



NORGE

(12) **UTLEGNINGSSKRIFT**

(19) **NO**

(11) **177619**

(13) **B**

(51) **Int Cl⁶ G 01 S 13/30, 13/24, 13/87, 7/282**

Styret for det industrielle rettsvern

(21) Søknadsnr	924707	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	07.12.92	(85) Videreføringsdag	
(24) Løpedag	07.12.92	(30) Prioritet	Ingen
(41) Alm. tilgj.	08.06.94		
(44) Utlegningsdato	10.07.95		

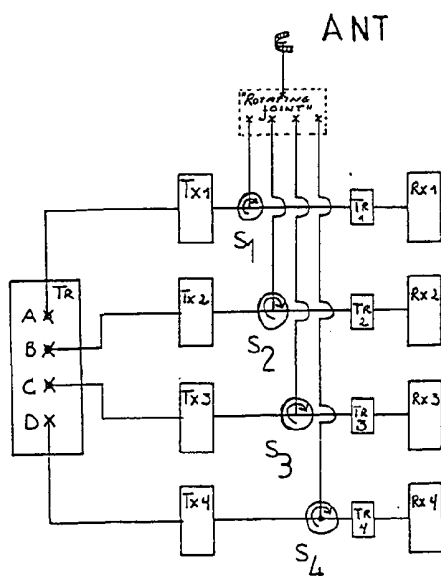
(71) Patentsøker	Per-Arne Isaksen, Stokkedalslia 109, 5062 Bønes, NO
(72) Oppfinner	Søkeren
(74) Fullmektig	AS Bergen Patentkontor, Bergen

(54) **Benevnelse Radarsystem**

(56) **Anførte publikasjoner EP A1 292912, US 2817832, US 4197540
M. Skolnik, Radar Handbook, 1970, McGraw-Hill Inc.,
US, kap. 7.9, p 7-61 til 7-64**

(57) **Sammendrag**

Det omtales et radarsystem som innbefatter to eller flere sendere (Tx1-Tx4) som er innrettet til i rekkefølge å utsende et antall radarsignaler hvert med ulik karakteristikk fra en felles antenne (ANT), samt at systemet innbefatter mottakere (Rx1-Rx4), en for hver sender, til å behandle og fremvise de reflekterte radarsignaler.



Den foreliggende oppfinnelse vedrører et radarsystem omfattende en senderenhet og en mottakerenhet for radarsignaler, en triggerenhet for styring av radarsignalene fra senderenheten, en antenneenhet for avsendelse av radarsignalene fra senderenheten samt for mottakelse av de reflekterte videosignaler.

Dagens navigasjonsradar har ikke forandret seg vesentlig på mange år. Tar en i betraktning av at det er i dårlig vær at kvaliteten på radarbildet får størst betydning, kan det være fristende å hevde at de fleste radarsett er relativt sett dårligere enn det de var tidligere.

Noe av bakgrunnen for dette er at ved spesifisering av en radar for et gitt formål må en regne med å kompromisere, dvs. at ved anordning av radaren kan det frembringes enkeltinformasjon med ønsket nøyaktighet, dersom man er villig til å gi avkall på annen informasjon, og til å akseptere høyere vekt, plassbehov og kostnader.

Det er en kjensgjerning at båttrafikken har økt betydelig i den seinere tid. Videre har hastigheten til enkelte typer fartøyer, og særlig passasjerfartøyer såsom katamaraner og lystfartøyer o.l. økt sterkt, idet mange av disse kan oppnå en hastighet på opptil 60 knop. Settes dette i sammenheng med de senere års store økning i antallet lystbåter er det følgelig behov for en tilsvarende videreutvikling og forbedring av radarsettene.

Over de siste ti-år har det skjedd flere ulykker og

nestenulykker som delvis kan tilbakeskrives til for dårlige radarsystemer ombord. Enda mer alvorlig blir det når det er velkjent at værforholdene til tider kan gjøre ulike typer radarsett nærmest ubrukelige, slik at de derved i seg selv kan representere en sikkerhetsrisiko.

Summerer vi alle de forhold som har innvirkning på radaren og den nevnte økningen av fart og antall fartøy, er det tydelig nødvendig å sette et langt strengere krav til radarens hovedfunksjon, nemlig det å kunne se det som har betydning for sikker navigasjon, og særlig under dårlige værforhold såsom i regnvær, tåke, grov sjø, osv.

Det er følgelig et stort behov for å videreutvikle de tekniske løsninger ved en radar.

RADARBILDETS KVALITET.

Det er en rekke parametre som på et teknisk grunnlag styrer og bestemmer et radarbildes kvalitet. Disse parametre omfatter sendereffekt, pulslengde, pulsrepetisjonsfrekvens (PRF), mottakerens følsomhet og dynamikk, signalbehandlingen i mottakeren, signalbehandlingen i displayet, antennetype samt dennes størrelse og rotasjonshastighet.

Når det gjelder den tidligere kjente teknikk, og de problemer som hefter ved dagens radar, skal det dessuten vises til en artikkel av Bjørn Hansen i publikasjonen "Norsk Nautisk Almanakk for 1993", sider 552-561, med tittelen "90-årenes navigasjonsradar".

Av tidligere kjent teknikk skal en også vise til US-patentskrift 4.197.540 som beskriver en CW-radar (continous wave). Som navnet tilsier, så sender denne radar kontinuerlig. Radarens senderenhet består av 3 sendere/mottakere 11,12,13/33,34,35 som styres av en trigger. Mellom senderne og antennen behandles signalene fortløpende i en felles summerenhet, en forsterker, en frekvensseparator og enda en summerenhet. Det er imidlertid ikke mulig for senderne å operere individuelt dersom bare en av disse felleseenhetene svikter. En studie av hva dette radarsett kan prestere, viser at en av mottakerne alltid vil

være avstengt i den totale sekvensperiode. For tilfellet med tre mottakere, er hver mottaker avslått i 1/3 av hver sekvensperiode. Dersom alle mottakere skal være avslått når det sendes signaler slik tilfellet er med radaren ifølge foreliggende oppfinnelse, ville det følgelig ikke kunne mottas signaler i det hele tatt fordi mottakerne da alltid ville være avslått.

Radarsystemer med tilsvarende innbyrdes avhengighet mellom de enkelte sender/mottakerenheter, er kjent fra US-patentskrift 2.817.832 og EP-patentsøknad 292.912.

Formålet med oppfinnelsen er å frembringe en ny og vesentlig forbedret radar.

Anordningen ved radarsystemet ifølge den foreliggende oppfinnelse er kjennetegnet ved at radarsystemets sender- og mottakerenhet omfatter to eller flere adskilte sendere og mottakere, at senderne og mottakerne trigges av en felles trigger, at den felles trigger er innrettet til å trigge hver enkelt sender innbyrdes i serie, over en sekvensperiode slik at senderne avgir signaler med innbyrdes forskjellig frekvens/karakteristikk, at senderne og mottakerne er forbundet til en felles antenne, og at den enkelte mottaker er avstemt til hver sin spesifikke sender for å kunne presentere videosalers frekvenser/karakteristikker i tilnærmet hele sekvensperioden.

Ytterligere foretrukne utførelser av radarsystemet ifølge oppfinnelsen vil fremgå av de etterfølgende uselvstendige patentkrav 2-10.

Ved denne oppkobling av to eller flere enkeltstående radarsett hvor en benytter felles antenne har en oppnådd følgende under forutsetning av at triggerdelen sirkulerer avfiringen av det enkelte magnetron:

Sendereffekten kan beholdes samtidig som at pulsrepetisjonsfrekvensen (PRF) kan økes. Hver enkelt sender sender med forskjellig frekvens. Frekvensavstanden til den enkelte sender må tilsvare minimum båndbredden til den enkelte mottager (i praksis pluss fem MHz for å holde god kanalseparasjon). Videre har flergangsekko alltid vært en

"fiende" for alle typer radarsett. Med denne løsning av frekvensspredningen for senderne kan en indirekte benytte flergangsekkene. Dette betyr at selv om en benytter ekstremt høy PRF, vil en kunne presentere et radarbilde som "ser" lengre enn hva PRF'en alene skulle tilsi.

Pulslengden velges i sammenheng med valg av PRF og antennens rotasjonshastighet. Dersom en sender med ekstrem høy PRF er det også hensiktsmessig å kunne minke pulslengden relativt tilsvarende.

En kan ikke uten videre modifisere dagens modulatorer til å levere pulser til magnetron som har en varighet under 50 ns. Løsningen på dette er å innføre elektroniske "brytere", som eksempelvis kan omfatte trioder, tetroder eller thyristorer, for å switche hver magnetron inn og ut av sin tilknytning til pulstrafoen.

For å forklare oppfinnelsen mere i detalj, skal det nå henvises til de medfølgende figurer, hvori:

Fig. 1 viser skjematisk oppsettet av sender- og mottakerdelen i radarsystemet ifølge oppfinnelsen.

Fig. 2 viser skjematisk modifiseringen av senderdelen i radarsystemet ifølge oppfinnelsen.

Fig. 3 viser skjematisk pulsavgivelsen fra de fire sendere.

Innledningsvis skal et utførelseseksempel av oppfinnelsen forklares under henvisning til figur 1 som viser oppsettet av sender- og mottakerdelen i radarsystemet.

Fire sendere TX1-TX4 er koplet parallelt for avgivelse av hver sine signal til antennen ANT via sirkulatorer $S_1-S_2-S_3-S_4$ og via en roterende kobling (rotation joint). Foran hver sender er det anordnet en trigger A,B,C,D. (Trigger utløser den enkelte modulator i sirkulær sekvens slik det framgår av figur 3.) Det reflekterte signal mottas av antennen ANT og ledes til antennesystemets mottaker RX1-RX4 via sirkulatorene S_1-S_4 og en transceiver/receiver-bryter TR1-TR4. Hver sirkulator S_1-S_4 sørger for at senderpulsen ledes korrekt til antennen ANT, samt at det mottatte signal ledes korrekt til mottakeren

RX1-RX4. Hver av transceiver/ receiver-bryterne TR1-TR4 sørger for at det utsendte signal fra TX1-TX4 ikke "leker" inn i mottakerdelen RX1-RX4.

5 Det skal nå henvises til fig. 2 som illustrere modifiseringen av senderdelen i radarsystemet ifølge oppfinnelsen.

Oppkoplingen på figur 2 representerer hver av senderdelene TX1-TX4 på figur 1. Inngangen representerer en pulstrafo T1, mens utgangen omfatter et sendermagnetron V3. Mellom pulstrafoens T1 punkt 4 og katodeinngangen på magnetronet V3 er det koplet en diode D1 i serie med relé RL1. Diodens D1 katode er koplet til pulstrafoen T1. I parallell med releet RL1 er det innkoplet en styrbar diode V2 som kan omfatte en triode, en tetrode eller en thyristor. Denne styrbare diode V2 har sin anode vendt mot magnetronet V3 mens katoden vender mot diodens D1 anode. En ytterligere styrbar diode V1 er innkoplet mellom V2-diodens katode og pkt. 3 på pulstrafoen T1, dvs. på jordsiden av magnetronet (katode). V1 og V2-katodene er sammenkoplet. I V1's anode er det innkoplet et relé RL2.

Ideen bak styringen av de to diodene V1,V2 er at den avgitte puls fra pulstrafoen T1 skal ledes enten gjennom V2 til magnetronens V3 katode, eller avledes via V1 til jord. Denne styringen skjer ved hjelp av den separate styrekrets som er vist nederst på figur 2. På figuren omfatter DY en delay krets. U1, U2, U3 og U4 er NAND gates.

MD1 består av en multivib. og en variabel delay gate, time set 5-40 ns. Styrekretsen er oppkoplet som følger: Utgangen fra delay-kretsen DY forgrenes og føres til inngang på NAND-gate U1 henholdsvis inngang MD1 (multivib/ variabel forsinkelsesport). Utgang MD1 er ført videre til inngang NAND-gate U2. NAND-gate U1 og U2 er ført videre til hver sin separate inngang på NAND-gate U3. Utgangen fra U3 er forgrenet til koplingspunktet A1 henholdsvis inngang NAND-gate U4. Utgang fra U4 er ført

til koplingspunktet B1. Koplingspunktene A1 og B1 er innkoplet mellom gitrene i diodene V1 og V2 via koplingspunktene A og B slik det fremgår av fig 2.

5 På figur 3 vises det skjematisk hvordan pulsavgivelsen fra de fire sendere er tilpasset til hverandre tidsmessig. Av figuren vil det framgå at signalene avgis fra hver sender slik at avgitte og reflekterte signaler ikke interfererer med hverandre.

10 Reguleringen av utsending av signalpulsene til magnetronet V3 skjer da som følger:

I hvilestilling.

Utgang DY og MD1 er logisk 1.

Utgang U1 og U2 er logisk 0.

15 Utgang U3 er logisk 1.

Utgang U4 er logisk 0.

Det vil si at A1 holder A positiv og V1 i metning, mens V2 er cut off.

20 Forklaring

Positiv trigger inn til DY for DY's utgang negativ etter 5-10ns. MD1 har indre delay 0-40 ns og holder MD1 utgang i delay-tiden logisk 1.

25 Situasjon 1.

Etter at DY's utgang har blitt negativ går U1 utgang positiv og får A1 negativ og B1 positiv. V1 går cut off og V2 i metning.

30 Situasjon 2.

Etter at situasjon 1 er fullført vil MD1 delay-time gjøre utgang U2 positiv. Resultatet er at A1 går positiv og B1 går negativ. Dette betyr at V1 går i metning og V2 cut off. MD1 vil ikke snu sin logiske tilstand før etter 500 ns. DY resettes når trigger har gått negativ.

35

Brytersystemet som er skissert øverst på figur 2 vil
følgelig virke som følger, styrt av kretsen nederst på
figuren. Den positivt gående pulsen inn til pulstrafoen
bygger opp pkt. 4 negativt. Vi sørger for at i det tidsrom
5 det tar å bygge opp den negative spenningen i pkt. 4 holdes
pkt. 3 sluttet til pkt. 4. Tetroden V2 er i samme
tidsrom i cut off og holder magnetron utestengt fra kretsen.
I det øyeblikk pulstrafoen pkt. 4 har oppnådd sin
maksimale negative spenning switches V1 til cut off og V2
10 går samtidig i metning. Den negativt gående pulsen som nå
blir ledet inn til magnetron har svært steil flanke
(Steilhet målt til mindre enn 5 ns.). For at pulsen som nå
ledes inn til magnetron skal ha kortest mulig varighet,
dvs. regulerbar fra 30 til 10ns. må tetrodene bringes
15 tilbake til sin normale stilling igjen innen nevnte tid.
Dette for at senderpulsene skal avslutte med steilest mulig
flanke. (Eksempel for tetrodevalg for sendereffekter opp
til 35KW nominal effekt 4CW25,000A. Men siden nominaleffekten
er vesentlig mindre kan andre og langt billigere
20 rør/thyristor anvendes. Vanligvis dreier det seg om effekter
på 45-100W nominaleffekt i en relativt meget kraftig
navigasjonssender).

Det er mulig å minke pulslengden med mindre tid enn
nevnt ovenfor. Ved å bruke samme oppkobling av trioder,
25 tetroder eller thyristorer som vist i fig. 2 med den forskjell
at "switcherne" byttes ut med Primed-TR-Celler.
Selve switchingen må da gjøres inne i selve Wave-guiden.
Switchingen skjer da mellom antennen og en dummy-load.
Denne løsningen vil kunne gi pulslengder med en varighet
30 ned mot 4-5 ns. Den oppnådde gevinst oppveies imidlertid
av at den blir svært kostbar siden en slik kobling krever
fordyrende løsninger av Wave-guidens konstruksjoner og
sammensetning.

Avstanden i frekvens mellom det enkelte magnetron V3
35 må være minimum tilsvarende båndbredden til den enkelte
mottaker. I praksis bør de ligge i en frekvensavstand fra
hverandre tilsvarende summen av båndbredden pluss 5 MHz.

Det vil si at TX1 og RX1 er avstemt til hverandre. TX2 og RX2 er avstemt til hverandre, men TX1, TX2 og TX3 sender med forskjellige frekvenser.

5 På et rent teknisk grunnlag er parabolantennen en bedre antenne enn slottet-wave-guide. På en annen side ville det aller beste alternativet være en hel-parabolsk antenne. En hel-parabolsk antenne sender og mottar kun i et begrenset område vertikalt og horisontalt (pencil-beam). Fordelen er stor med hensyn til at en samler til-
10 nærmelsesvis all effekt i en tynn sirkulær stråle. Det fører til at relativt lavt skydekke med relativt høyt nedbørsinnhold ikke vil virke inn på radaren. Den andre fordel er at en kan utnytte alle fordeler med hensyn til polarisasjonsteknologi som et middel for clutter funksjon
15 og til en viss grad som et middel mot interference/ jamming. På en annen side vil en slik antenne bli meget kostbar da den må gyrostabiliseres i alle plan. Denne løsningen har derimot en bedre relevans for militært bruk.

20 Mottakerne.

Mottakerne kobles på slik det som regnes som vanlig kjent. Det kan være formålstjenlig at hver mottager føder hver sin enkeltstående radarextraktor (ARPA). Samtidig og viktigst er det imidlertid at mottakerne kan kobles til en
25 felles ekstraktor. Dette for å ivareta den mulighet som ligger i den økte informasjonsmengde som nevnte konstruksjon gir.

Da det ifølge oppfinnelsen anvendes store sender-effekter bør en starte med signalbehandlingen så tidlig i
30 mottakerdelen som mulig. Det betyr at signalbehandlingen bør starte i eller rett etter TR-cellen. Dette for å unngå å kjøre mottager i metning av ekko som kommer ifra relativt nærliggende gjenstander. På grunn av at senderpulsene har en ekstrem steilhet i forkant av selve senderpulsene
35 bør TR-cellene være primed. Dette fordi switchingen i en TR-celle opererer i dette tilfelle for langsomt. (se karakteristikk for en TR-celle).

Angående radar ekstraktor (rex/arpa).

Med den skisserte løsning vil informasjonsmengden øke betydelig. Derfor kan det være hensiktsmessig og fordelaktig å modifisere dagens ARPA. Dette gjelder såvel komponentvalget som minnedelen (DPM) i ARPA. Dagens ARPA baseres hovedsakelig på 8088/87 prosessorer. Teknologien for nevnte nødvendige modifikasjon anses kjent og trenger derfor ikke noen nærmere omtale.

10 Radardisplay.

Når flergangsekko skal presenteres på displayet vil et eller flere sirkulære felt bli uten informasjon. Bredden på feltet vil derimot ikke bli større enn senderpulsens varighet. I praksis noe mer, men fortsatt i ubetydelige størrelser. I praksis vil det si at en får en sirkel uten informasjon som utgjør minimum 1 ms. Årsaken ligger i TR-cellens relativt slakke flanke etter at keep alive spenningen og/eller at senderpulsen har opphørt. Dette "blinde" feltet kan til viss grad unngås ved at en wobbler PRF'en mellom den enkelte sender. Offsetringen kan gjennomføres og utnyttes på en helt annen måte enn tidligere. Som tidligere nevnt vil radarbildet ha en mangedoblet informasjonstetthet. Summen av dette muliggjør en offsetring ut til for eksempel 6NM, samtidig med at målestokken på radarskjermen er satt til for eksempel 0.25 NM. Dersom en benytter to adskilte displayer er mulighetene og anvendbarheten mange. Eksempelvis kan en "zoome" inn et område en spesielt må eller vil være oppmerksom på, samtidig med at en har informasjon om hva som måtte være av interesse rundt eget fartøy.

30 For eksempel kan en la radarekstraktoren (Arpa) fødes med informasjon kun for det området som en har "zoomet" inn. Lar en ekstraktoren arbeide i auto vil den kunne varsle automatisk om eventuelle bevegelser i "zoomet" område.

35

Sammenfatning.

Ved, som ifølge oppfinnelsen, å koble to eller flere sendere og mottagere opp til en felles antenne og hvor senderne sender med forskjellige frekvenser kan følgende oppnås:

A: Ingen nødvendig reduksjon av sendereffekt.

B: Ekstrem høy PRF (for eksempel: 8000-16000 pulser pr. sekund).

C: Ingen reduksjon av teoretisk rekkevidde.

D: Utnyttes pkt. B kan det være formålstjenlig å redusere pulslengden (ned til, og mindre eller lik 12,5 ns.) Denne minkingen av pulslengden har positive konsekvenser for senderens gjennomsnittlige effektlevering.

Som en konsekvens av høy PRF bør antennerotasjonen kunne varieres fra 30 til 60 rpm. I praksis har det vist seg at antennerotasjon på 45-55 rpm har store positive konsekvenser for bildepresentasjonen og arbeidsmiljøet for ARPA display.

Selve konstruksjonen vil totalt sett kunne gi muligheten for en firedobling av informasjonsmengden til display (avhengig av hvor mange enheter som kobles til hverandre). TRX-ene kan opereres adskilte slik at krav og ønske om to eller flere radarsett oppfylles.

Det skal forstås at man ikke skal være bundet til anordning av fire sendere slik det foreliggende eksempel viser ifølge figur 1. Dvs. at uttrykket "to eller flere" slik det er anvendt her betyr at det kan anordnes 2, 3 eller et hvilket som helst høyere antall sendere i radar-systemet alt etter hva som vil være praktisk hensiktsmessig.

P A T E N T K R A V .

1. Radarsystem omfattende en senderenhet og en mottakerenhet for radarsignaler, en triggerenhet for styring
5 av radarsignalene fra senderenheten, en antenneenhet for avsendelse av radarsignalene fra senderenheten samt for mottakelse av de reflekterte videosignaler,
k a r a k t e r i s e r t v e d

10 at radarsystemets sender- og mottakerenhet omfatter to eller flere adskilte sendere og mottakere,

at senderne og mottakerne trigges av en felles trigger,

15 at den felles trigger er innrettet til å trigge hver enkelt sender innbyrdes i serie, over en sekvensperiode slik at senderne avgir signaler med innbyrdes forskjellig frekvens/karakteristikk,

at senderne og mottakerne er forbundet til en felles antenne, og

20 at den enkelte mottaker er avstemt til hver sin spesifikke sender for å kunne presentere videosignalers frekvenser/karakteristikker i tilnærmet hele sekvensperioden.

2. Radarsystem i samsvar med krav 1, k a r a k -
25 t e r i s e r t v e d at hver sender og den tilhørende mottaker danner et selvstendige radarsett satt i et system hvor radarsettet, uten å være avhengige av de andre senderne og mottakerne, produserer radarsignaler og mottar videosignaler.

3. Radarsystem i samsvar med krav 1 og 2, k a r a k -
30 t e r i s e r t v e d at mottakerne er åpne for mottak av videosignaler i hele sekvensperioden med unntak av i de tidsrom hvor senderne sender.

4. Radarsystem i samsvar med et av de foregående krav, karakterisert ved at senderne omfatter hvert sitt magnetron som sender med ulike frekvenser.

5 5. Radarsystem i samsvar med krav 4, karakterisert ved at avstanden i frekvens mellom signalene fra hvert enkelte magnetron tilsvarer minst båndbredden til den enkelte mottaker, og avstanden tilsvarer fortrinnsvis summen av båndbredden pluss 5 MHz.

10

6. Radarsystem i samsvar med et av de foregående krav, karakterisert ved at hver mottaker omfatter en radarekstraktor (ARPA), og/eller at det er anordnet en felles ekstraktor.

15

7. Radarsystem i samsvar med krav 1, karakterisert ved at signalene fra senderne wobbles.

20

8. Radarsystem i samsvar med krav 1, karakterisert ved at triggeren utløser sendernes modulatorer i syklisk sekvens (fig. 3).

25

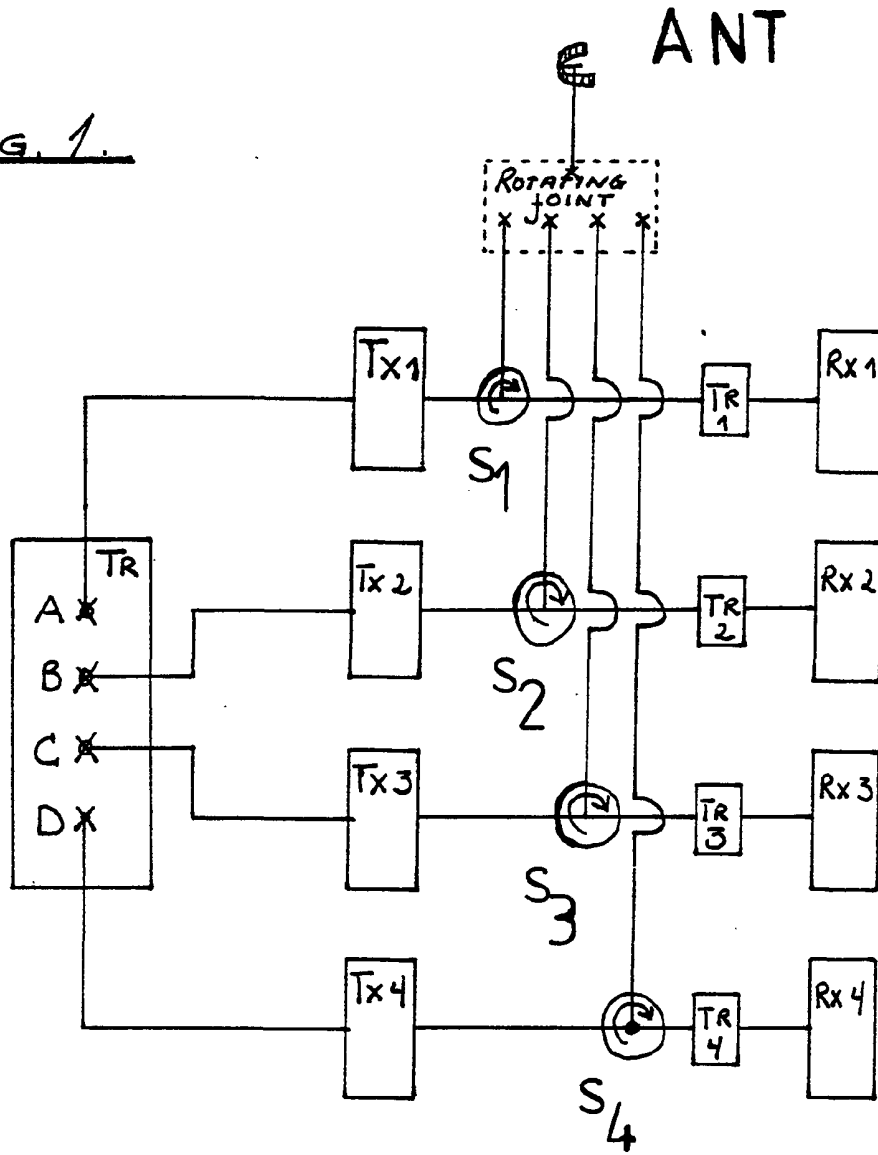
9. Radarsystem i samsvar med et av de foregående krav, karakterisert ved at hver sender er forbundet med fellesantennen via en respektiv sirkulator, mens hver mottaker er forbundet med fellesantennen via den respektive sirkulator samt en transceiver/receiver-bryter-enhet, og hver sirkulator er forbundet med antennen via en roterende kobling (rotating joint).

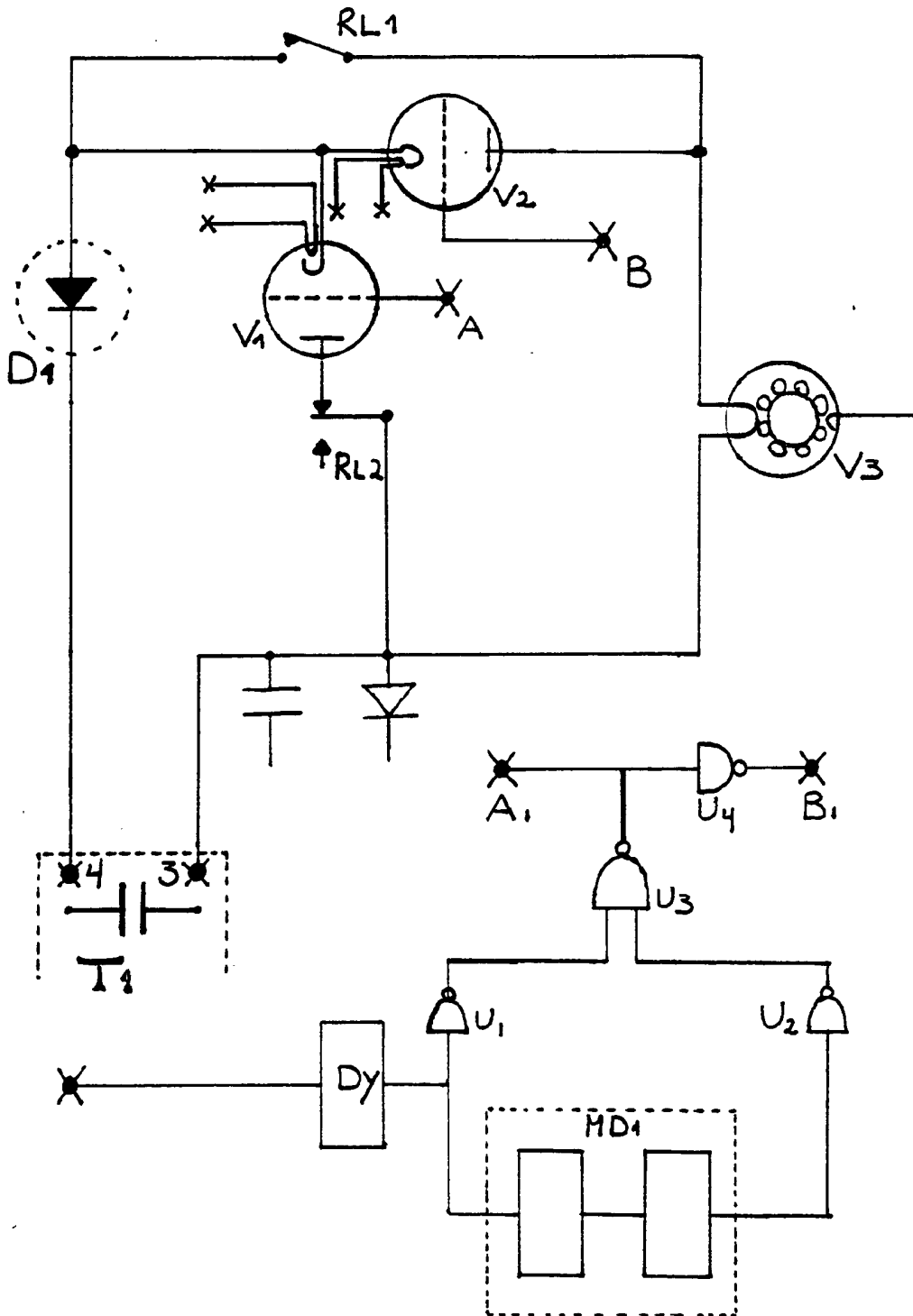
30

10. Radarsystem i samsvar med et av de foregående krav, karakterisert ved at radarsystemet omfatter 2, 3 eller et høyere antall sendere/mottakere.

35

Fig. 1.





FIGUR. 2.

177619

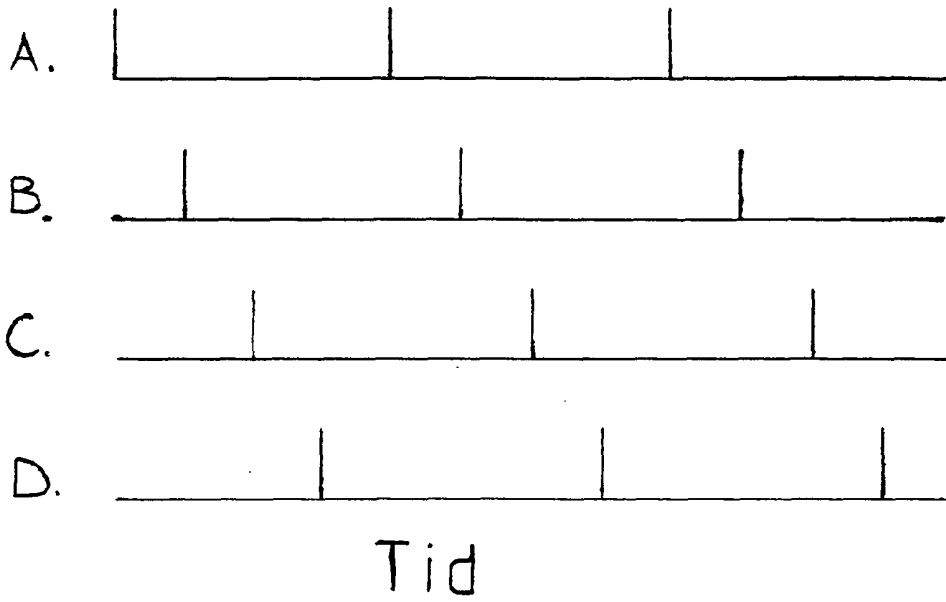


Fig. 3