

(19) DANMARK



(12) **FREMLÆGGELSESSKRIFT** (11) **149370 B**



DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENEN

- (21) Patentansøgning nr.: 1017/77
(22) Indleveringsdag: 08 mar 1977
(41) Alm. tilgængelig: 10 sep 1977
(44) Fremlagt: 20 maj 1986
(86) International ansøgning nr.: -
(30) Prioritet: 09 mar 1976 US 665348

(51) Int.Cl.⁴: **G 01 S 7/28**
G 01 S 13/52

- (71) Ansøger: *WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION; Pittsburgh, US.
(72) Opfinder: John C. *Kirk Jr.; US.

(74) Fuldmægtig: Ingeniørfirmaet Budde, Schou & Co

- (54) **Apparat til at skelne sande målekkosignaler fra især diskrete sidesløjfeforstyrrelser i en impuls-doppler-radarmodtager**

Opfindelsen angår et anlæg til at skelne sande målekkosignaler i en impulsdoppler-radarmodtager, hvilken impulsdoppler-radarmodtager er af den i krav 1's indledning angivne art.

Ved sådanne anlæg har det tidligere altid været et problem at udelukke jordekkoforstyrrelser som modtages af hovedstrålen uden at de sande mål samtidigt udelukkes, og et problem med at skille punktforstyrrelser på kort afstand, som modtages i sidesløjferne, fra sande mål, der modtages gennem hovedstrålen.

PRF-impulsdoppler-radar-anlæg med mellemhøj impulsfrekvens er præget af tvetydig afstandsmåling for hver modtagne impuls. I modsætning hertil er ved PRF-pulsdoppler-radar med lav impulsfrekvens tidsperioden mellem hver udsendt impuls tilstrækkelig til at impulsen kan reflekteres fra et mål inden for afstandsområdet og modtages af modtageren før den næste impuls udsendes. I PRF-impulsdoppler-

-radar med lav impulsfrekvens er afstanden utvetydig, fordi tiden mellem den udsendte impuls og det tilsvarende modtagne ekkosignal er kendt. Ved PRF-impulsdoppler-radar med mellemhøj impulsfrekvens udsendes der en impuls, og før denne impuls har haft tid til at vende tilbage fra et mål inden for afstandsområdet, er allerede en efterfølgende impuls blevet udsendt. Interimpulsperioden (tiden mellem de enkelte udsendte impulser) i PRF-impulsdoppler-radar med mellemhøj impulsfrekvens er kortere end i PRF-impulsdoppler-radar med lav impulsfrekvens. For impulser, som modtages af radarmodtageren i PRF-impulsdoppler-radar med mellemhøj impulsfrekvens, er afstanden tvetydig, fordi ekkosignalet kan optræde i en interimpulsperiode som følger efter den periode som følger efter den tilsvarende udsendte/reflekterede impuls.

PRF-impulsdoppler-radar med mellemhøj impulsfrekvens er imidlertid nyttig, fordi en dopplerforskydning kan detekteres i hvert ekkosignal. Hver udsendt impuls er kohærent med hensyn til enhver anden udsendt impuls, og impulsfrekvensen er høj nok til at overvåge høje eller lave impulsforskydningshastigheder i ekkosignalerne, således at der kan udledes værdifuld information. Tilstedeværelsen af dopplerforskydning i ekkosignalerne giver et ekstra grundlag for genkendelse af ekkosignalet og til at bestemme om det kommer fra et sandt mål, hovedstråleforstyrrelser, sidesløjfeforstyrrelser eller bevægelige jordmål.

I en kendt radarmodtager anvendes som vist i figur 1A to særskilte modtagerkanaler 10 og 20 til at udskille sande målekkøer fra hovedstråleforstyrrelse og sidesløjfeforstyrrelse i en PRF-impulsdoppler-radar med mellemhøj impulsfrekvens. En kohærent hovedkanalmodtager 7 er forbundet via en duplexer 5 med hovedantennen 1. Hovedantennen 1 er en antenne med stor hovedstråleretningsforstærkning og lille sidesløjfeforstærkning som vist i figur 1B. En særskilt beskyttelsesmodtagerkanal 20 omfatter en kohærent modtager 8, som er forbundet med en beskyttelsesantenne 2. Beskyttelsesantennen 2 er adskilt fra hovedantennen 1 og har som vist i fig. 1B en bred strålekarakteristik med en forstærkning, som er større end enhver sidesløjfe i hovedantennen og en forstærkning, som er mindre end for hovedstrålen i hovedantennen.

Beskyttelseskanalen 20 vil nødvendigvis modtage den samme information som hovedkanalen 10. Som følge af udformningen af de respektive antenner har de signaler, der modtages i hovedstrålen i hovedantennen 1, imidlertid større amplitude end de tilsvarende signaler, der modtages i beskyttelsesantennen 2. Følgelig har de sidesløjfe-

-ekkosignaler, der modtages i hovedantennens sidesløjfer, mindre amplitude end de tilsvarende sidesløjfe-ekkosignaler, der modtages i beskyttelsesantennen. I det typiske tilfælde indeholder hovedkanalen 10 og beskyttelseskanalen 20 filtergrupper 9 henholdsvis 12. Disse filtergrupper undertrykker hovedstråleforstyrrelser ved at filtrere udgangssignalet fra de tilhørende kohærente modtagere 7 og 8, og afviser signaler, der er dopplerforskuet i en grad svarende til stationære forstyrrelsesmål i hovedstrålen i forhold til hastigheden af det fly, som er udstyret med radaranlægget. Da hovedstråleforstyrrelser har en forudbestemt dopplerforskydning bestemt af flyets hastighed i forhold til stationære forstyrrelsesmål i hovedstrålen, bliver kun signaler, som er dopplerforskuet bort fra hovedstråleforstyrrelsesfrekvensen, sluppet igennem filtergrupperne i hver kanal.

Sidesløjfeforstyrrelser skyldes jordekkoer og målekkøer af signaler, der modtages i sidesløjferne. Diskrete forstyrrelser, dvs. punktforstyrrelser, har ekko med stor amplitude, som optræder når en udsendt impuls reflekteres fra en bygning eller lignende og reflekteres tilbage til flyet. Når et sådant kraftigt ekko optræder i sidesløjferne (diskrete sidesløjfeforstyrrelser), er dopplerforskydningen forskellig fra hovedstråle-ekkoerne. Da sidesløjfeforstyrrelser forskydes på en anden måde end hovedstråleforstyrrelser, vil de derfor passere filtergruppen i hver kanal sammen med ethvert sandt målekkosignal. Som tidligere nævnt modtager beskyttelseskanalen 20 som følge af antennekarakteristikkerne sidesløjfeforstyrrelser med større amplitude end hovedkanalen 10. Det kendte anlæg, der er vist i figur 1A, arbejder i princippet således, at detekteringen af sidesløjfeforstyrrelser i beskyttelseskanalen 20 anvendes til at udelukke tilsvarende detekterede forstyrrelser, som optræder i sidesløjferne i hovedkanalen 10. Da hovedstråleforstyrrelser fjernes af filtergruppen 9, vil kun sande målekkøer fra hovedstrålen samt jord- og genstandsreflektioner og diskrete forstyrrelser fra sidesløjferne og støj passere filtergruppen 9. Disse signaler tilføres en sædvanlig tærskelkreds 11 for konstant falsk alarmtakt (KFAT). Kredsen 11 har et variabelt tærskelniveau, som hæves eller sænkes for at blokere jordreflektionsidesløjfeforstyrrelser, men påvirker ikke kraftige diskrete sidesløjfeforstyrrelser.

Beskyttelseskanalen 20 modtager normalt sande målekkøer med en amplitude, som er meget mindre end i hovedstrålen, og virkningen af beskyttelseskanalen består i at udelukke alene diskrete sidesløjfeforstyrrelsesekkoer, fordi disse signaler i beskyttelseskanalen har større amplitude end sidesløjfesignalerne i hovedkanalen 10. Udgangs-

signalet fra beskyttelseskanalen 20 tilføres en amplitudesammenlignings- og slukkekrede 13, hvori amplituderne af de diskrete dopplerforskydte signaler med tilsvarende frekvens sammenlignes. Når amplituden af beskyttelseskanalsignalet overskrider den tilsvarende signalamplitude i hovedkanalen vil denne diskrete frekvens blive slukket. Efter slukningen vil afstandstvetydighedsopløseren 15 modtage de sande målsignaler med tvetydig afstand og bestemme afstanden. Hvis et antal forskellige PRF udsendes vil opløseren 15 fordele disse i et forudbestemt antal afstandsceller og korrelere modtagningen i de forskellige afstandsceller for hver PRF. De signaler, som er optaget i de tilsvarende afstandsceller i hver af de andre PRF, korreleres, og sande målekkosignaler tilordnes en afstandscelle som er fælles for hver PRF, hvorved afstandstvetydigheden opløses. Målet indikeres derpå på sædvanlig måde på en PPI i overensstemmelse med den utvetydige afstandsmåling m.v..

US-patentskrift nr. 3.707.718 omhandler et radaranlæg til undertrykkelse af uønskede forstyrrelsessignaler ("clutter"), der reflekteres fra jordoverfladen. De uønskede forstyrrelsessignaler fra jordoverfladen undertrykkes ved hjælp af filtre, og forstyrrelsessignalet frekvens holdes inden for filtrenes stopbånd af en AFC-sløjfe, hvis frekvens indstilles af et af forstyrrelsessignalet frekvens afhængigt signal, der frembringes i et stort antal afstandsceller eller -kanaler. Dette radaranlæg er ikke specielt bestemt til undertrykkelse af diskrete sidesløjfeforstyrrelser.

I US-patentskrift nr. 3.587.097 er beskrevet en frekvensundertrykkelsesfiltergruppe til at skelne mellem mål med forskellige dopplerforskydninger. Signalerne fra disse mål integreres og tærskeldetekteres for at eliminere støj.

Formålet med opfindelsen er at anvise et enkeltkanal impulsdopplerradarmodtageranlæg til at skelne sande målekkosignaler fra diskrete sidesløjfeforstyrrelser.

Det angivne formål opnås ifølge opfindelsen ved et anlæg af den indledningsvis angivne art, som er ejendommelig ved den i krav 1's kendetegnende del angivne udformning.

Anlægget arbejder med mellemhøj impulsfrekvens både under afsøgning og sporing, idet et antal PRF med forskellig frekvens udsendes i tidsdeling under afsøgningen, og et enkelt forudbestemt PRF udsendes under sporingen.

Under afsøgning bliver et videosignal fra enkeltkanalmodtageren tilført kredse, som fjerner det forstyrrelsessignal der optræder med en bestemt dopplerforskydning for hver tilsvarende PRF. De resterende dopplerforskydte signaler bliver indhyllingskurvedetekteret, integreret og tærskeldetekteret, så at kun signaler, der overskrider en bestemt amplitude og som optræder ved hver diskret dopplerforskydte frekvens kommer til yderligere behandling. De signaler, som overskrider en forud bestemt tærskelværdi, vil være de som gentages konstant i hver PRF, dvs. sande målekkoer i hovedstrålen og diskrete forstyrrelsessekkoer i sidesløjferne. De signaler, som overskrider den forud bestemte tærskelværdi, er tvetydige med hensyn til afstand og har hvert en karakteristisk amplitude. En afstandskreds detekterer hvert af de dopplerforskydte signaler, som overskrider den forud bestemte tærskelværdi for et antal PRF, og opløser den tvetydige afstand for de sande målekksignaler og diskrete sidesløjfeforstyrrelsessignaler ved at tilordne en utvetydig afstandscelle for hvert korreleret signal. Afstandskredsen frembringer derpå afstandssportsignaler svarende til de tilordnede afstandsceller. Amplituden af de tvetydige signaler portstyres ved hjælp af afstandsstyresignaler og sammenlignes med hensyn til amplitude med en afstandsfølsom tærskelværdi, som arbejder på en R^4 -kurve, som falder med stigende afstand. R^4 -kurven er således indstillet, at den er større end amplituden af de utvetydige diskrete forstyrrelsessignaler, som modtages gennem sidesløjferne, og mindre end amplituden af de signaler, som modtages fra sande mål i hovedstrålen. Signaler der repræsenterer sande mål, har derfor dopplerforskydninger, der overskrider en forud bestemt dopplerforskydning i de stationære forstyrrelsessekkoer i hovedstrålen og har amplituder, som når de styres til de tilhørende utvetydige afstandsceller ved hjælp af afstandssportsignalerne, overskrider R^4 -kurven. Selv om de diskrete forstyrrelsessekkosignaler, som optræder i sidesløjferne, behandles af afstandskredsen og også portstyres af afstandsportstyresignalet, optræder de i de lavere områder og har ikke tilstrækkelig amplitude til at overskride R^4 -kurvetærskelværdien.

Ved afsøgning tjener apparatet ifølge opfindelsen derfor til at udskille sande mål i hovedstrålen fra diskrete sidesløjfeforstyrrelser.

Ved sporing låser apparatet ifølge opfindelsen anlægget til et valgt sandt målsignal, hvis afstand er blevet fastlagt under afsøgningen, og hvis azimut er bestemt af den overvågede position af hovedstrålen når ekkoer modtages fra målet.

Et smalbåndet sporingsfilter og beskyttelsesområdeporte anvendes til at eliminere virkningen af sidesløjfernes som punkter optrædende forstyrrelser. Ved sporing udsendes en enkel PRF fra radarsenderen, så at ekkosignalet fra det udvalgte sande mål kan optræde i en forud bestemt afstandscelle under hver interimpulsperiode. Derfor styres det smalbandede sporingsfilter af den forud bestemte afstandscelle (tvetydig), i hvilken målsignalet befinder sig. Under indfangningen af det valgte målsignal bliver det smalbandede sporingsfilters pasbånd bevæget hen over det tvetydige dopplervindue, indtil detektering indtræder. Efter indfangningen opretholdes sporingen af målet ved efterfølgende dopplerforskydningsændringer. Anlægget skelner mål med forskellig dopplerfrekvens ved sporing med et smalbåndet vindue i sporingsfilteret. Det smalbandede sporingsfilter skelner derfor mellem dopplerforskydning for det sande mål og dopplerforskydning af enhver diskret sidesløjfeforstyrrelse med tvetydig afstand, som kan optræde i samme afstandscelle. Sporingen af et bestemt målsignal i en bestemt afstandscelle eliminerer alle andre sande mål og diskrete sidesløjfeforstyrrelser, som kan optræde i andre afstandsceller.

Bevægelige jordmål, som er en del af hovedstråleforstyrrelserne, men som frembringer ekkosignaler med en dopplerforskydning, der overskrider hovedstråleforstyrrelserne kan passere gennem den samme afstandscelle som det sporede mål. Hvis dette sker, detekteres de bevægelige jordforstyrrelsessignaler af beskyttelsesporte i tilgrænsende afstandsporter på begge sider af det sporede mål, og sporingen af målet vil ophøre indtil det bevægelige jordforstyrrelses-ekkosignal fjernes fra de beskyttede afstandsceller.

Et udførelseseksempel på et apparat ifølge opfindelsen skal nedenfor beskrives nærmere under henvisning til tegningen, hvor....

fig. 1A er et blokdiagram for en tidligere kendt radarmodtager med beskyttelseskanal,

fig. 1B viser grafisk forstærkningskarakteristikken for hovedantennen og beskyttelsesantennen i fig. 1A,

fig. 2 er et blokdiagram for en enkeltkanalradarmodtager

ifølge opfindelsen,

fig. 3 er et detaljeret blokdiagram for signalbehandlingsdelen i modtageren ifølge opfindelsen,

fig. 4 viser R^4 -kurver for den afstandsfølsomme tærskelkreds, som er vist i figur 3,

fig. 5 viser et frekvensspektrum for det hastighedssporingsfilter og den forstyrrelsesspærre, som er vist i fig. 3,

fig. 6 viser spektret for et sporingsmålsignal og to tilgrænsende beskyttelsesporte ifølge figur 3, og

fig. 7 er et diagram, der viser de indbyrdes positioner, hvor diskrete sidesløjfeforstyrrelser skal optræde, for at blive detekteret af den i fig. 3 viste sporingsdel.

Ved en PRF-impulsdoppler-radarmodtager med mellemhøj impulsfrekvens betegnes signalerne sædvanligvis som hovedstråleforstyrrelser, støj, områdesidesløjfeforstyrrelser, diskrete sidesløjfeforstyrrelser, og sande mål. Apparatet ifølge opfindelsen er i stand til at skelne sande mål fra alle de andre nævnte signaler under afsøgning og er også i stand til at spore et udvalgt sandt mål gennem de andre nævnte signaler under sporing.

I figur 2 er for tydeligheds skyld senderen og duplekseren ikke vist. Retningsantennen 21 modtager ekkosignalerne svarende til udsendte PRF med mellemhøj impulsfrekvens. Da hver mellemhøj PRF-frekvens sendes særskilt i tidsdeling, vil de tilsvarende ekkosignaler for hver PRF blive modtaget på tilsvarende måde i tidsdeling. PRF signaler, som modtages af antennen 21 forstærkes i den kohærente modtager 23 og omdannes til mellemfrekvenssignaler på sædvanlig måde. Den kohærente modtager 23 modtager både et automatisk støjreguleringssignal (ASR) 31 og et automatisk forstyrrelsesreguleringssignal (AFR) 32 fra en digital behandlingsdel 24 som skal beskrives nærmere nedenfor. Mellemfrekvenssignalet fra modtageren 23 tilføres en blander 28 og blandes med udgangssignalet fra forstyrrelses-sporekredsen 22. Kredsen 22 omfatter en oscillator med variabel frekvens, og reagerer på udgangssignalet fra en nulfrekvensdiskriminator 36 (figur 3), som leverer et styresignal på en ledning 30. Udgangssignalet fra blanderen 28 er et dipolart videosignal V_0 , som tilføres den digitale signalbehandler 24. Den digitale signalbehandler 24 afviser forstyrrelser, detekterer tilstedeværelsen af det indkomne videosignal V_0 , leverer målpositioninformation til en sædvanlig indikator 26 og leverer sporingsinformation til sporingsdelen 25 via afsøgnings/sporingsomskifteren 45. Udgangssignalet fra sporingsdelen

25 kan tilføres en sædvanlig indikator 26 eller en styreindretning. Hverken indikatoren eller styreindretningen udgør nogen del af opfindelsen, men er kun vist for at vise det komplette modtageranlæg. Selv om signalet mellem sporingssdelen 25 og indikatoren 26 i figur 2 er vist som en enkel ledning, er det klart at der her kan overføres forskellige instruktive signaler, som f.eks. de, der repræsenterer afstand og vinkel til det sporede mål under sporing, og sådanne som repræsenterer forskellige målpositioner over et fuldstændigt afsøgningsområde, når anlægget anvendes for afsøgning.

Den digitale signalbehandler 24 og sporingssdelen 25 er vist i fig. 3, hvor videosignalet V_0 fra blanderen 28 tilføres signalbehandleren 24 via en indgang 34. En nulfrekvensdiskriminator 36 overvåger videosignalet V_0 og leverer et styresignal på ledningen 30 til forstyrrelsessporekredsen 22. Dette tilbagekoblingssignal 30 fra nulfrekvensdiskriminatoren 36 anvendes til at opretholde hovedstråleforstyrrelsen i videosignalet V_0 på en frekvens, som vil blive stopbåndfiltreret og slettet i den digitale signalbehandler 24.

En automatisk forstyrrelsesforstærkningsreguleringskreds 38 modtager også indgangssignalet V_0 og leverer et AFR-reguleringsignal 31 til den kohærente modtager 23, som hindrer at hovedstråleforstyrrelserne møtter modtageren. Hensigten med AFR-regulerings-signalet er at opnå optimal sigtbarhed under forstyrrelsesniveau ved tilstedeværelsen af kraftige hovedstråleforstyrrelser.

En automatisk støjforstærkningsreguleringskreds 40 modtager videoindgangssignalet V_0 og leverer et reguleringsignal 32 til den kohærente modtager 23 på sædvanlig måde for at regulere støjniveau i modtageren.

Et dopplerfilter 42 modtager videoindgangssignalet V_0 og består af et hakfilter med en karakteristik, der afviser frekvenser svarende til den dopplerforskydning i ekkosignalet, der skyldes hovedstråleforstyrrelser. Hovedstråleforstyrrelses-ekkoer kan skyldes stationære objekter, jordekkoer, regn, partikelmateriale m.v.. Karakteristikken for dopplerfilteret 42 er vist i fig. 5, hvor hakdelen kan ses ved de lave frekvenser. Forstyrrelsessporingsløjfen, som indeholder nulfrekvensdiskriminatoren 36, forstyrrelsessporekredsen 22 og blanderen 28, overvåger videosignalet V_0 og opretholder hovedstråleforstyrrelserne i det lavere frekvensområde, så at de spærres af hakket i dopp-

lerfilteret 42. Dopplerfilteret 42 lader med andre ord de signaler passere, hvis dopplerforskydningsfrekvenser ligger uden for hakkets frekvenser. Det er klart, at dopplerfilteret 42 også kan have form af et kamfilter eller en filterenhed f.eks. af den art, der kendes fra USA-patentskrift nr. 3894.219. Det er også klart, at dopplerfilteret 42 kan bestå af en filterenhed og en KFAT-kreds, som f.eks. kendt fra US-patentskrift nr. 3.701.149.

Som vist i fig. 3 kan udgangen fra dopplerfilteret 42 forbindes med indgangen i en indhyllingskurvedetektor 44, når afsøgnings/sporings-omskifteren 45 befinder sig i afsøgningsstillingen. Indhyllingskurvedetektoren 44, en efferdetekteringsintegrator 46 og en tærskelkreds 48, f.eks. som beskrevet i US-patentskrift nr. 3.797.016, leverer de signaler, som optræder gentagne gange og med tilstrækkelig amplitude til at bedømmes som målsignaler, med tvetydig afstand. Imidlertid vil diskrete sidesløjfeforstyrrelser, hvis dopplerforskydning afviger fra de undertrykte hovedstråleforstyrrelser, også optræde som målsignaler og er også til stede i udgangssignalet fra tærskelkredsen 48. Hvert signal, som overskrider tærskelniveauet i tærskelkredsen 48, har en amplitudekarakteristik, en tvetydig dopplerforskydningskarakteristik og optager gentagne afstandsceller, som er jævnt fordelt for hver udsendt PRF.

Som tidligere nævnt udsendes under afsøgning et antal PRF på tidsinddelt måde. Da tiden mellem udsendte impulser er forskellig for hver PRF, vil derfor afstanden mellem ekkosignalerne fra et bestemt mål nødvendigvis være adskilt med et forskelligt antal afstandsceller for hver bestemt PRF der modtages.

Hvis følgelig den første PRF serie af impulser sendes med en impulsfrekvens på f.eks. 10kHz, og et mål inden for afstandsområdet reflekterer de udsendte impulser i hovedstrålen, vil ekkosignalet fra målet optage samme afstandscelleantal, efter hver udsendt impuls. Hvis interimpulsperioden derfor deles i 20 afstandsceller for PRF på 10kHz, kan målet inden for afstandsområdet modtages tvetydigt i afstandscellerne 3, 23, 43, 63 etc. for det antal afstandsceller der overvåges. Hvis en anden PRF serie impulser sendes med en impulsfrekvens på 11kHz, deles interimpulsperioden i 18 afstandsceller, og de samme mål inden for afstandsområdet kan optræde i afstandscellerne 5, 23, 41 etc. Ved korrelation af de to PRF på basis af afstands-

celle til afstandscelle, vil målsignalet korreleres i afstandscellen 23, og afstanden for dette signal vil være utvetydig, fordi den 23. afstandscelle svarer til en afstand på ca. 34 km.

I udførelseseksemplet anvendes to udsendte PRF for effektiv bestemmelse af mål fra diskrete sidesløjfeforstyrrelser. Imidlertid kan fem eller seks PRF sendes ud i tidsinddeling.

Udgangssignalerne fra tærskelkredsen 48 tilføres en afstandskreds 50, som fordeler hver PRF og frembringer utvetydige afstandscelleportsignaler. Afstandskredsen 50 leverer utvetydige afstandscelleportsignaler baseret på korrelation af både de diskrete sidesløjfeforstyrrelsessignaler og målsignalerne. De utvetydige afstandscelleportsignaler tilføres den afstandsfølsomme tærskelkreds 52, som også modtager de tilsvarende amplitudeværdier for tvetydige ekkosignaler fra tærskelkredsen 48. De utvetydige afstandscelleportsignaler fra afstandskredsen 50 portstyres tilsvarende amplitudeværdier for tvetydige ekkosignaler i kredsen 52, og disse signaler tærskelbehandles i overensstemmelse med R^4 -kurven, som frembringes af den afstandsfølsomme tærskelgenerator 51.

Selv om de til korte afstande svarende diskrete sidesløjfeforstyrrelsessignaler har stor amplitude, er de væsentligt mindre end ekkoverne fra et sandt mål i hovedstrålen ved den samme afstand. Derfor afstandportstyres de til kort afstand svarende sidesløjfeforstyrrelsessignaler på tilsvarende måde af en lav afstandscelle, og amplituden af disse signaler vil - selv om de er høje - ikke overskride den afstandsfølsomme tærskelværdi, fordi R^4 -kurven er indstillet til at overskride sidesløjfeforstyrrelsessignalet og indstillet til at være mindre end sande målekkosignaler over hele området.

R^4 -kurven, som er vist i figur 4, viser de indbyrdes signalniveauer ved PRF-impulsdoppleranlægget med mellemhøj impulsfrekvens. En afstandsfølsom tærskelværdi AFT er vist indstillet til at overskride den maksimale diskrete sidesløjfeforstyrrelse, som forventes fra $10^4 m^2$ ekko i forskellige sidesløjfer. De resulterende signaler fra den afstandsfølsomme tærskelkreds er sande målsignaler med utvetydig afstandsinformation. Denne information anvendes derpå på sædvanlig måde til visning.

Ved valg af et bestemt mål, der skal følges eller spores, bringes afsøgnings/sporings-omskifteren 45 i sporingsstilling, og signalerne fra dopplerfilteret 42 tilføres hastighedssporingsfilteret 58. Hastighedssporingsfilteret 58 er et smalbåndfilter med en indfangningsbåndbredde på f.eks. 300 Hz, hvis pasbånd be-

væges hen over det tvetydeige dopplervindue, der er bestemt af båndpasset for dopplerfilteret 42. Forholdet mellem båndpasset for dopplerfilteret 42 og hastighedssporingsfilteret 58 fremgår af fig. 5, hvor båndpasset for dopplerfilteret er ca. 4 kHz. Hastighedssporingsfilterets pasbånd forskydes af udgangssignalet fra en summeringskreds 56, som modtager indgangssignalet fra afstandstaktsignalet \dot{R} og fra hastighedssporingsløjfen 70. Hastighedssporingsløjfen 70 omfatter sløjfefilteret 54, en nul-frekvensdiskriminator 62 og en afstandsport 60.

Under indfangningen styres afstandsporten 60 af signalet R , som åbner afstandsporten 60 svarende til en på forhånd valgt afstandscelle i hver interimpulsperiode, som under afsøgningen er fastlagt som svarende til den tvetydige afstand for det ønskede mål der skal følges eller spores. Denne portstyring sikrer at overvågningen af de indkomne signaler kun sker i den afstandscelle, hvori det ønskede mål ligger.

Hastighedssporingsfilteret 58 er en afstandsstyret tvetydig dopplersporer med lukket sløjfe. Hastighedssporingsfilteret 58 omfatter en kompleks videoblander efterfulgt af et lavpas forsinkelsesliniefilter. Målvideosignalet blandes kohærent til nul-frekvens og smalbåndfiltreres. Nul-frekvensdiskriminatorens 62 styres af den valgte afstandscelle ved hjælp af afstandsporten 60, og detekterer enhver frekvensfejl der frembringes af smalbåndfilteret i hastighedssporingsfilteret 58 som følge af dopplerforandringer. Sløjfefilteret 54 modtager udgangssignalet fra nul-frekvensdiskriminatorens 62 og udglatte sporingen af dopplerændringer i den valgte målperiode.

Under indfangningen bevirker udgangssignalet fra nul-frekvensdetektoren at det tvetydige dopplervindue forskydes af hastighedssporingsfilteret 58, indtil detektering indtræder under portstyringen af afstandscellen. Efter indfangningen reduceres sporingsbåndbredden for hastighedssporingsfilteret til f.eks. ca. 100 Hz for effektivt at diskriminere overfor mål med forskellig dopplerfrekvens, som optræder i den samme afstandscelle, men er alligevel bred nok til at tillade at hastighedssporingsløjfen 70 sporer det valgte sande målekko under enhver hurtig dopplerændring.

Udgangssignalet fra hastighedssporingsfilteret 58 bliver indhyllingskurvedetekteret af indhyllingskurvedetektoren 64 og leveres til afstandssporeren 25. En digital/analog-omsætter 66 omdanner udgangssignalet fra detektoren 64 til et bipolar video-analog-signal. Afstandssporingskredsen 68 er en sædvanlig

bipolar video-analog-afstandssporer, som leverer et udgangssignal til indikatoren svarende til afstanden af det sporede mål, og også et afstandstaktsignal \dot{R} , som indikerer den hastighed hvormed afstanden af det sporede mål ændrer sig. Signalet \dot{R} tilføres summeringskredsen 56 som nævnt ovenfor.

Når modtageren ifølge opfindelsen befinder sig i sporingstilstanden, er sporingssignalet immunt for de fleste diskrete sidesløjfeforstyrrelser. Figur 7 viser immuniteten overfor diskrete sidesløjfeforstyrrelser ifølge opfindelsen. De tvetydige afstandsporte A og B for bestemte mål er vist. For en PRF med 10kHz og en impulsbredde på 1 mikrosekund, kan kun 1% af de mulige diskrete sidesløjfeforstyrrelser påvirke sporingen, fordi hver afstandscelle kun er ækvivalent med én impulsbredde. Med en hastighedssporingsbåndbredde på 100Hz opnås endvidere en ekstra immunitet på 1%, altså tilsammen 0,01%. Derfor vil i gennemsnit 9.999 af hver 10.000 diskrete sidesløjfeforstyrrelsessekkoer blive elimineret ved opfindelsen.

Opfindelsen er således effektiv ved sporing gennem hovedstråleforstyrrelser ved PRF-impulsdoppler-radaranlæg med både mellemhøje og lave impulsfrekvenser. Hvis afvisningsbåndet for dopplerfilteret trykkeren formindskes for at båndsporingsfilteret skal kunne spore mål med dopplerforskydningsfrekvenser så nær hovedstråleforstyrrelserne som muligt, kan det ske at bevægelige jordmål ikke vil blive filtreret ud af et sådant smalt afvisningsbånd. Ekkosignaler fra bevægelige jordmål kan muligvis komme ind i hastighedssporingsfilteret som et falskt mål. Et sådant falskt mål kan forårsage at hastighedssporingsfilteret mister låsningen, hvis signalet fra bevægelige jordmål optræder i den samme afstandsport og med tilnærmet samme dopplerforskydning som det sporede mål. For at forhindre dette er beskyttelsesporte anordnet ved hjælp af beskyttelsesportkredsen 70 på hver side af sporingsporten, og anvendes til at detektere tilstedeværelsen af interfererende mål. Hvis et signal detekteres på den ene eller anden side af det sporede målsignal, vil beskyttelsesportkredsen 70 bringe anlægget til at arbejde på hukommelse ("køre i friløb"), og sporingsporten 60 spærres, indtil det interfererende signal ikke længere detekteres af beskyttelsesportene. Når det interfererende signal har passeret, vil beskyttelsesportene tillade sporingsporten 60 at genoptage overvågningen af det valgte målsignal.

Vinkelsporings- og verificeringskredsen 72 overvåger videosignalet fra det sporede målekko, og bestemmer fejlspændinger som funktion af variationen af signalets spidsværdi. Da antennen foretager en nutationsbevægelse under sporingen, vil enhver indbyrdes ændring mellem nutationscentret og målet let detekteres ved variationer i signalet over nutationsperioden. Det resulterende signal er en indikation af at fejlsignalet er minimalt og at låsning er oprettet.

P a t e n t k r a v .

1. Anlæg til at skelne sande målekkosignaler fra diskrete sidesløjfeforstyrrelser i en til både afsøgning og sporing anvendt impulsdopplerradarmodtager, omfattende en antenne (21) med en sender og en modtager (23) samt en digital signalbehandlingsenhed (24), som er forbundet dermed, hvilken sender er tilpasset til at sende en yderligere impuls før modtageren tilpasses til at modtage den sidste ekkoimpuls, idet den digitale signalbehandlingsenhed (24) indbefatter et dopplerfilter (42) med et hakfilter og en konstant falsk alarmtakt (KFAT) kredsløb (48), til at undertrykke hovedstråleforstyrrelser og et afstandscellekredsløb samt en afstandsbestemmende kreds (50), der er forbundet med afstandscellekredsløbet, og som indbefatter fordelingskredsløb til at fordele hver modtagerimpuls samt korrelationskredsløb til at korrelere signalerne både fra diskrete sidesløjfeforstyrrelser og de sande målekkosignaler, hvilken afstandsbestemmende kreds (50) herved bestemmer utvetydig afstand for ekkosignaler som har passeret dopplerfilteret (42) og afgiver afstandsportsignaler svarende til sand afstand for de passerede ekkosignaler, k e n d e t e g n e t ved en med KFAT kredsløbet (48) forbundet afstandsfølsom tærskelkreds (52) til at lade amplituder af de passerede signaler passere svarende til de nævnte afstandsportsignaler ved at sammenligne de passerede amplitudesignaler med en afstandsvaryerende tærskelværdi, som er indstillet til kun at slippe sande målekkooamplituder igennem.

2. Anlæg ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at den afstandsfølsomme tærskelkreds (52) er forbundet med en afstandsfølsom tærskelgenerator (51), som styrer den afstandsvaryerende tærskelværdi som funktion af en R^4 -kurve, hvor R er afstanden.

3. Anlæg ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at dopplerfiltret (42) er koblet til

- a) et hastighedssporingsfilter (58) til filtrering af de passerede ekkosignaler, og
- b) en med hastighedssporingsfiltret (58) forbundet summeringskreds (56) til styring af hastighedssporingsfiltrets (58) centerfrekvens.

4. Anlæg ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at hastighedssporingsfiltret (58) omfatter en kompleks videoblander efterfulgt af et lavpas-forsinkelsesliniefilter.

5. Anlæg ifølge krav 3 eller 4, k e n d e t e g n e t ved, at udgangssignalet fra hastighedssporingsfiltret (58) efter afstandsportstyring i en afstandsport (60) tilføres en nulfrekvensdiskriminator (62), som detekterer enhver frekvensfejl, der er frembragt af hastighedssporingsfiltret (58) som følge af dopplerændringer.

6. Anlæg ifølge krav 3, 4 eller 5, k e n d e t e g n e t ved

a) et videobehandlingskredsløb (25,68) til modtagelse af udgangssignalet fra hastighedssporingsfilteret (58) og frembringelse af en videovisning af et sporet måls afstand samt den hastighed hvormed det sporede måls afstand ændrer sig, og

b) en beskyttelsesportkreds (70) til samtidig modtagelse af udgangssignalet fra hastighedssporingsfilteret (58) og detektering af interfererende mål på den ene eller anden side af det sande målsignal, hvilken beskyttelsesportkreds (70) er indrettet til at spærre sporing af det sande målsignal indtil det interfererende signal ikke længere detekteres.

Fremdragne publikationer:

US patenter nr. 3587097, 3659290, 3701149, 3707718, 3797016.

FIG. 1A

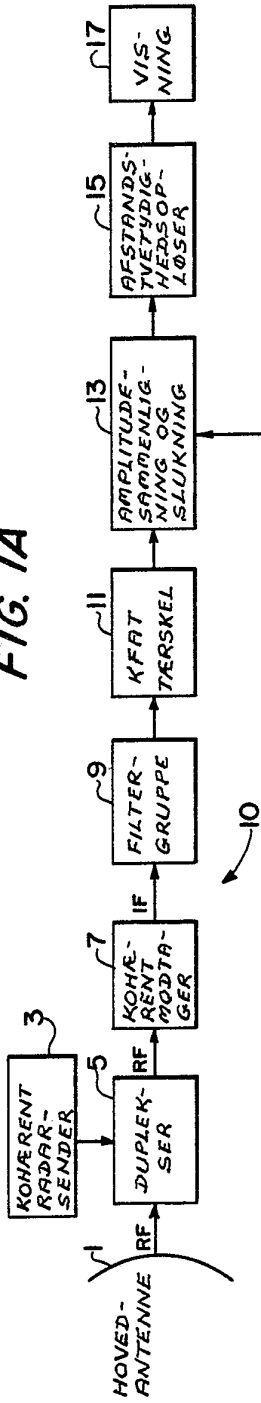


FIG. 1B

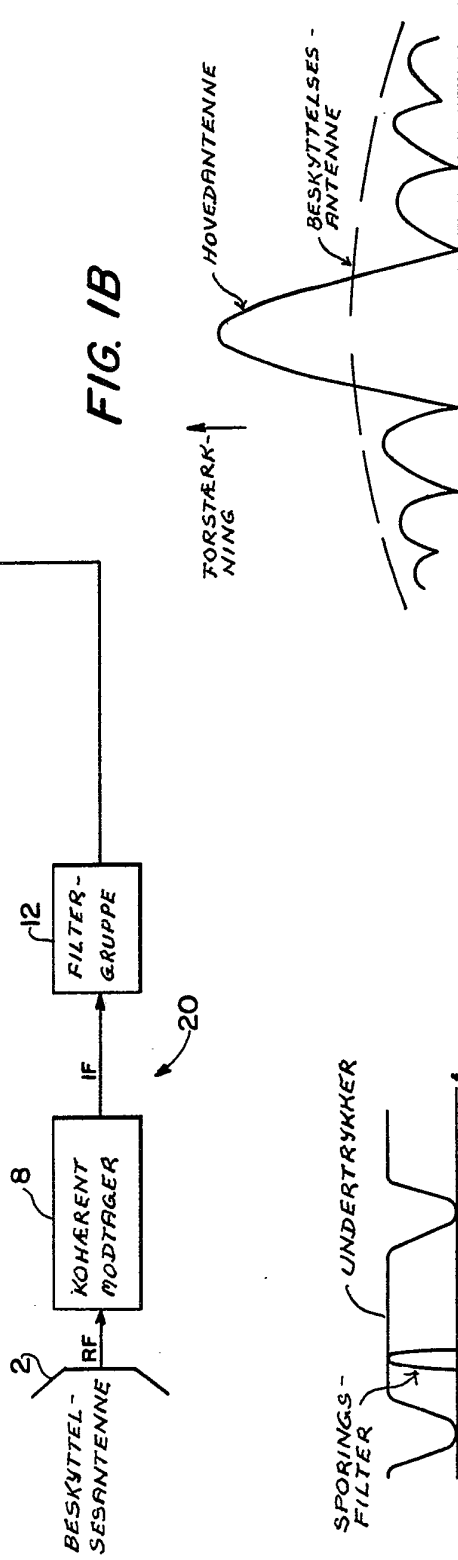


FIG. 5

Mål
Beskyttelses-
sesporte
FIG. 6

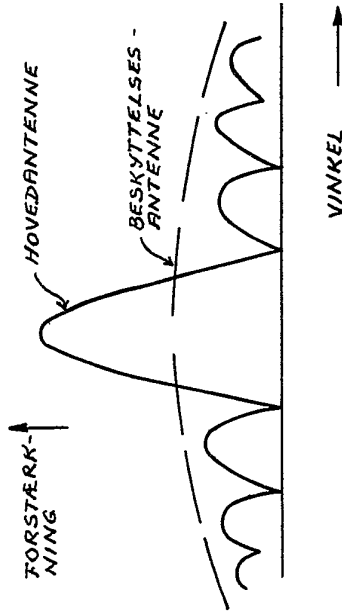
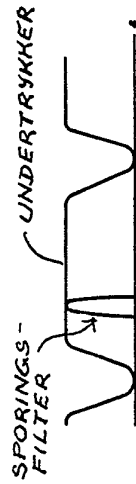
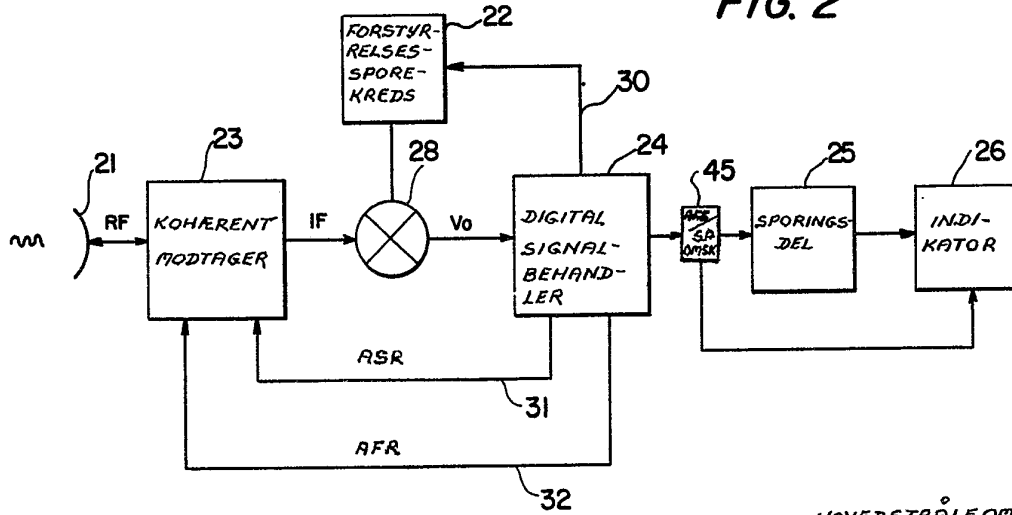


FIG. 2



OMRÅDE, HVORFRA DISKRETE SIDESLØTTE
EKKOER SKAL KOMME FOR ÅT OPTRÆDE I
HASTIGHEDSFILTERET 58 OG
AFSTANDSPORTENE 60

HOVEDSTRÅLEOMRÅDE,
HVORFRA EKKOER
FRÅ BEVEGELIGE JORD-
MÅL SKAL KOMME

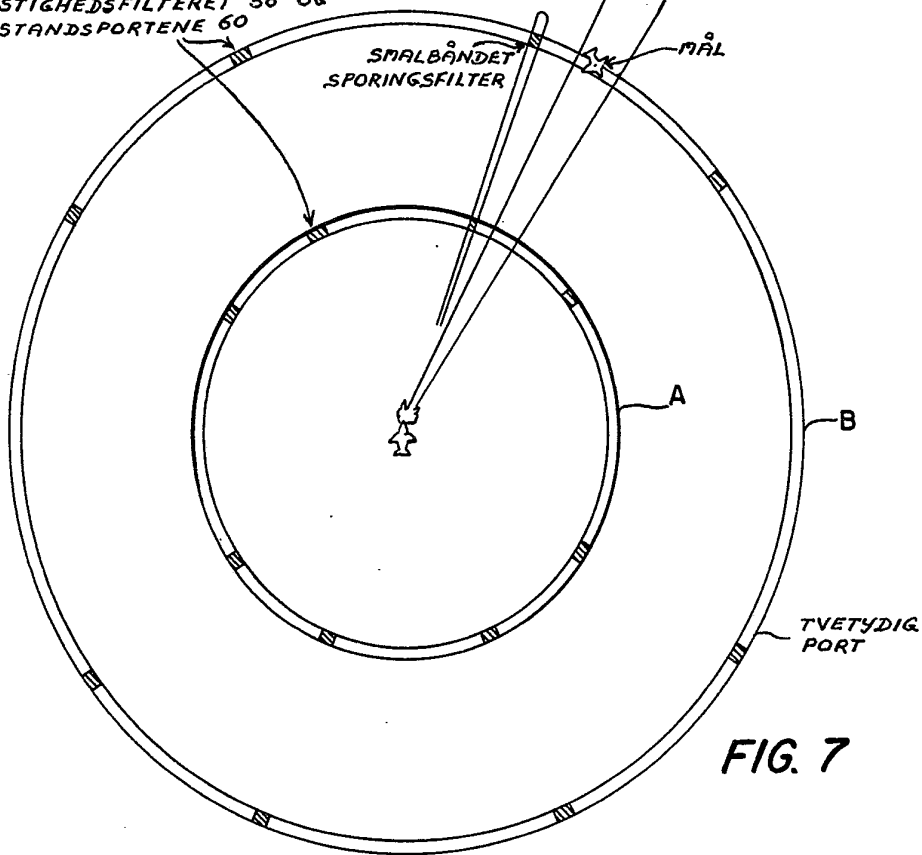


FIG. 7

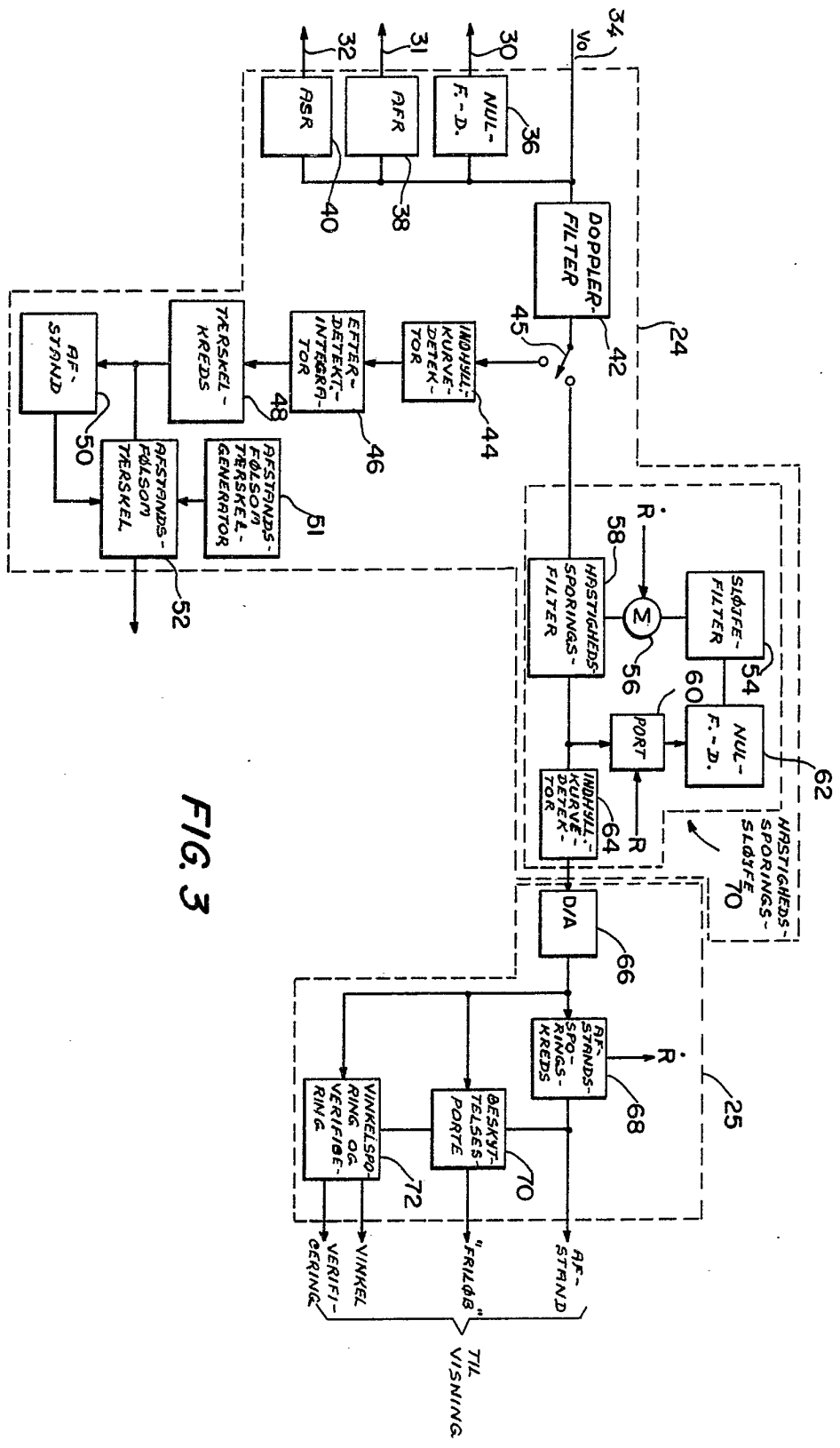


FIG. 3

FIG. 4

