pi}{2}$ -faseforskyver (8), en tredje frekvensomsetter (10c) som mottar signalet med frekvens f_2 gjennom en første $\frac{\pi}{2}$ -faseforskyver (8), en fjerde frekvensomsetter (10b) som mottar signal med frekvens f_3, en femte frekvensomsetter (10d) som mottar signalet med frekvens f_3 gjennom en annen $\frac{\pi}{2}$ -faseforskyver (9), mens utgangen av den første frekvens-omsetter er forbundet med inngangene på den annen, tredje, fjerde og femte frekvensomsetter som frembringer henholdsvis et første signal med frekvens $(f_o+f_1-f_2)$, et annet signal med frekvens $(f_o+f_1-f_2)$ som er faseforskjøvet med $\frac{\pi}{2}$ i forhold til det foregående, et tredje signal med frekvens $(f_o+f_1-f_3)$, et fjerde signal med frekvens $(f_o+f_1-f_3)$ som er faseforskjøvet med $\frac{\pi}{2}$ i forhold til det tredje signal, fire frekvensmultiplikatorer (11a, 11b, 11c, 11d) som hver er forbundet med inngangen av en av den nevnte annen, tredje, fjerde og femte frekvensomsetter, og som multipliserer frekvensene av de nevnte fire siste signaler med 2^n og fire frekvensomsettere (12a, 12b, 12c, 12d) som hver er forbundet med utgangene av en av de fire frekvensmultiplikatorer, som mottar et signal med frekvens $2^n f_o$ fra synkroniseringsanordningen (1) og frembringer henholdsvis et første signal med frekvens $2^n(f_1-f_2)$, et annet signal med den samme frekvens $2^n(f_1-f_2)$ faseforskjøvet med $\frac{\pi}{2}$ i forhold til det første, et tredje signal med frekvens $2^n(f_1-f_3)$ og et fjerde signal med den samme frekvens $2^n(f_1-f_3)$ faseforskjøvet med $\frac{\pi}{2}$ i forhold til det tredje.

11. Apparat ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t ved at frekvensmultiplikatoren med faktoren 2^n består av n multiplikasjonsenheter arrangert i kaskade, hvor hver enhet omfatter to parallelle kjeder koblet til en og samme inngang hvorav en omfatter en første klippe-operasjonsforsterker (36) med to ut-

ganger i motsatt fase, mens den annen kjede omfatter en annen integrasjons- og klippeoperasjonsforsterker (37) med to utganger i motsatt fase, fire flankederivasjonskretser (38a, 38b, 38c, 38d) for å omdanne de klippede signaler til pulser, hver av hvilke kretser er forbundet med en av de fire utganger av de to for - sterkere, fire dioder (39a, 39b, 39c, 39d) som hver er plassert bak en av derivasjonskretsene, en tredje operasjonsforsterker (40) med fire innganger som er forbundet med utgangene av de fire dioder, og en bistabil vippe (41) som er forbundet med utgangen av den tredje forsterker som frembringer et signal med dobbelt frekvens av inngangsfrekvensen.

12. Apparat ifølge krav 9, k a r a k t e r i s e r t ved at hver beregningsanordning består av to binære tellere/nedtellere (48, 49) som er koblet i serie, hvorav den ene har n bits for brøktall, mens den annen har m bits for heltall, et binært nedtellingsregister (50) med (m+p) bits, en logisk innretning omfattende en første OG-port (53a) og en annen OG-port (54b) koblet til en telleinngang, en tredje OG-port (53b) og en fjerde OG-port (54a) koblet til en nedtellingsinngang, en femte OG-port (57) og en sjette OG-port (58) hvis utganger er koblet henholdsvis til telleinngangen og nedtellingsinngangen på teller/nedtelleren med n bits og en syvende OG-port (61), hvilke tre sistnevnte OG-porter styres under et intervall τ' av et signal frembrakt av synkroniseringsanordningen, mens den femte og den sjette OG-port på den annen side styres henholdsvis av den første og den fjerde OG-port gjennom en første ELLER-port (55) og av den annen og tredje OG-port gjennom en annen ELLER-port (56), hvilken syvende OG-port likeledes styres av teller/nedtelleren med m bits og har sin utgang forbundet med registeret (50), en åttende og en niende OG-port (59, 60) hvis innganger er forbundet henholdsvis med teller/nedtellingsinngangene og styres av en tiende OG-port (64) som er åpen for null-stilling av registeret, en første bistabil vippe (47) som styres av den åttende og niende OG-port og av hvis symmetriske utganger en påvirker den annen og den fjerde OG-port, og en annen påvirker den første og tredje OG-port, en ellevte OG-port (63) med tre innganger og hvis utgang er forbundet samtidig med registeret, med en tolvte og en trettende OG-port (66, 67), av hvilke de to sistnevnte OG-porter påvirkes en av utgangene av den første vippe (47) og den annen av den annen utgang

av den samme vippe, hvilken ellevte OG-port påvirkes samtidig av den tiende OG-port og gjennom en inverteringskrets (52) av pulser med frekvensen f_o frembrakt av synkroniseringsanordningen og av utgangene av en annen bistabil vippe (51), hvilken sistnevnte vippe påvirkes samtidig av den tiende OG-port og av en inngang forbundet med synkroniseringsanordningen som tillater tømning av registeret etter beregningsoperasjonen, en fjortende OG-port (62) hvis utgang er forbundet med registeret og hvis innganger en mottar pulsene med frekvens f_o og den annen mottar pulser for utløsning eller avblokkering fra synkroniseringsanordningen, en leder (79) som styrer manuell null-stilling og er forbundet med teller/nedtelleren med n bits, en tredje ELLER-port (65) som påvirkes enten av styrepulser for manuell null-stilling eller av automatiske null-stillingspulser ved hver beregningssyklusavslutning fra synkroniseringsanordningen og hvis utgang er forbundet med teller/nedtelleren (49) med m bits og med registeret (50) samt to utgangskanaler, den ene for telling, den annen for nedtelling, forbundet med utgangen av den tolvte og den trettende port.

13. Apparat ifølge krav 9, k a r a k t e r i s e r t ved at synkroniseringsanordningen omfatter en oscillator (68) som frembringer oscillasjoner med frekvens $2^n f_o$, en første teller (69) som er forbundet med oscillatoren og som på en første utgang leverer et signal med frekvens f_o og på en annen utgang leverer et signal med lavere frekvens enn de oscillasjoner som frembringes av oscillatoren, en annen teller (71) forbundet med den annen utgang på den første teller gjennom en første OG-port (70) som i begynnelsestidspunktet styres av en frigjøringspuls, hvilken annen teller på en første forutvalgt utgang frembringer pulser for avslutning av utsendelsen av intermitterende signaler, og på en annen utgang frembringer et signal med lavere frekvens enn frekvensen av det signal som blir mottatt av den første teller, en tredje teller (72) forbundet med den annen utgang av den annen teller og som på en utgang leverer pulser for begynnelsen av utsendelsen av de intermitterende signaler, en annen og en tredje OG-port (73, 76) som fra den første teller mottar signaler med frekvens f_o og hvorav den første styres ved hjelp av et signal med frekvens lik differansen av frekvensen for de bølger som blir mottatt langs referanseaksen og en annen akse, mens en annen styres av i det minste et signal med frekvens lik differansen mellom fre-

kvensen av de bølger som blir mottatt langs referanseaksen og en tredje akse, og hvis utganger direkte leverer pulser for begynnelsen av tellingen av differansen mellom akkumulerte antall perioder og automatisk null-stilling av tellerne i regnemaskinene blir foretatt, den første på inngangen av en fjerde teller (74), den annen på inngangen av en femte teller (77), mens den fjerde og den femte teller hver har en første forutvalgt utgang som frembringer pulser som definerer sluttidspunktet for den nevnte telling, en annen forutvalgt utgang som frembringer pulser som definerer slutttidspunktet for beregningen, en første bistabil vippe (75) som er forbundet med inngangen og den første forutvalgte utgang på den fjerde teller, en annen vippe (78) som er forbundet med inngangen og med den første forutvalgte utgang på den femte teller, hvilke vipper på sine utganger frembringer pulser som begrenser tidsintervallet τ'.

14. Apparat ifølge krav 12, k a r a k t e r i s e r t ved at den annen og den tredje port i synkroniseringsanordningen styres av to porter (79, 80) med flere innganger som er forbundet med flere forskjellige punkter i apparatets strømkretser.

PL.I_8

132167

FIG.1A

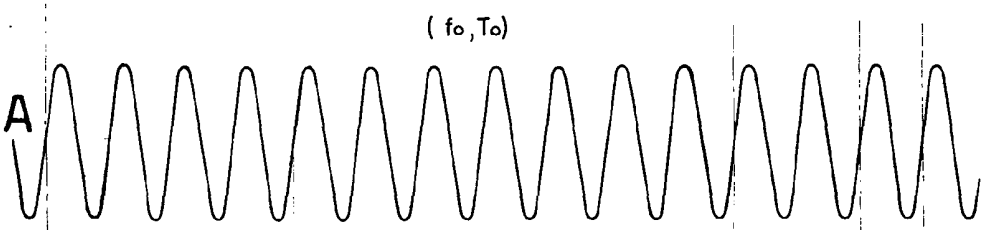


FIG.1B

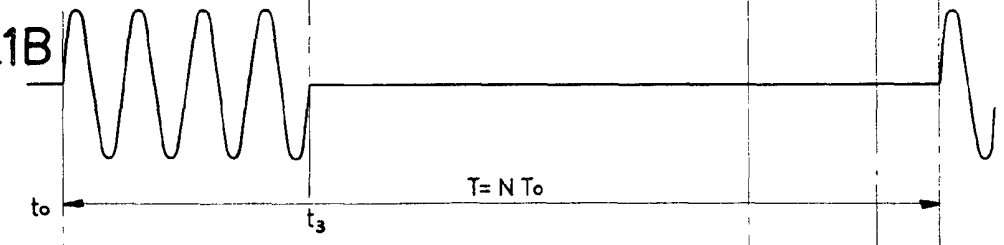


FIG.1C

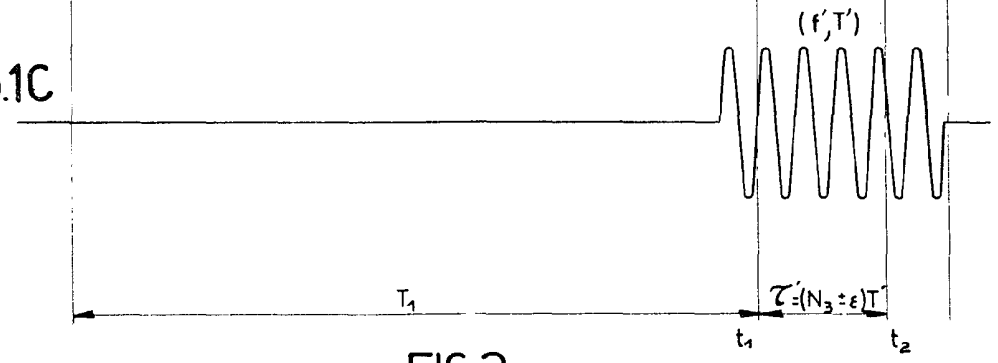
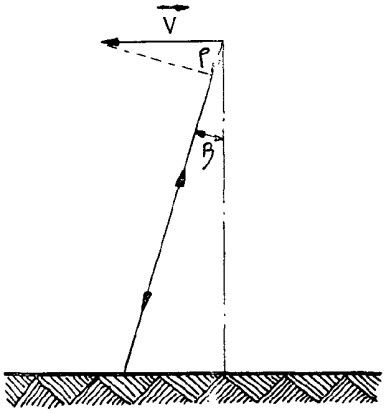


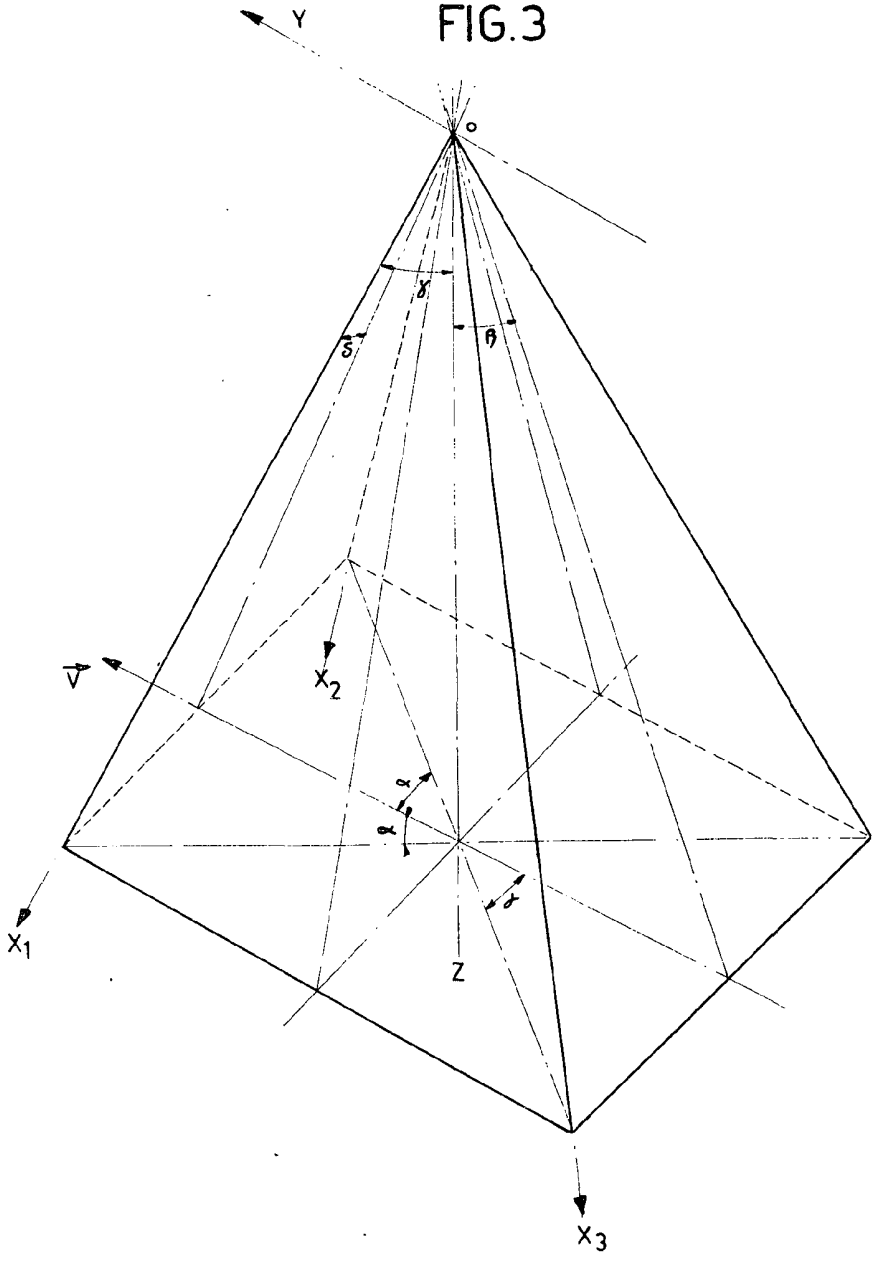
FIG.2



PL.II-8

132167

FIG.3



PL. III. 8

132167

FIG. 4

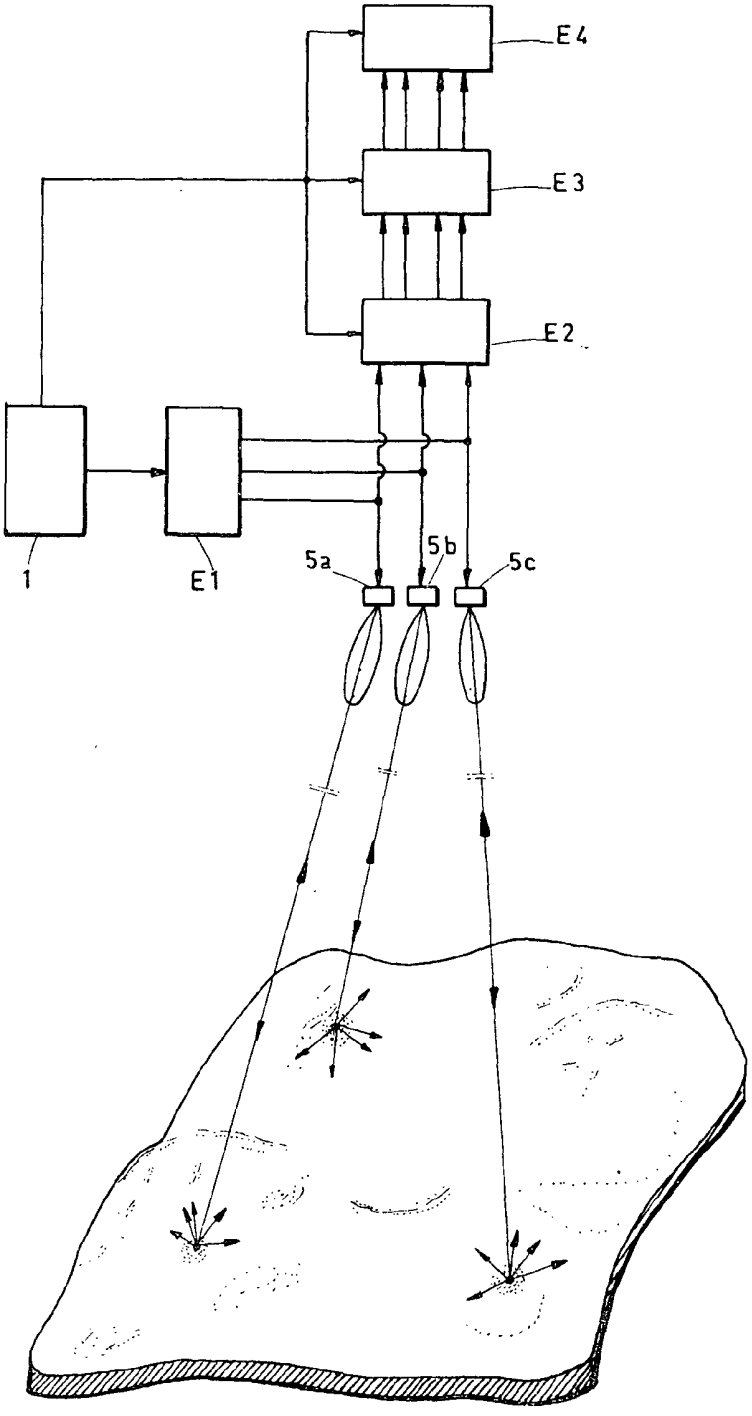
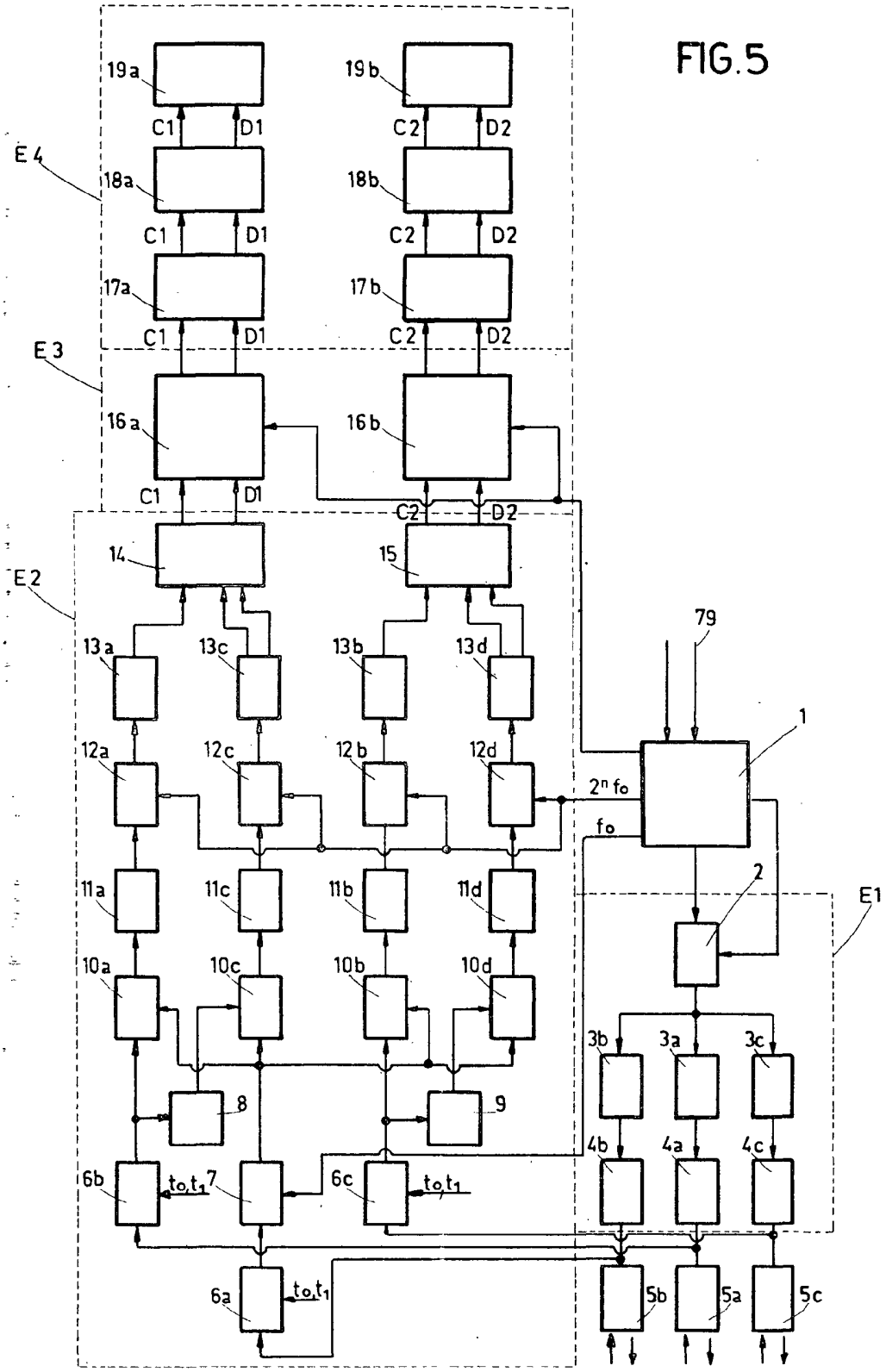


FIG.5


19a
19b
C1
D1
C2
D2
E4
18a
18b
17a
17b
E3
16a
16b
14
15
E2
79
13a
13c
13b
13d
1
12a
12c
12b
12d
2ⁿ fo
fo
2
E1
11a
11c
11b
11d
10a
10c
10b
10d
3b
3a
3c
8
9
4b
4a
4c
6b
to,t1
7
6c
6a
5b
5a
5c

PL. V_8

132167

FIG. 6

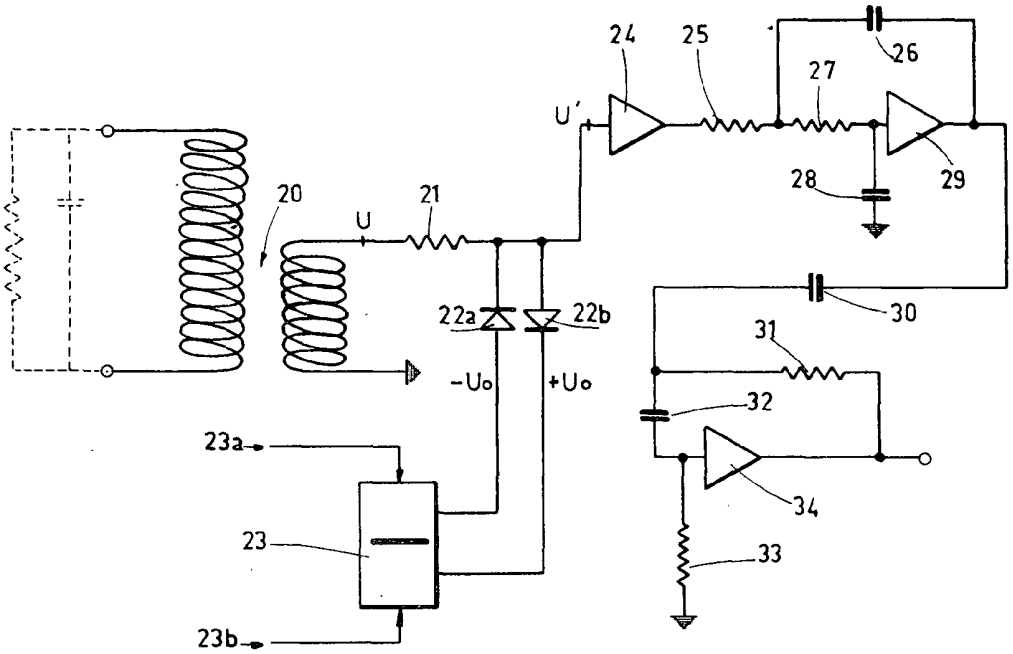
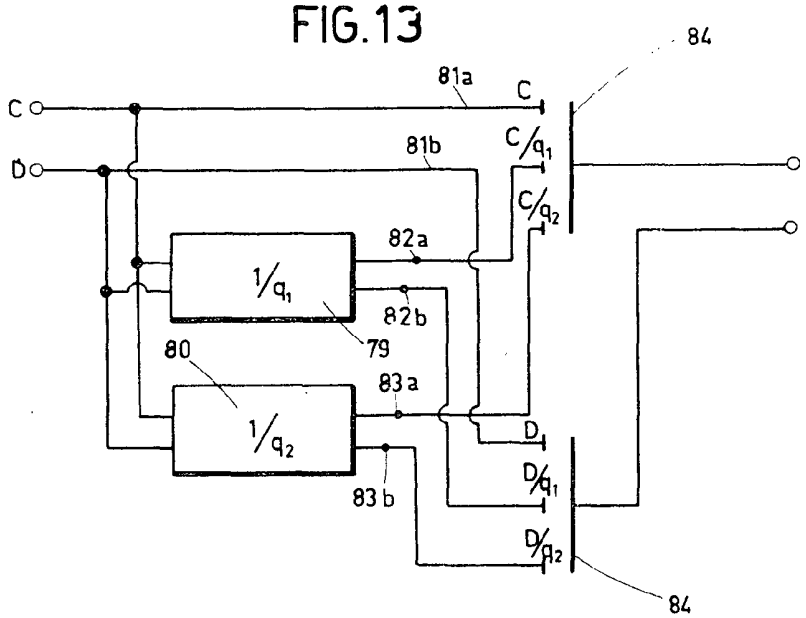


FIG. 13



PL.VI-8

132167

FIG.7

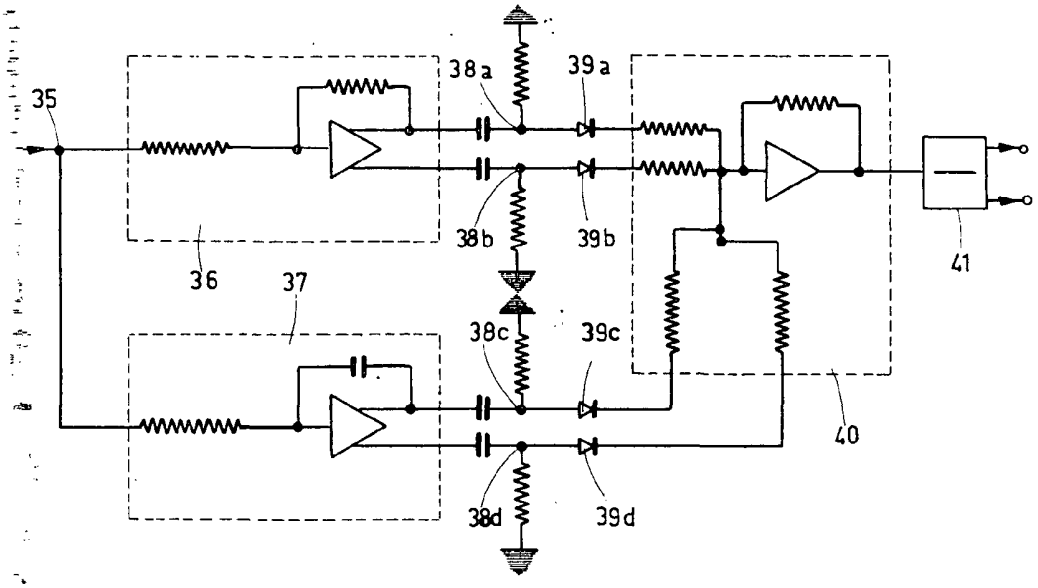


FIG.8

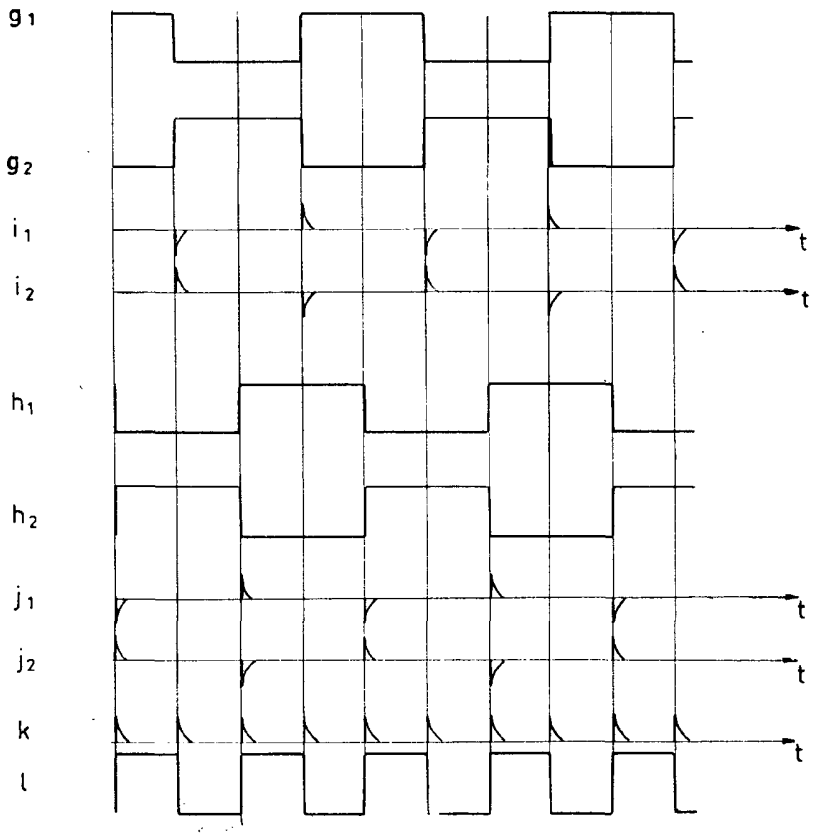


FIG.9

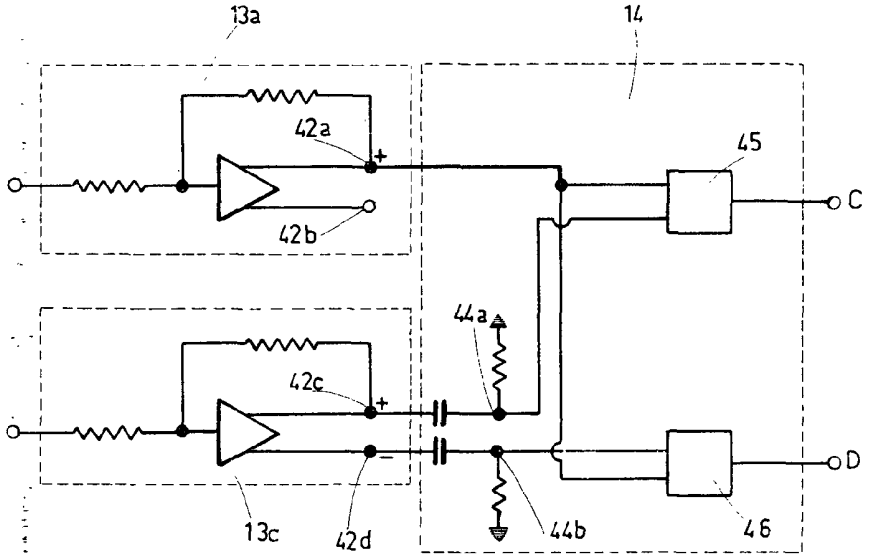

13a
14
42a
+
42b
45
C
44a
42c
+
−
D
13c
42d
44b
46

FIG.10

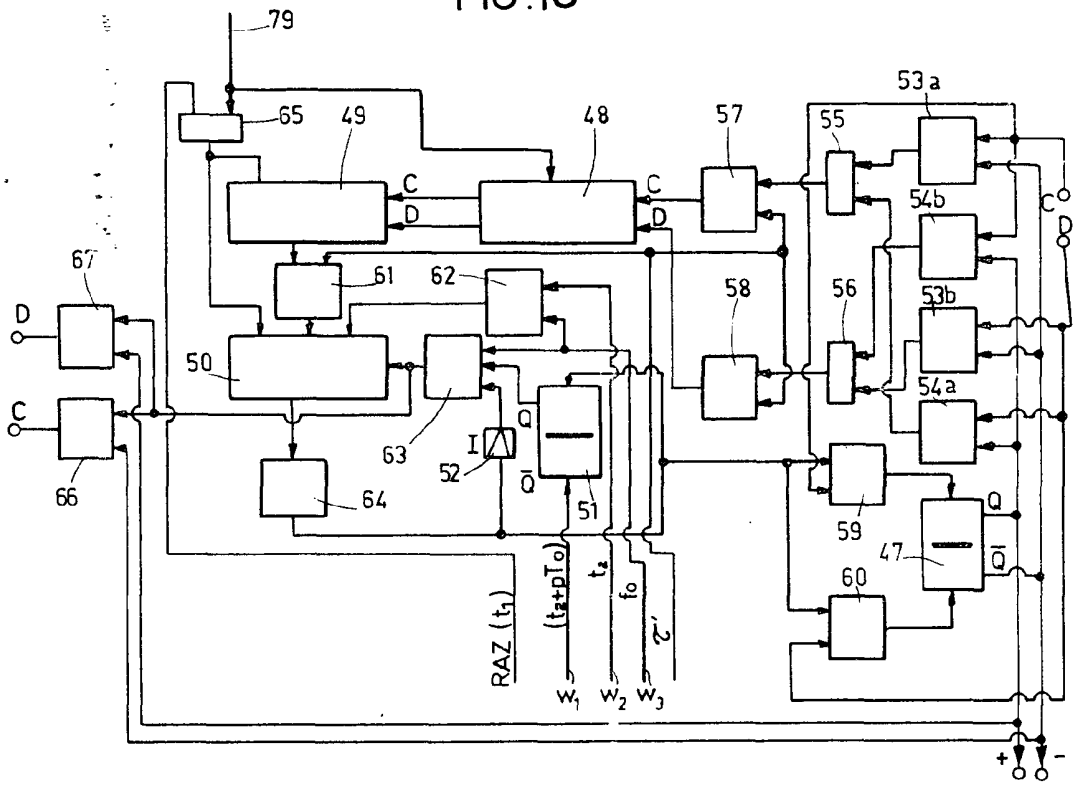

79
65
49
48
57
53a
55
54b
C
D
67
61
62
58
56
53b
D
50
54a
C
63
I
Q
52
Q̄
51
64
66
59
47
Q
Q̄
60
RAZ (t1)
(t2+pT0)
t2
f0
2"
W1
W2
W3
+
−

FIG.11

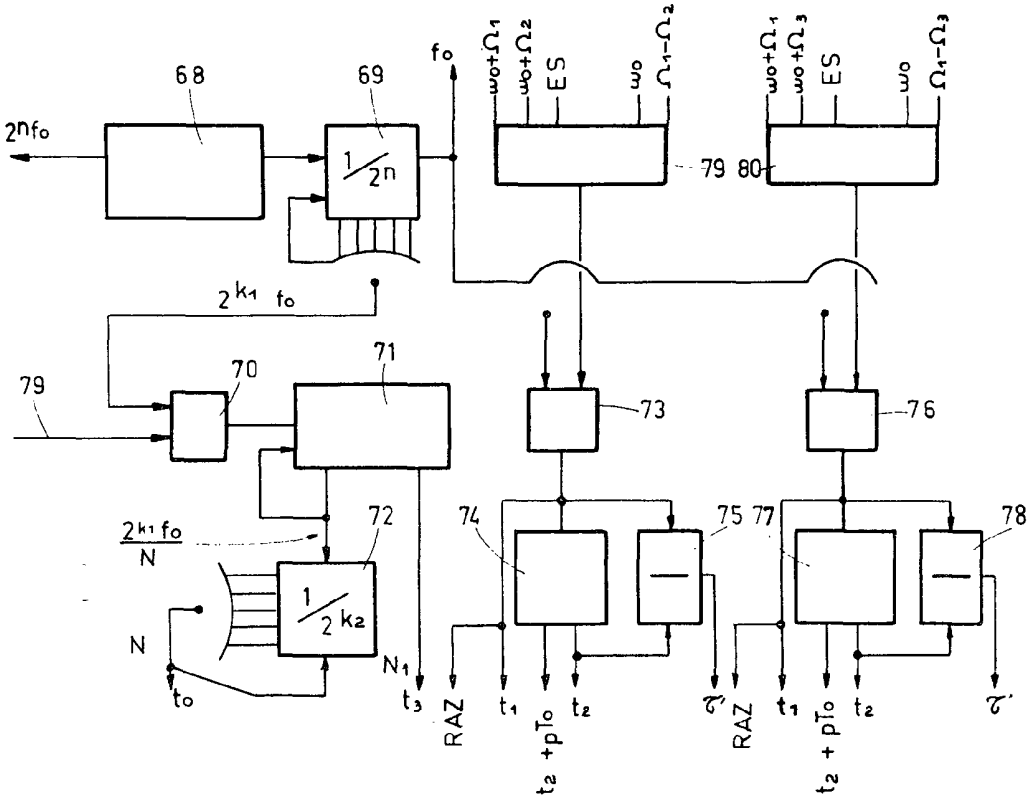
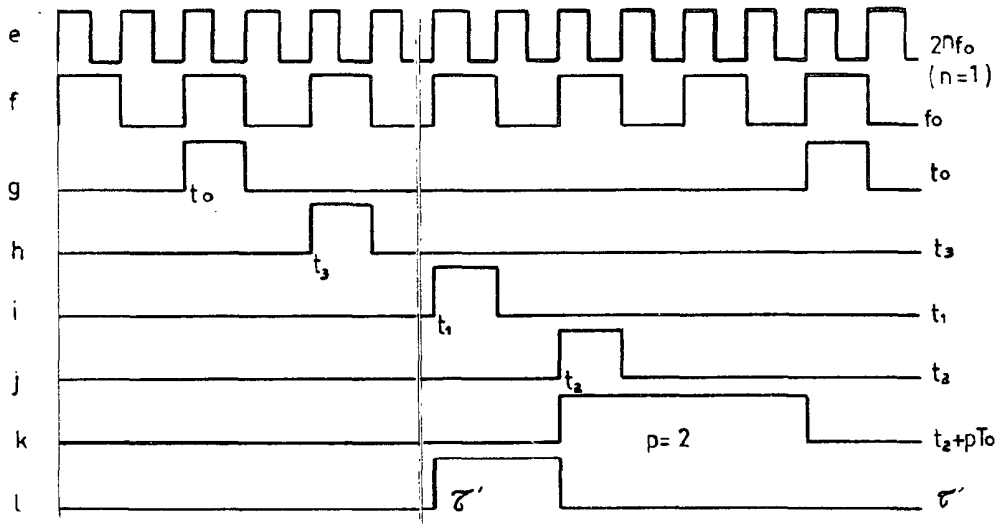

68
69
$2^n f_o$
$\frac{1}{2^n}$
f_o
$\omega_o+\Omega_1$
$\omega_o+\Omega_2$
ES
ω_o
$\Omega_1-\Omega_2$
$\omega_o+\Omega_1$
$\omega_o+\Omega_3$
ES
ω_o
$\Omega_1-\Omega_3$
79 80
$2^{k_1} f_o$
79
70
71
73
76
$\frac{2^{k_1} f_o}{N}$
72
74
75 77
78
$\frac{1}{2 k_2}$
N
N
N_1
t_o
t_3
RAZ
t_1
$t_2 + pT_o$
t_2
τ'
RAZ
t_1
$t_2 + pT_o$
t_2
τ'

FIG.12


e
f
g
h
i
j
k
l
$2^n f_o$ (n=1)
f_o
t_o
t_3
t_1
t_2
t_2+pT_o
τ'
p= 2