



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 147535

(51) Int. Cl.³ G 01 S 13/60

(21) Patentsøknad nr. 783371

(22) Inngitt 05.10.78

(24) Løpedag 05.10.78

(41) Alment tilgjengelig fra 28.05.79
(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt. 17.01.83.
(30) Prioritet begjært 25.11.77, USA, 854570.

(54) Oppfinnelsens benevnelse Doppler-radar.

(71)(73) Søker/Patenthaver THE SINGER COMPANY,
1150 McBride Avenue,
Little Falls, NJ 07424,
USA.

(72) Oppfinner THEODORE HUBKA, Pleasantville, NY,
ROBERT WILLIAM SLATER, Bardonia, NY,
USA.

(74) Fullmektig Siv.ing. J. G. Standberg,
Onsagers Patentkontor, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner USA (US) patent nr. 3.866.224.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører en doppler-radar omfattende en sender, en mottager, en felles antenne forbundet med senderen og mottageren for sending og mottagning av radar-signaler, en kilde for rf-signaler med konstant frekvens, organer til å utnytte en del av rf-signalene til bruk som en lokal-oscillator med en IF-frekvens, samt organer i senderen som omformer frekvensen av rf-signalene til et forskyvnings-frekvenssignal med en frekvens som representerer summen av IF-frekvensen og frekvensen av rf-signalene under sendetiden og skifter tilbake til frekvensen av rf-signalene under mottagning.

En doppler-radar sender ut rf-energi av tilnærmet 25 dbm og behandler et returekko med en minimal signalstyrke på ca. -145 dbm i en båndbredde på 100 Hz. For å unngå at senderen bringer mottageren i metning, eller for å beskytte mottageren fra modulasjonsprodukter fra senderen på grunn av vibrasjoner osv. som kan bevirke uønskede doppler-retur-signaler og ubrukeliggjøre hastighetsutgangene, er det nødvendig med en isolasjon mellom sender og mottager på ca. 170 db. Der finnes doppler-radare som er i bruk nå, og ved hvilke man oppnår dette ved bruken av adskilte sender- og mottagerantenner. Dette er imidlertid beheftet med den ulempe at hver antenne bruker bare 50% av den tilgjengelige åpning, og derfor har dobbelt så stor strålebredde sammenlignet med en antenne som bruker 100% av åpningen. Fordi korttidsfeilen hos hastighetsutsignalet fra en doppler-radar har sammenheng med kvadratet av doppler-strålebredden, innebærer en adskilt sender/mottagerantenne åpenbart ulemper med hensyn til ytelse.

Nyere doppler-radare benytter modulasjonsteknikker for å tillate bruken av en eneste antenne for sending og mottagning. Frekvensmodulasjon av rf-referansen innebærer at der oppnås ca. 110 db isolasjon, men dette nødvendiggjør fremdeles etterfølgende elektronisk blandebehandling for fjerning av ytterligere 60 db sender/mottager-"lekkasje". Selv i praktiske pulskoherente fast-stoff-doppler-radarkonstruksjoner, hvor senderens og mottagerens funksjoner varieres i tid med en 50% fordeling, kan der observeres lekkasje/støy-verdier større enn 50 db.

147535

2

Fra US patentskrift 3.866.224 er der kjent et radar-system, omfattende en sender, en mottager, en felles antenne og en kilde for radarbørefrekvens. I det kjente radarsystem inngår også en ytterligere oscillator med en forholdsvis lav frekvens som påmoduleres radarens børefrekvens, og i et etterfølgende enkeltsidebåndsfiler blir ett av sidebåndene valgt for utsending. Videre er der fra nevnte patentskrift kjent organer som omformer frekvensen av bærebølgen til et forskyvningsfrekvenssignal med en frekvens som representerer summen av mellomfrekvensen og frekvensen av bærebølgen under sendetiden, og som opprettholder bærebølgefrekvensen under mottagning.

Den foreliggende oppfinnelse torde således utgjøre en videreutvikling av den teknikk som er kjent fra US patentskrift 3.866.224, idet der ifølge den foreliggende oppfinnelse tas sikte på å skaffe en mottager som i praksis er ufølsom overfor nær-refleksjoner fra radom-hulrommet og den ytre radom, samtidig som mottageren heller ikke har en elektronisk behandlingskrets for etterblanding til fjerning av restkopling mellom sender og mottager, og er ufølsom overfor harmoniske i pulsrepetisjonsfrekvensen som bevirker uønskede doppler-signaler og falske blokkeringer.

For å oppnå disse hensikter benyttes der en doppler-radar av den innledningsvis angitte art, som ifølge den foreliggende oppfinnelse er karakterisert ved at doppler-radaren ytterligere omfatter organer som reagerer på forskyvningsfrekvenssignalet for å faselåse forskyvningsfrekvenssignalet slik at utsendte signaler som reflekteres inn i mottageren, blir hovedsakelig eliminert.

I sendekretsen blir referansesignalet forskjøvet ved hjelp av en binær tellerkrets (SSBM) og tilført en kraftforsterker og faselåsekrets som faselåser referansesignalet for tilførsel til den felles antenne ved hjelp av en duplekser. SSBM-kretsen åpner for forskyvningsfrekvensen under sendetiden og stenger forskyvningsfrekvensen under mottagertiden.

I mottagerkretsen blir en del av rf-referansesignalet avgrenset og tilført mottagerblanderens. Til denne tilføres også

doppler-retursignaler når der foreligger portsignaler. På utgangen fra blanderen forekommer der signaler som er fri for uønskede reflekterte sendersignaler, og som blir viderebehandlet for å skaffe hastighetsdata.

Andre hensikter, trekk og fordeler ved den foreliggende oppfinnelse vil fremkomme fra den følgende beskrivelse tatt i forbindelse med den vedføyde tegning.

Fig. 1 er et blokk-diagram over en første utførelsesform for en doppler-radar hvis mottager omfatter organer til å eliminere uønskede reflekterte sendersignaler.

Fig. 2 er et blokk-diagram over en foretrukken utførelsesform for doppler-radaren ifølge oppfinnelsen og viser organer i senderen til å eliminere uønskede reflekterte sendersignaler.

Fig. 3 er et mer detaljert blokk-diagram over en modulator med et eneste sidebånd og faselåsekretsen på fig. 2.

På fig. 1 er der vist en første utførelsesform for oppfinnelsen. Ved denne utførelsesform blir en del av det signal som fremskaffes fra en rf-referansekilde 10, ved hjelp av en sammenkoblingskrets 11 tilført en SSBM 12, hvor frekvensen blir forskjøvet. Kretsene 11 og 12, samt en blander 13 utgjør kretsene for en lokal-oscillator og benyttes som en koherent oscillator, hvis signaler blandes med doppler-retursignalene som følger veien via en antenne 20, en mikrobølgebryter 19, en duplekser 18, en rf-mottagerforsterker 21, en rf-bryter 22, og til blanderen 13.

Den vei som referanse-rf-signalet følger gjennom senderkretsene, går fra rf-signalkilden 10, sammenkoblingskretsen 11, en rf-port-bryter 16, en rf-kraftforsterker 17, duplekseren 18, mikrobølgebryteren 19 og til antennen 20. Ved utførelsesformen vist på fig. 1 blir portsignaler tilført kretsene 16 og 17 for å slå på senderen. Portsignaler tilføres også kretsene 21 og 22 i mottageren for å slå av mottageren når senderen er på. Mikrobølgesignalkomponenten fra sammenkoblingskretsen 11 som benyttes for frekvensskifting av lokal-oscillator-kretsene for å skaffe IF-frekvensen, er en analogmodulator 12 med et enkelt sidebånd. Kretsen 12 er utført som en smalbandskrets for å undertrykke uønskede modulasjonsprodukter. Imidlertid

147535

4

forhindrer dette at kretsen 12 kan portkobles med høy hastighet. Kretsen 12 har også innføringstap større enn 10 db, hvilket medfører at den bare kan anbringes i lokal-oscillator-kretsene. Dessuten kan mottageren tolerere en IF på minimum 5 MHz for oppnåelse av rimelig speilbåndsundertrykkelse ("image rejection").

Ulempene med den ovennevnte teknikk er at produktene fra SSBM-intermodulasjonene i blanderen resulterer i lekk-støy som er større enn 60 db. I det tidsrom når mottageren er på, vil CW-signaler fra rf-generatoren bli sammenkoblet med mottageren via refleksjoner fra antennen, hvilket resulterer i et forhold mellom lekkasje og støy på 70 db. En eliminasjon av denne lekkasjekilde ville kreve ytterligere ref-brytere i senderkretsen. Disse lekkasje-til-støy signaler gjør det nødvendig med kretser anordnet etter blanderen for å fjerne denne komponent. For dette er det nødvendig med omtrent femti komponenter som er kostbare å fremstille. En tredje ulempe med det ovennevnte system er de ekstraordinære forholdsregler som er nødvendige for å forhindre harmoniske i pulsrepetisjonsfrekvensen (PRF) ved omtrent 350 KHz fra å resultere i uønskede signaler ved mellomfrekvensen på 5,0 MHz (minimum).

På fig. 2 er der vist en utførelsesform som er forbedret i forhold til utførelsesformen vist på fig. 1. Virkemåten går ut på å tilføre referanse-ref-signaler fra referanse-rf-kilden 30 til isolator- og sammenkoblingskretsen 31. Signaler fra rf-kilden 30 tjener som den koherente radiosignalreferanse for både mottager- og senderfunksjoner samtidig. Kretsen 31 isolerer mottageren fra rf-kilden 30 og sammenkobler rf-signalet til enkeltsidebåndmodulatoren (SSBM) 32 i sendergrenen. Kretsen 32 pulser og samtidig frekvensforskyver referanse-signalene bare under sendeperioden. Utsignalet fra SSBM 32 tilføres en rf-kraftforsterker 33 som forsterker og faselåser signalet. Isolatorer i kretsen 31 tjener til å avkoble refleksjoner fra SSBM 32, for derved ikke å forstyrre frekvensstabiliteten hos referanse-rf-kilden 30. Utsignalet fra rf-kraftforsterkeren 33 blir forbundet med en antenne 36 via en duplekser 34. Antennen 36 er felles antenne for både mottagning og sending. Hensikten med duplekseren 34 er å skille

mottageren fra senderen med minimum tap. Det mottatte signal fra antennen 36 forsterkes ved hjelp av en rf-mottager 40 og kobles via en rf-bryter 41 til blanderen 38. Funksjonen for rf-bryteren 41 er å tidsduplisere bærebølgegjennomlytelsen som forefinnes på grunn av unøyaktigheter ved duplekseren 34 og antennerrefleksjon. Det mottatte signal konverteres ned i blanderen 38 ved demodulasjon med referansesignalet som utledes fra rf-bryteren 37. Rf-bryteren 37 som er portkoblet i tidssekvens med rf-bryteren 41, tjener til å dempe lokal-oscillatoren inn i blanderen når senderen er på, for derved å forhindre eventuelle frekvensoversettelser av utsendte signaler som lekker inn i blanderen. Etter demodulasjon blir det mottatte signal forsterket i IF forsterkeren 39. Utsignalet fra forsterkeren 39 tilføres hastighetsbestemmelseskretsene 43.

Konfigurasjonen av oppfinnelsen innebærer at denne kan realiseres som en pulset koherent faststoffradar. F.eks. kan rf-kraft-forsterkeren og faselåseoscillatoren 33 være en pulset IMPATT eller "Transferred Electron Oscillator" eller forsterker. Duplekseren 34 kan være en tunnel-diode eller en felteffekt-transistorforsterker. Ingen av disse komponenter kan i seg selv gi tilstrekkelig isolasjon under deres "puls" av tilstander, hvilket innebærer ytterligere port-tilkoblinger i enkeltsidebåndmodulatoren og mottagerbryterne. Med disse brytere oppnår man i forbindelse med denne oppfinnelseskonfigurasjon den nødvendige portkobling med praktiske elementer. SSB modulator- og mottagerbryterfrekvensene settes passende til over IF-forsterkerpassbåndet (blokk 39).

Fig. 3 viser nøkkelementer i SSB-modulatoren 32 og rf-forsterkeren og den faselåste oscillator 33. For enkelthets skyld er forspenningskretsene i SSB-modulatoren og rf-forsterkeren utelatt. SSB-modulatoren 32 består av binære tellere 44, 46, 47, porter 48, 49, 51, forsterkere 52, 53, 54 og digitalfaseskiftere 56, 57 og 58. Faseskifterne benyttes til å skifte rf-fasen på en trinncellulær periodisk måte. Dette gir en god tilnærming til et frekvensskift når kommandoen puls "PÅ" opptrer. Forskyvningsfrekvensen forekommer ikke på utgangen under puls "AV" perioden (dvs. når mottageren er på). Etter frekvensforskyvningen blir rf-pulsforsterkeren 33 fase-

låst til dette signal. Amplitude-modulerte sidebånd som frem-skaffes ved den digitale faseskifter, blir eliminert.

Formålet med digitalenheten SSB 32 er å frekvensoversette rf-inngangen ved hjelp av mikrobølgekonfigurasjon-forskyvnings-frekvensen ω_{IF} . Prinsippet med virkemåten går ut på å svitsje de tre rf-faseskiftere 56, 57 og 58 med en hastighet svarende tilnærmet til et lineært fasekift. Grunnen til at et lineært faseskift resulterer i en frekvensoversettelse kan vises som følger:

Dersom innsignalet til frekvensoversetteren er $\cos \omega_c t$, og oversetteren endrer fasen for inngangssignalet med en konstant hastighet eller $\omega_{IF} \cdot t$, hvor ω_{IF} er en konstant og t er tiden, så vil utsignalet være $\cos (\omega_c \cdot t + \phi)$ eller $\cos (\omega_c \cdot t + \omega_{IF} \cdot t) = \cos (\omega + \omega_{IF}) \cdot t$. Således har oversetteren frekvensskiftet innsignalet med størrelsen ω_{IF} .

Den digitale enhet SSB benytter tre rf-faseskiftere som kan svitsjes hver for seg til tilstandene 0° eller 45° , 0° eller 90° , 0° eller 180° . Prinsippet bak virkemåten er progressivt å øke rf-fasen i trinn på 45° med en hastighet som resulterer i et faseskift på 360° i løpet av tidsintervallet $1/f_{IF}$. Fordi denne fremgangsmåte bare er en tilnærming til et lineært faseskift, fremskaffes der harmoniske. Ved denne konfigurasjon av tre rf-faseskiftere, er den mest signifikante harmoniske åtte ganger frekvensen f_{IF} . Ved valg av puls-repetisjonen eller portkoblingsfrekvensen (PRF) mindre enn de harmoniske frekvenser ($8 \cdot f_{IF}$) vil imidlertid de doppler-retursignaler som er tilknyttet disse harmoniske frekvenser, etter demodulasjon, alltid ligge utenfor mottagerpassbåndet og ikke ha noen skadelige virkninger på virkemåten for systemet.

Utsignalet fra den digitale enhet SSB utgjør innsignalet til rf-kraftforsterkeren 33. En sirkulator 59 brukes til å føre rf-inn-signalet til en faselåst rf-oscillator 60. Denne oscillator faselåses til rf-innsignalet, og utsignalet blir derfor en forsterket repetisjon av innsignalet. Dette utsignal føres deretter tilbake til sirkulatoren som fører signalet til rf-utporten.

Det skal noteres at både SSB 32 og rf-forsterkeren 33 portkobles med pulsrepetisjonsfrekvensen (PRF). Under "PA"-

tilstanden blir den ovenfor beskrevne fremgangsmåte utført, og utsignalet fra rf-forsterken er en forsterket frekvensoversatt versjon av innsignalet til SSB. Under "AV"-tilstanden settes SSB og rf-forsterkeren i en høy isolasjonstilstand, og rf-faseskiftingen i SSB stoppes. Således vil eventuell lekkasje av rf-innsignalet gjennom disse to komponenter ikke bli frekvensoversatt og vil demodulere til null frekvens. Fordi doppler-mottagerpassbåndet befinner seg ved den mellomliggende frekvens f_{IF} , ligger dette demodulerte signal utenfor mottagerpassbåndet.

P a t e n t k r a v :

1. Doppler-radar omfattende en sender, en mottager, en felles antenne forbundet med senderen og mottageren for sending og mottagning av radarsignaler, en kilde for rf-signaler med konstant frekvens, organer til å utnytte en del av rf-signalene til bruk som en lokal-oscillator med en IF-frekvens, samt organer i senderen som omformer frekvensen av rf-signalene til et forskyvningsfrekvenssignal med en frekvens som representerer summen av IF-frekvensen og frekvensen av rf-signalene under sendetiden og skifter tilbake til frekvensen av rf-signalene under mottagning, k a r a k t e r i s e r t v e d at doppler-radaren ytterligere omfatter organer som reagerer på forskyvningsfrekvenssignalet for å faselåse forskyvningsfrekvenssignalet slik at utsendte signaler som reflekteres inn i mottageren, blir hovedsakelig eliminert.
2. Radar som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter en enkeltsidebåndmodulator plassert i senderen og omfattende en digital binær-teller for skifting av referansefrekvensen, slik at sidebåndene av modulatorlekkesignalene ikke demoduleres inn i mottagerens blander og lekkasjesignalene ligger utenfor den sentrerte passbånd-doppler-frekvens.

3. Radar som angitt i krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter en pulsforsterker som innbefatter en faselåsende oscillator for faselåsing av utsignalet fra modulatorens, idet pulsforsterkeren eliminerer modulerte sidebånd fremskaffet ved modulatorens.

4. Radar som angitt i et av kravene 1-3, k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter en første rf-bryter som tjener til tilførsel av det avledete referanse-rf-signal til mottagerens blander, en annen rf-bryter som tjener til å overføre de mottatte signaler til blanderen, idet de mottatte signaler er nedomformet i blanderen ved demodulasjon med referansesignalet, organer forbundet med den første og annen rf-bryter for portkobling av bryterne for avledning av signalet inn i blanderen, slik at eventuelle frekvensoversettelser av det utsendte signalet forhindres fra å lekke inn i blanderen, samt i mottageren anordnede organer til å forsterke utsignalet fra blanderen for overføring til hastighetsbestemmelses-kretser.

FIG. 1

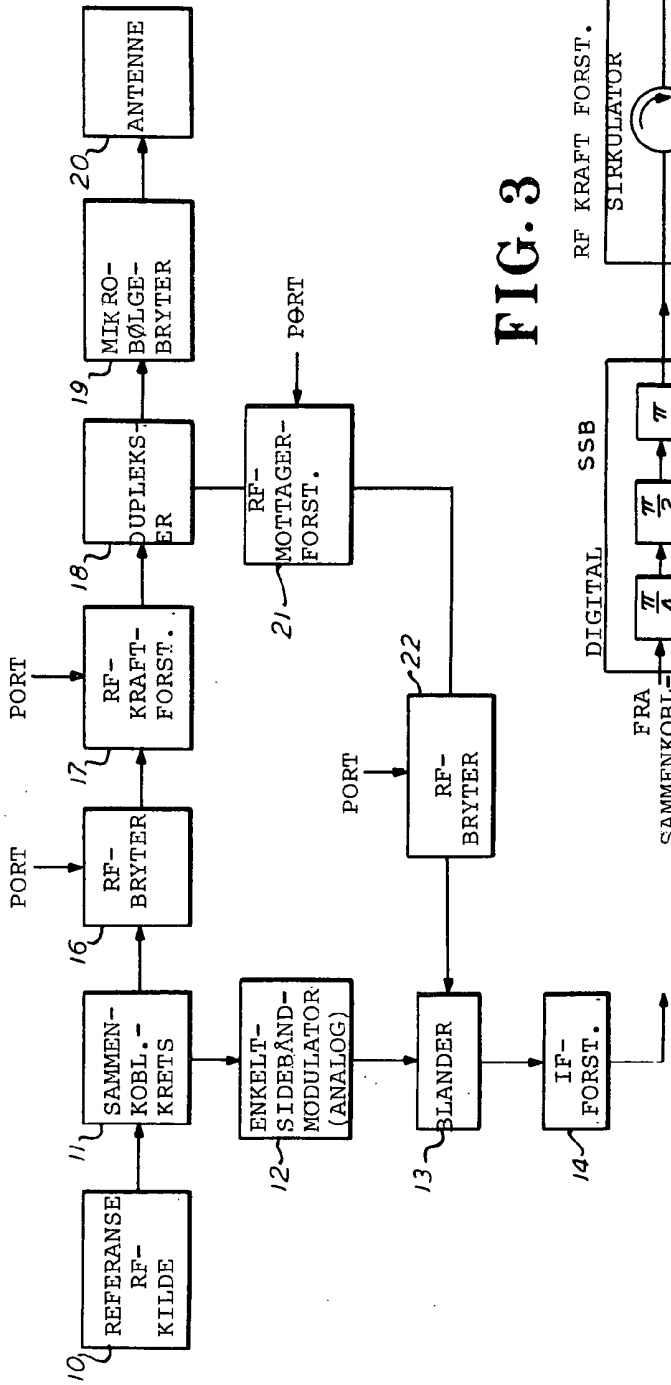


FIG. 3

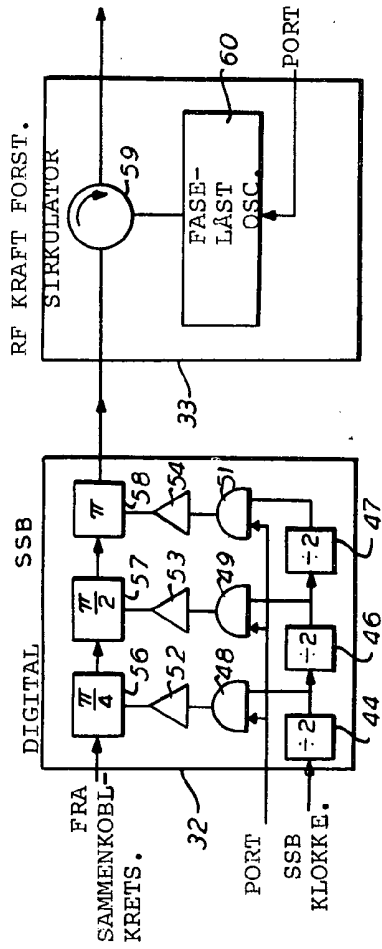


FIG. 2

