

(19) **DANMARK**



(12) **FREMLÆGGELSESSKRIFT** (11) **150556 B**



DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(21) Patentansøgning nr.: 4715/78

(51) Int.Cl.⁴: **H 01 Q 21/06**
G 01 S 3/28

(22) Indleveringsdag: 24 okt 1978

(41) Alm. tilgængelig: 26 apr 1979

(44) Fremlagt: 23 mar 1987

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 25 okt 1977 SE 7711967

(71) Ansøger: *SAAB-SCANIA AB; S-581 88 Linköping, SE.

(72) Opfinder: Arne *Toerby; SE.

(74) Fuldmægtig: Patentbureauet Magnus Jensens Eftf.

(54) **Detektor for elektromagnetisk stråling**

DK 150556 B

Den foreliggende opfindelse angår en detektor for elektromagnetisk stråling, fortrinsvis radarstråling, og af den i kravets indledning angivne art.

Når en pulserende elektromagnetisk stråling, eksempelvis fra en monopulsradar, falder ind mod et antenneelementpar, kan de modtagne signalers absolutte fase- og amplitudeværdier variere i afhængighed af faktorer, som påvirker såvel senderen som strålingen under dens vej fra senderen til modtageren. Derimod afhænger signalernes relative fase- og amplitudeværdier alene af strålingens indfaldsvinkel. Man kan altså af forholdet mellem signalerne beregne retningen til senderen.

En ulempe ved detektorer af ovennævnte art er, at de ikke formår at angive en entydig værdi for indfaldsvinklen, idet man får flere lige sandsynlige vinkelværdier inden for antenneopstillingens følsomhedsområde. Da dette skal være forholdsvis bredt for at kunne dække så stor en vinkel som muligt, er en sådan antenneopstilling uegnet til bestemmelse af retningen til senderen.

Man har foreslået forskellige måder at frembringe et smalt følsomhedsområde på ved antenneopstillingen for herved at lette en acceptabel nøjagtig lokalisering af senderen. Ved sådanne metoder anvendes en meget omfangsrig antenneopstilling. Et smalt følsomhedsområde er i mange tilfælde næppe en acceptabel løsning, bl.a. fordi man til hvert øjeblik kun kan modtage elektromagnetisk stråling inden for en lille rumvinkel. Sendere uden for denne rumvinkel opdages ikke. En anden metode indebærer, at man ved hjælp af ekstra antenneelementer fremkalder en undertrykkelse af antenneopstillingens sidestråler, hvilket imidlertid ikke påvirker hovedstrålens udstrækning.

I US patentskrift nr. 3.266.044 beskrives et antennearrangement omfattende to par skelende log-periodiske antenneelementer beliggende i to mod et referenceplan skrånende planer. Fra bl.a. DE offentliggørelsesskrift nr. 21 11 53 9 er det kendt at anvende flere forskellige antennepar og kredsløb til sammenligning og vurdering af de opnåede signalamplituder for at eliminere flertydigheden. Med disse

arrangementer kan man imidlertid ikke opnå, at kun de signaler, som indkommer i et valgt vinkelområde passerer til forstærkeren. Man kan heller ikke udelukke signaler over et vist forudvalgt maksimumsniveau.

Formålet med den foreliggende opfindelse er at anvise en detektor for elektromagnetisk stråling, som har en antenneopstilling, hvis antenneelementer er placeret på en sådan måde, at der med den til antenneopstillingen forbundne modtager kan frembringes en signalbehandling, som er ækvivalent med en kontinuerlig forøgelse af antenneopstillingens sidestråler, således at man opnår en entydig lokalisering af senderen.

Dette opnås ifølge opfindelsen ved den i kravet anviste udformning.

Opfindelsen skal i det følgende forklares nærmere i forbindelse med tegningen, hvor

fig. 1 viser i perspektiv en antenneopstilling ifølge opfindelsen,

fig. 2 samme set fra siden

fig. 3 samme set fra oven,

fig. 4 et blokdiagram for en modtager ifølge opfindelsen med symmetrisk opbygget signalbehandlingsdel,

fig. 5 et blokdiagram over et alternativt udførelseseksempel for signalbehandlingsdelen, og

fig. 6 og 7 signalamplituder som funktion af en elektromagnetisk strålings indfaldsvinkel for signaler i visse i fig. 4 og 5 angivne punkter.

I fig. 1, 2 og 3 markerer 1, 2, 3 og 4 endestrålende antenneelementer af typen konisk spiral. Antenneelementerne er anbragt parvis, idet elementerne 1 og 2 henholdsvis 3 og 4 danner par, og i hvert par skråner elementerne mod hinanden, således som det fremgår af fig. 3. Formålet hermed er på i og for sig kendt måde at opnå frekvensafhængighed hos antenneelementparret. Denne uafhængighed opnås, når afstanden mellem antenneelementernes fasecenter er konstant regnet i bølgelængder. Sammen danner

antenneelementparrene en antenneopstilling og definerer et referenceplan 5 og en langs referenceplanet gående symmetrilinie 6. Antenneelementerne forudsættes fastgjort i deres indbyrdes placering i et på referenceplanet vinkelret stående plan 7.

Ifølge opfindelsen har antenneelementparrene 1,2 henholdsvis 3,4 ulige hældningsvinkler b henholdsvis a, hvilke vinkler bør stå i et forhold til hinanden, som er mindre end to, fortrinsvis 1,5. Dette størrelsesforhold har i praksis vist sig at give optimal sidestråleundertrykkelse. Endvidere ligger antenneelementparrene på begge sider af referenceplanet 5 i hvert sit plan 8 henholdsvis 9 symmetrisk skrånende mod referenceplanet 5, som vist i fig.2. Endvidere gælder dels, at hældningsvinklernes a,b bisektricer 10 henholdsvis 11 er rettet mod et punkt 12 på symmetrilinien 6, dels at planerne 8 og 9 skærer hinanden i referenceplanet 5 langs en linie 13, som skærer symmetrilinien 6 under en tilnærmelsesvis ret vinkel (se fig.1). Dette medfører, at antenneelementparrene 1,2 henholdsvis 3,4 er rettet i samme retning og anbragt således, at antenneelementernes skæringspunkter med planet 7 ligger i hjørnet af en paralleltrapez, dvs. at der råder fuld symmetri, hvilket letter den efterfølgende signalbehandling. I fig. 1 er med 14 mærket en sender, og det antages, at modtageren fra denne opfanger radarimpulser eller lignende elektromagnetisk stråling. Med 15 markeres en sigtelinie mellem senderen 14 og antennestillingen, og 16 angiver sigteliniens projektion på referenceplanet 5. Med v betegnes vinklen mellem linien 16 og symmetrilinien 6.

Det kan indses af en fagmand, at man i antenneopstillingen kan anvende andre arter af logperiodiske endestrålende antenneelementer, eksempelvis en såkaldt dipolrække, hvis E-plan skal orienteres i forhold til planerne 8 og 9 med hensyn til den indfaldende strålingspolarisation.

Opbygningen og funktionen af en signalmodtager ifølge den foreliggende opfindelse skal forklares nedenfor under

henvisning til fig.4, i hvilken antenneelementparrene 1,2 og 3,4 genfindes skematisk markeret øverst i figuren. Antenneelementparret 1,2 er forbundet med et 90° -hybridnetværk(17) med to udgange 18 og 19. Til udgangen 18 er en detektor 20 og en logaritmisk forstærker 21 forbundet i serie. På tilsvarende måde er til udgangen 19 serieforbundet en detektor 22 og en logaritmisk forstærker 23.

90° -hybridnetværket 17 har til opgave at konvertere faseforskelle mellem antenneelementernes 1 og 2 signaler til en tilsvarende amplitudeforskel mellem hybridnetværkets udgangssignaler på udgangene 18 og 19. Ved hjælp af detektoren 20 og den logaritmiske forstærker 21 frembringes et signal C_1 , som på forskellig måde varierer med den modtagne strålings indfaldsvinkel i referenceplanet 5, dvs. med vinklen v mellem symmetrilinien 6 og projektionen 16 af sigtelinien 15 på referenceplanet 5.

På analog måde dannes af hybridnetværkets 17 udgangssignal på udgangen 19 ved hjælp af detektoren 22 og den logaritmiske forstærker 23 et signal S_1 , som også på forskellig måde varierer med vinklen v . I et til udgangen af forstærkerne 21,23 forbundet differenskredsløb 24 dannes ifølge opfindelsen et differenssignal L_1 , som er lig med $C_1 - S_1$. Differenssignalets L_1 amplitude afhænger af vinklen v og af hældningsvinklen b mellem antenneelementerne 1 og 2, men er uafhængig af styrken af den af de nævnte antenneelementer modtagne elektromagnetiske stråling.

På samme måde dannes af signalerne fra antenneelementerne 3 og 4 ved hjælp af et 90° -hybridnetværk 25 og til dets udgange forbundne detektorer 26 henholdsvis 27 og logaritmiske forstærkere 28 henholdsvis 29 signaler C_2 henholdsvis S_2 samt ved hjælp af et differenskredsløb 30 et andet differenssignal L_2 , som er lig med $C_2 - S_2$. Hvorledes signalerne C_1 , S_1 henholdsvis C_2 , S_2 varierer som funktion af vinklen v er vist i fig.6. Det bemærkes, at signalerne C_1 og S_1 , henholdsvis C_2 og S_2 er hinandens spejlbilleder i forhold til ordinataksen, dvs., der råder fuld symmetri.

Ved hjælp af differenskredsløb 31 forbundet til de to differenskredsløb 24 og 30 frembringes ifølge opfindelsen et tredje differenssignal L_3 , som er lig med $L_2 - L_1$. I fig. 7 vises signalernes L_1 , L_2 og L_3 forløb som funktion af positive værdier for vinklen v . For negative værdier af vinklen v vil de nævnte signaler med modsat fortegn være symmetriske i forhold til ordinataksen. Af figuren fremgår det, at for næsten alle passende valgte positive værdier for L_1 eller L_2 har vinklen v to helt forskellige værdier, da næsten enhver linie parallelt med og over v -aksen skærer kurverne L_1 og L_2 i to punkter.

For ifølge opfindelsen at frembringe en entydig indikering af vinklen v mellem symmetrilinien 6 og sigteliniens 15 projektion på referenceplanet 5 påtrykkes differenssignalerne L_1 , L_2 og L_3 et signalbehandlingsorgan 32, hvis opbygning og funktion skal forklares i det følgende.

Signalbehandlingsorganet 32 omfatter tre sammenligningskredsløb 33, 34 og 35, hver med to indgange, af hvilke den ene er forbundet med en referenceværdidanner 36. Sammenligningskredsløbenes anden indgang er forbundet til tilsvarende udgange på differenskredsløbene 24, 30 og 31. Referenceværdidanneren 36 er indrettet til ved hjælp af et forindstillingsorgan 37 at frembringe indstillelige referenceværdier, med hvilke differenssignalerne L_1 , L_2 og L_3 sammenlignes. Til sammenligningskredsløbene 32, 33 og 34 er forbundet en logisk kreds 38, som er forbundet med to analoge porte 39 og 43, der er indrettet til under visse forudsætninger at lade nogle af differenssignalerne L_1 , L_2 passere til et indikeringsorgan 41.

Af fig. 7 kan det ses, at en entydig indikering af værdien af vinklen v kan baseres på værdien af differenssignalet L_1 i det område, for hvilket L_1 er mindre end L_2 , dvs. i det område af positive v -værdier, i hvilket L_3 er positiv. På samme måde kan man, hvis L_3 er negativ, opnå en entydig vurdering af v ved hjælp af L_1 i det område af negative v -værdier, for hvilket L_3 er negativ.

Det er indlysende, at alene en sammenligning af værdierne for L_1 og L_2 er utilstrækkelig til entydig fortegnbestemmelse af værdien af vinklen v . Af fig. 7 fremgår det imidlertid, at i området 0 til v_1 har alle differenssignalerne L_1 , L_2 og L_3 positiv værdi, og i det modsvarende område med negative v -værdier, har de alle negativ værdi. Ved bestemmelse af vinklen v accepteres således kun differenssignaler L_1 for værdier, som ligger i området 0 til v_1 . Dette er i praksis ensbetydende med stråleforøgelse og sidestråleundertrykkelse, uden at man faktisk gør antennestillingens følsomhedssløjfe smallere. Det krav, der stilles til et L_1 -signal, for at det skal kunne udgøre et mål for v i det ovennævnte område, er, at værdien af de tilhørende L_2 - og L_3 -signaler skal ligge på samme side af værdien 0 som værdien af signalet L_1 .

Med referenceværdidanneren 36 og sammenligningskredsløbene 33, 34 og 35 kontrolleres, om differenssignalerne L_1 , L_2 og L_3 opfylder ovennævnte betingelse. Hvis dette er tilfældet, påvirkes det til den pågældende udgang forbundne logiske kredsløb 38 og den heraf styrede tilsvarende port 39, således at signalet L_1 kan passere til indikeringsorganet 41. Ved denne kontrol afgiver hver af sammenligningskredsløbene 33, 34 og 35 et binært signal, som svarer enten til 1 eller 0, afhængigt af, om differenssignalerne L_1 , L_2 eller L_3 , som påføres sammenligningskredsløbene er større eller mindre end signalet fra referenceværdidanneren. Det gælder f.eks., at hvis vinklen v skal bestemmes af differenssignalet L_1 , og der råder fuld symmetri, skal referenceværdidanneren 36 ved hjælp af førindstillingsorganet 37 indstilles således, at dens udgangssignal har en værdi, som svarer til værdien 0 for differenssignalerne. Hvis L_1 har en positiv værdi og svarer til værdien for v i området 0 - v_1 , vil udgangssignalet fra hver af sammenligningskredsløbene være af samme art, f.eks. 1. Hvis værdien af differenssignalet L_1 er negativt og svarer til en vinkelværdi inden for det tilsvarende negative område 0 - v , vil udgangssignalet for samt-

lige sammenligningskredsløb være af modsat art, altså 0. Hvis værdien af v ligger uden for området $0 - v_1$, vil udgangssignalet fra et af sammenligningskredsløbene 33,34 og 35 være forskellig fra de øvrige to kredsløbs udgangssignaler.

Logikkredsen er indrettet til sammen med den analoge port 39 at virke således, at porten kun åbnes, hvis sammenligningskredsløbene 33,34 og 35 udgangssignaler er af samme art. Hvis analogporten 39 er åben, kan L_1 -signalet passere fra differensdanneren 24 til indikeringsorganet 41, hvorved der på dette opnås en entydig indikering af vinklen v .

Hvis den elektromagnetiske stråling, som falder ind på antenneelementerne 1,2,3 og 4, er radarstråling, f.eks. fra en monoimpulsradar, består denne af meget korte impulser. Hvis der herved skulle gå signaler fra differensdanneren 24 direkte til indikeringsorganet 41, ville de have altfor kort varighed, til at indikeringen kunne blive tilfredsstillende, og der ville også være en vis risiko for, at et så kortvarigt signal ikke skulle passere gennem porten 39, netop medens denne var åben. Derfor ledes differenssignalet L_1 fra differensdanneren 24 over en impulsforlænger 40 til porten 39.

Det fremgår af fig.7, at værdien af L_1 varierer ganske lidt for en given ændring af v_1 . Dette indebærer, at nøjagtigheden af den vinkelværdi, som fås på basis af L_1 i området $0 - v_1$ måske er utilstrækkelig til visse anvendelser. Men når man har fået en approximativ værdi for vinklen v på basis af differenssignalet L_1 , kan en mere præcis indikering opnås på basis af differenssignalet L_2 , som har et stejlere forløb end L_1 , dvs. dets værdi ændres hurtigere for en given ændring af v . Denne mere præcise indikering opnås imidlertid kun i et mindre vinkelområde og indebærer således en yderligere sløjfeskærpning.

For at kunne udnytte differenssignalet L_2 til en sådan mere nøjagtig indikering justeres referenceværdidanneren 36 ved hjælp af førindstillingsorganer 37, således at dets referenceværdisignal får en fra 0 forskellig værdi. Hvis vinkelværdien v ligger i det positive $0-v_1$ -område, justeres referenceværdien op til en positiv værdi, og hvis v er negativ, justeres referenceværdien ned til en negativ værdi. Formålet hermed er at udføre en ny sammenligning, denne gang mellem differenssignalets L_2 absolutte værdi og den absolutte værdi af referenceværdisignalet. Denne sammenligning sker i sammenligningskredsløbet 34, som afgiver et udgangssignal (eksempelvis binært 1) til logikkredsen 38, hvis og når absolutværdien af referenceværdisignalet er større end det aktuelle L_2 -signals værdi. Logikkredsen 38 er også forbundet med referenceværdidanneren 36, således at den kan frembringe et styresignal til den anden analoge port 43 under den forudsætning, at referenceværdisignalet ikke er 0, og at udgangssignalet opnås fra sammenligningskredsløbet 34. Differenssignalet L_2 ledes fra differenskredsløbet 30 til porten 43 over impulsforlængere 42 og indikeres på indikeringsorganet 41, således som beskrevet ovenfor.

Da referenceværdidanneren 36 kan frembringe såvel positive som negative referenceværdier, og sammenligningskredsløbet 34 er følsomt for absolutværdien af forskellen mellem referenceværdisignalet og differenssignalet L_2 , er den skærpelse, som opnås, symmetrisk hvad angår positive og negative værdier for v .

Fig. 5 viser en i forhold til det netop beskrevne noget forenklet signalbehandling. Forenklingen indebærer først og fremmest, at der til differenskredsløbet 30 ikke ledes signaler C_2 hidrørende fra antenneelementparret 3,4 med en større hældningsvinkel a , men signaler C_1 hidrørende fra antenneelementparret 1,2 med den mindre hældningsvinkel b . Til opnåelse af denne forenkling er den udgang på 90° -hybridsammenligningskredsløbet 25, som i fig. 4 er forbundet til detektoren 26, forsynet med en afslutning 44, som er indrettet til at absorbere signalet på

nævnte udgang uden at reflektere noget tilbage til hybridkredsløbet 25. Herved fremkommer en vis usymmetri i differenssignalerne, som i fig. 5 betegnes L_2 henholdsvis L_3 . I signalbehandlingsorganet 32 opnås, ved at man ved hjælp af førindstillingsorganet 37 vælger andre referenceværdier for referenceværdidanneren 36, en kompensering for usymmetri. Indikeringen af L_1 og L_2 'sker, som beskrevet i forbindelse med fig.4.

P a t e n t k r a v

Detektor for elektromagnetisk stråling, fortrinsvis radarstråling, og omfattende en opstilling af indbyrdes mod hinanden hældende endestrålende og logperiodiske antenneelementer (1,2,3,4), eksempelvis af typen konisk spiral eller dipolrække, hvilke elementer tilsammen definerer et referenceplan (5) og en langs referenceplanet gående symmetrilinie (6) og en til antenneopstillingen forbundet signalmodtager, som er indrettet til ved hjælp af signaler fra antenneopstillingen at lokalisere en sender (14), som udsender elektromagnetisk stråling, fortrinsvis ved bestemmelse af en vinkel (v) mellem den nævnte symmetrilinie (6) og projektionen (16) på det nævnte referenceplan af sigtelinien (15) mellem antenneopstillingen og senderen, hvilken signalmodtager for hvert antenneelementpar omfatter et hybridnetværk (17,25), kredsløb til detektering (20,22,26,27) og logaritmisk forstærkning (21,23,28,29) af fra hybridnetværket udgående signaler og sammenligningsorganer (24,30,31,32) til ved sammenligning af amplituder hos de således opnåede signaler at frembringe et mål for og en indikation af den nævnte vinkel mellem symmetrilinien og sigteliniens projektion på referenceplanet, k e n d e t e g n e t ved, at antenneopstillingen har to på begge sider af referenceplanet (5) anbragte antenneelementpar (1,2;3,4), der har uens store hældningsvinkler (a, b) og ligger i planer (8,9), som danner vinkler med referenceplanet (5) og er symmetriske om dette, at nævnte sammenligningsorganer (24,30,31,32) er indrettet til af signaler hidrørende fra hybridnetværket (17,25) for antenneelementparret med den mindre (b) henholdsvis den større (a) hældningsvinkel at danne dels et første (L_1) henholdsvis et andet ($L_2; L_2'$) differenssignal, hvis amplituder er mål for den nævnte vinkel (v), hvorved differenssignalerne ($L_1, L_2; L_2'$) har positivt eller negativt fortegn, afhængigt af om sigteliniens projektion (16) på referenceplanet (5) falder på den ene eller på den anden side af symmetrilinien (6), dels et

tredie differenssignal (L_3), som udgør forskellen mellem det første (L_1) og det andet ($L_2; L_2'$) differenssignal, og til at sammenligne differenssignalerne med forudbestemte referenceværdier, hvorved som et mål for vinklen (v) angives den værdi af det første (L_1) og/eller det andet ($L_2; L_2'$) differenssignal, hvor der ved angivelse af det første differenssignal (L_1) skal gælde, at de tre differenssignaler ($L_1, L_2, L_3; L_2'$) alle er større end deres positive referenceværdier eller mindre end deres negative referenceværdier, og hvor der ved angivelse af det andet differenssignal (L_2, L_2') skal gælde, at absolutværdien af denne er mindre end en forudbestemt værdi.

Fremdragne publikationer:

DE offentliggørelsesskrift nr. 2111539
US patent nr. 3266044.

FIG 4

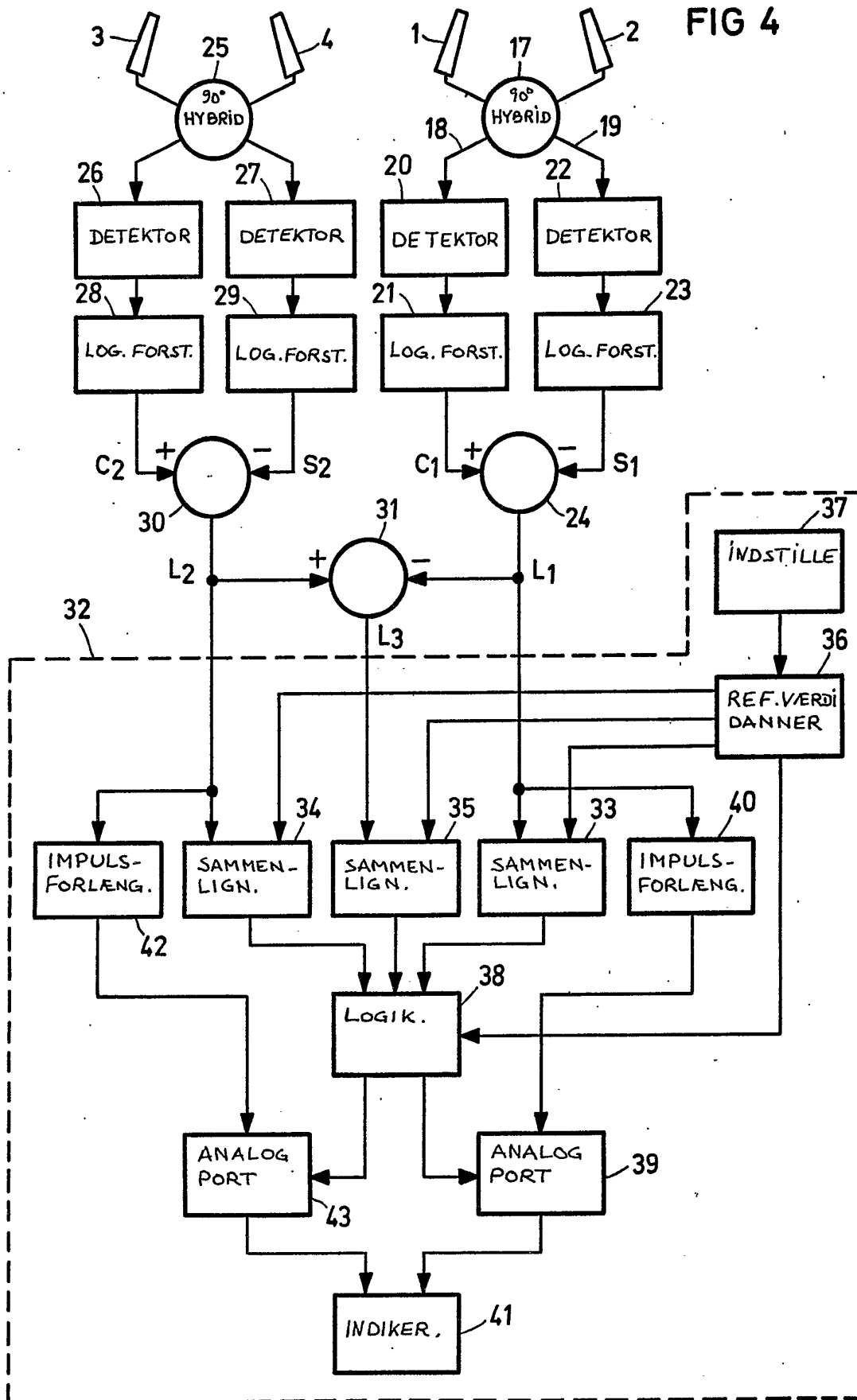


FIG 5

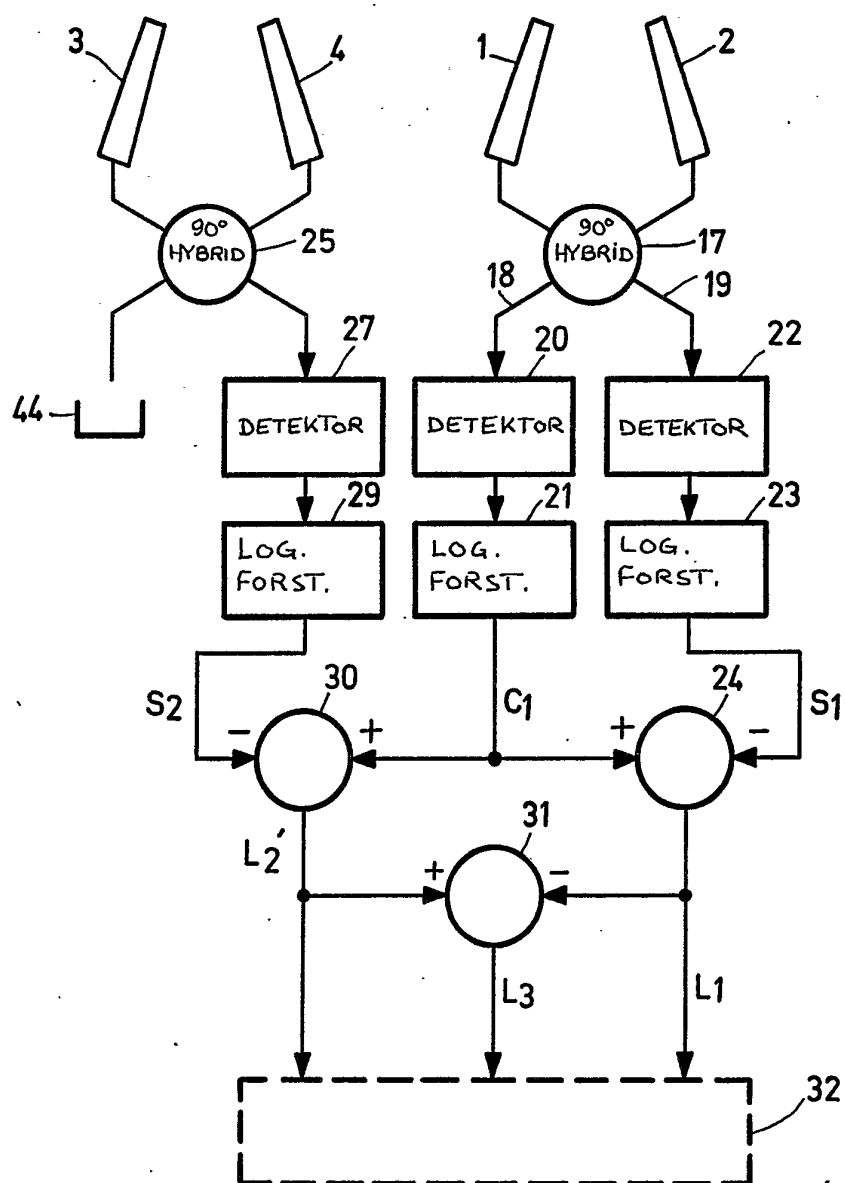


FIG 6

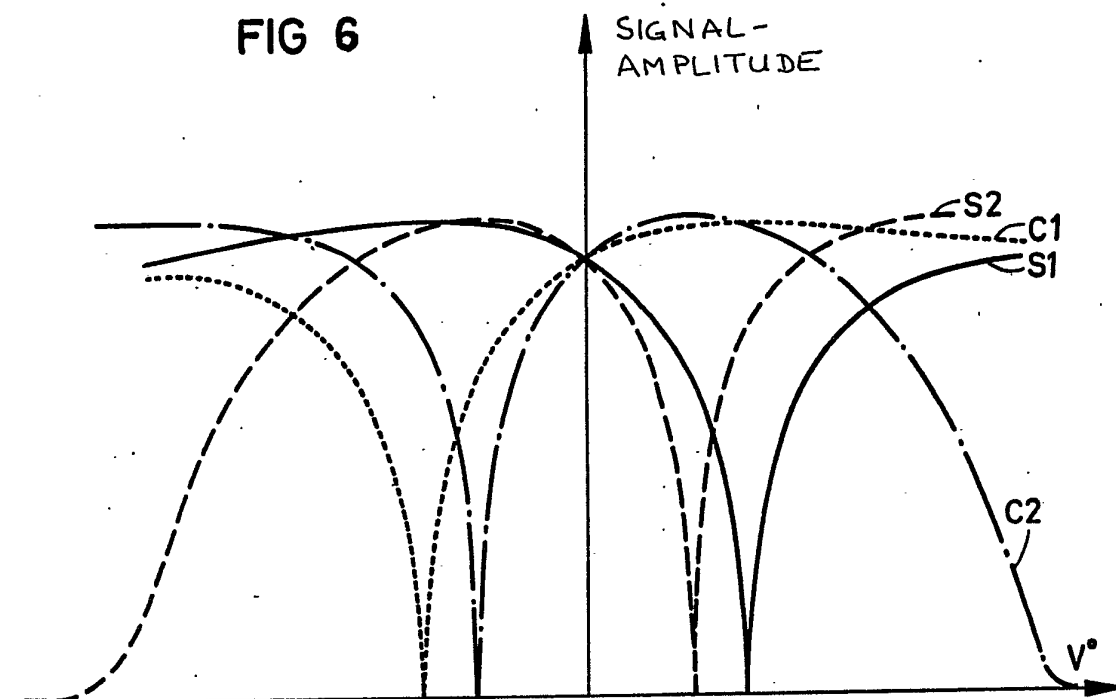


FIG 7

