

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 165526 B

Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 2998/84

(51) Int.Cl.5

G 01 S 11/14

(22) Indleveringsdag: 20 jun 1984

G 01 S 11/06

(41) Alm. tilgængelig: 15 jan 1987

G 01 S 11/12

(44) Fremlagt: 07 dec 1992

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 23 jun 1983 DE 3322500

(71) Ansøger: *Atlas Elektronik Gesellschaft mit beschaenkter Haftung; Sebaldsbruecker Heerstrasse 235; D-2800 Bremen 44, DE

(72) Opfinder: Horst *Bendig; DE, Gerhard *Kracht; DE

(74) Fuldmægtig: Lehmann & Ree A/S

(54) Fremgangsmåde til passiv bestemmelse af måldata for et fartøj eller køretøj

(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammendrag:

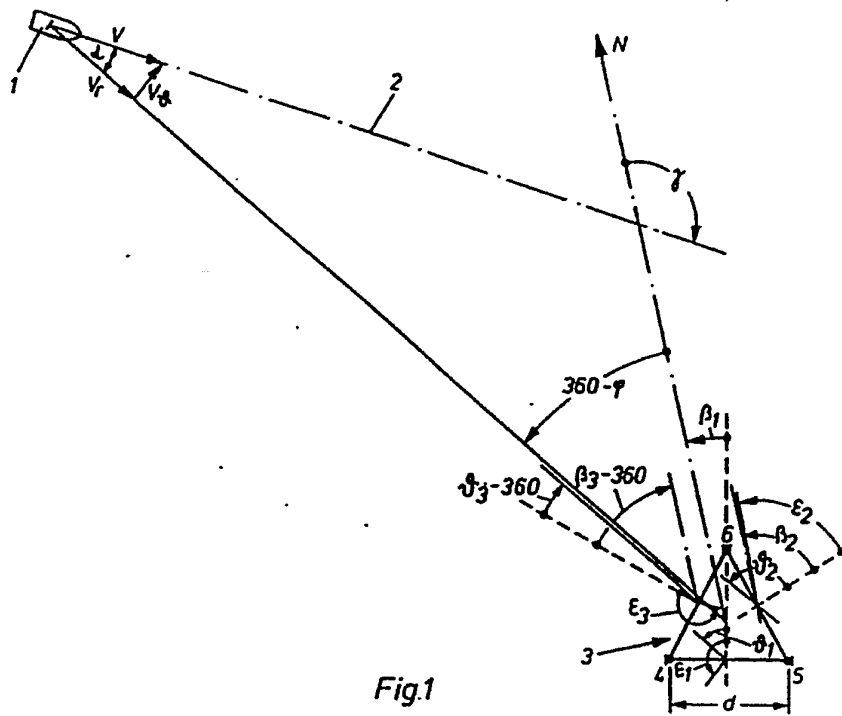
2998-84

Uden selvsølvring skal position, hastighed og kurs af et fartøj eller køretøj bestemmes ved udnyttelse af den udsendte bølgeenergi. Til målingen udnyttes dispersionsegenskaber af overføringsmediet i måleområdet, idet det med fartøjet koblede interferensfelt af de egenbølger, der udbreder sig i overføringsmediet, måles af mindst to omkøbbere. Modtagelsessignaler fra omkøbbere underkastes en frekvensanalyse, og intensitetsterme af signalerne lagres i afhængighed af måletiden og frekvensen som intensitetsmønstre. Stigningen af interferenslinier indenfor intensitetsmønstret bestående af op til hinanden liggende intensiteter af samme styrke, og tidsforskydningen af intensitetsmønstrene kombineres med pejlingen, der bestemmes ved måling af løbetidsforskydningen af modtagelsessignalerne, til bestemmelse af måldata. Anvendelsen af denne målemetode er særlig virkningsfuld indenfor vandlysteknikken.

DK 165526 B

fortsættes

2998-84



Opfindelsen angår en fremgangsmåde til passiv bestemmelse af måldata for et fartøj eller køretøj ud fra et målested. Hvor ordet fartøj bruges i nærværende tekst, skal teksten, hvor sammenhængen tillader det, også gælde for køretøjer. Fremgangsmåden er af den i 5 krav 1's indledning angivne art.

Overalt hvor fartøjer skal iagttages, overvåges, forfølges eller bekæmpes, kræves der til bestemmelse af position, fartøjshastighed og kurs målemetoder, der arbejder uden selvaflsøring. F.eks. ved kystbeskyttelse skal passerende vandfartøjer ikke kunne konstatere en overvågning af en kystregion ved hjælp af ombordværende 10 radar- eller sonaranlæg for i tilfælde af en invasion at kunne indlede forsvarsforanstaltninger målrigtigt. Bestemmelsen af måldata i et andet måleområde, f.eks. et åbent havområde, tjener ved en anden militær anvendelse til vurdering af en træningssituation eller virksomheden af taktiske foranstaltninger. 15

Indenfor vandlydteknikken kan eksempelvis den af fartøjet selv genererede bølgeenergi, nemlig den fartstøj der modtages på målestedet, udnyttes til bestemmelse af måldataene. En sådan fremgangsmåde er kendt fra beskrivelsen til tysk patentskrift nr. 20 887.926, hvor kursen af et vandfartøj bestemmes ud fra tre pejlinger. Hvis man desuden f.eks. skønner fartøjshastigheden af vandfartøjet på grundlag af dets skrueomdrejningstal, kan også afstanden og kursen beregnes. Omvendt kan man ved at gå ud fra afstanden bestemme den i dette tilfælde ukendte fartøjshastighed. I 25 begyndelsesfasen af udnyttelsen af lyttepejlinger er en således bestemt målbane i høj grad afhængig af nøjagtigheden af de til at begynde med skønnede værdier, nemlig enten afstanden eller fartøjshastigheden. Først når der efter en egenmanøvre er foretaget mindst tre yderligere pejlinger, kan de ukendte måldata beregnes uafhængigt 30 af de skønnede værdier. Alle yderligere foretagne pejlinger medfører en udliggning af målefejlen, og ved en grafisk løsningsmetode ved et plottebord fås der også en udliggning af tegneunøjagtigheder ved observatørens fastlæggelse af kursen. Ved en automatisk udnyttelse af pejligen og beregning af målbanen ved en regressionsmetode 35 nærmer den beregnede målbane sig ganske vist mere og mere nøjagtigt til den virkelige kurs, men resultatet af beregningen under hensyntagen til en med målefejl behæftet pejling kan være mere forfalsket end hvis man ikke tog hensyn til den med målefejl behæftede pejling.

Fra den nævnte patentbeskrivelse er det også kendt at

overlejlighed pejevinkeltidskurven på en på forhånd fastlagt kurveskare for at bestemme forholdet mellem fartøjshastigheden og fartøjets afstand. En sådan udnyttelse er meget tidsrøvende og i høj grad afhængig af observatørens vurdering, så at der let kan fremkomme
5 unøjagtige måldata. Desuden er det antal måleværdier, der skal tages i betragtning, stærkt begrænset ved den manuelle udnyttelse.

Opfindelsen går ud på at angive en passiv fremgangsmåde af den indledningsvis angivne art til bestemmelse af måldata for et fartøj, der udstråler selvgenereret bølgeenergi, ved hvilken det er
10 muligt i løbet af meget kort tid at opnå en angivelse af måldata ud fra et stationært målested på automatisk måde og uden en skønsmæssig ansættelse af begyndelsesbetingelser som f.eks. afstand eller fartøjshastighed.

Denne opgave løses ifølge opfindelsen ved de i krav 1's
15 kendetegnende del angivne foranstaltninger.

Opfindelsen går ud fra de fysiske love for udbredelsen af bølgeenergi i et overføringsmedium med dispersionsegenskaber. I almindelighed består et sådant overføringsmedium af enkelte lag med forskellige overføringsegenskaber for den af fartøjet udstrålede
20 bølgeenergi. I et af lagene er der som måleindretning installeret mindst to omsættere (transducere), der omsætter den af fartøjet udstrålede bølgeenergi til elektriske modtagelsessignaler.

Hvis fremgangsmåden ifølge opfindelsen skal anvendes i luften til passiv måling af måldata for flyvemaskiner eller på
25 landjorden til måling af landkøretøjer, f.eks. panservogne, anvendes der som omsættere mikrofoner i lag i atmosfæren eller geofoner i jordbundslag, og disse omsætter på målestedet den på grund af fartstøjen udstrålede lydenergi i overføringslaget til elektriske modtagelsessignaler. Fremgangsmåden ifølge opfindelsen kan ligeledes
30 anvendes, når fartøjet udstråler elektromagnetiske bølger, f.eks. lys, der trænger ind i et overføringslag med dispersionsegenskaber, f.eks. islagdannelser, og udbreder sig der.

Ved anvendelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen indenfor vandlydteknikken til passiv bestemmelse af måldata for vandfartøjer
35 anvendes der som omsættere to hydrofoner i et vandlag som overføringslag. I det simpleste tilfælde er dette overføringslag med dispersionsegenskaber en fladtvands-lydoverføringskanal, kort betegnet fladtvandskanal, hvor vandlaget begrænses af parallelle luft- og vandlag som grænselag, og overføringsmediets egenskaber,

f.eks. udbredelseshastigheden, er tilnærmelsesvis konstante. Fremgangsmåden ifølge opfindelsen kan imidlertid også finde anvendelse, når der i vandet forekommer flere lag med forskellige overførings-egenskaber.

5 Det er fra en artikel af C.L. Pekeris, "Theory of Propagation of Explosive Sound in Shallow Water", The Geological Society of America, Memoir 27, 1948, og en bog af J. Tolstoy og C.S. Clay, "Ocean Acoustics: Theory and Experiment in Underwater Sound", McGraw-Hill Book Company, New York, 1966, kendt, at lydudbredelsen
10 fra en støjkilde, der befinder sig i fladt vand, ved dybe frekvenser kan beskrives som en overlejring af egenbølger eller modes. Anskueligt kan man forestille sig en sådan fysisk model af udbredelsen af lyd således, at lyden i fladtvandskanalen reflekteres totalt ved vandoverfladen og delvis ved bunden, så at der indstiller sig en
15 zigzagformet udbredelse af plane bølgefronter over afstanden. Overfor en kritisk grænsefrekvens, der er lig med vandlydhastigheden divideret med ca. fire gange højden, danner der sig egenbølger eller såkaldte modes. Antallet af egenbølger afhænger af frekvensen af den udstrålede lydenergi. Hver gang der overskrides et ulige multiplum
20 af den kritiske grænsefrekvens, fremkommer der en yderligere egenbølge. Den vinkel, under hvilken bølgefronten reflekteres ved vandoverfladen og ved bunden, vokser med egenbølgernes ordenstal. Bølgefronterne gennemløber da en længere vej og støder hyppigere mod grænselagene, hvorved de underkastes en højere dæmpning.

25 Egenbølgerne repræsenterer løsninger af en partiel bølgligning for fladtvandskanalen. Mere nøjagtigt udtrykt er det fladtvandskanalens egenfunktioner i vandret retning. Egenbølgerne er cylinderbølger, der bevæger sig koncentrisk med lydkilden bort fra denne. De udviser i udbredelsesretningen en periode, der er desto
30 mindre jo højere frekvensen af den lydbølge, der udbreder sig, er. Egenbølgens fasehastighed afhænger af frekvensen af den udstrålede lyd, og ved højere frekvenser nærmer den sig faldende udbredelseshastigheden i vandet. Lydtrykforløbet i lodret retning afhænger af egenbølgens ordenstal. Ved vandoverfladen er lydtrykket lig nul, ved
35 bunden har det altid en endelig størrelse, og antallet af de derimellem liggende nulsteder er én mindre end ordenstallet.

Ved overlejring af flere egenbølger opstår der i fladtvandskanalen et interferensfelt. Dette interferensfelt udbygger sig omkring lydkilden. I radial retning i forhold til lydkilden

forekommer der rumlige amplitudesvingninger. Afstanden mellem lige store ekstremværdier kalder man interferensbølgelængden. Denne interferensbølgelængde er alene afhængig af fladtvandskanalens egenskaber og frekvensen af den udstrålede lyd. Den bliver større i
5 retning af højere frekvenser.

Når et vandfartøj bevæger sig, udstråles der lyd i et bredt frekvensområde, og på grundlag af de egenbølger, der udvikler sig, opstår der i fladtvandskanalen et interferensfelt. Dette interferensfelt er forbundet med vandfartøjet som lydkilde.

10 I en artikel af Weston et al, "Interference of Wide-Band Sound in Shallow Water", Admiralty Research Laboratory, Teddington, Middlesex, 1971, reproduceret af National Technical Information Service, beskrives der en fremgangsmåde, ved hvilken en fladtvandskanals overføringsegenskaber undersøges. Af en stationær
15 hydrofon modtages der en bredbåndet støj fra en lydkilde. Lydkilden bevæger sig med retliniet kurs først hen mod hydrofonen og derefter bort fra denne. Ud fra støjen beregnes der efter hinanden for hver tidsenhed spektrogrammer. Intensiteten af disse spektrogrammer vises som funktion af frekvensen spaltevis i gråtoneskrift. I hver spalte,
20 der er tilordnet hver enkelt afstand mellem hydrofon og lydkilde, registreres der et spektrogram. Der fremkommer et intensitetsmønster, der løber vifteformet henimod hydrofonpositionen. Dette gråtoneskriftbillede afspejler det interferensfelt, som den udstrålede lyds lydbølger frembringer på grund af udbredelsen af egenbølger eller modes.
25

Også ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen til bestemmelse af måldata for et fartøj tilvejebringes der ud fra det tidsmæssige forløb af modtagelsessignalerne fra hver omsætter til frekvensanalyse spektrogrammer, og spektrale effekter af modtagelsessignalerne
30 i hvert spektrogram lagres, f.eks. som intensitetsgraf som funktion af frekvensen. De enkelte intensitetsgrafer tilordnes deres måletidspunkt. Som intensitetsgraf kan der frembringes et gråtonebillede. De lagrede spektrogrammer danner et todimensionalt intensitetsmønster indenfor et frekvens-tids-kordinatsystem, hvis ene akse er tilordnet frekvensen, og hvis anden akse er tilordnet en tidsbasis
35 og eksempelvis er opdelt i tidsenheder.

Ud af disse intensitetsmønstre udvælges der ifølge opfindelsen indenfor et forud fastsætteligt frekvensområde et udsnit, der strækker sig over et tidsinterval bestående af et forud

fastsætteligt antal tidsenheder. Indenfor udsnittet opsøges op til hinanden liggende intensiteter af samme styrke, der i frekvens-tids-koordinatsystemet danner kontinuerlige interferenslinier. Disse interferenslinier er ved en kurs af fartøjet, der forløber henover målestedet, altså ved en overløbning af målestedet, tilnærmelsesvis rette linier, der forløber vifteformet gennem udsnittet. Viftens begyndelsespunkt tilordnes målestedet. Ved en forbiløbning, hvor fartøjets kurs forløber i en tværafstand fra målestedet, fremkommer der en hyperbelagtig struktur. Hyperblernes toppunkter kendetegner den største nærmelse til målestedet. Hvis fartøjet befinder sig i hvile, modtager omsætterne for hver frekvens et bestemt niveau, og der opstår et stribemønster af interferenslinier langs de enkelte frekvensspor i intensitetsmønstrets udsnit. Stigningen af interferenslinierne er uendelig stor. (Stigningen måles her i forhold til frekvensaksen.). Hvis fartøjet bevæger sig, ændrer det for hver frekvens modtagne niveau sig som funktion af tiden. Interferenslinierne i intensitetsmønstret krummer sig, og deres stigning antager endelige værdier. Interferensliniernes stigning afhænger af den hastighed, med hvilken fartøjet nærmer sig målestedet, eller med andre ord den radiale hastighedskomponent af fartøjshastigheden i forhold til målestedet. Hvis fartøjet nærmer sig målestedet med stor nærmelseshastighed, er stigningerne af interferenslinierne mindre end hvis fartøjet ud fra samme afstand bevægede sig med lavere nærmelseshastighed mod målestedet. Den tilhørende tangentielle hastighedskomponent af fartøjshastigheden bidrager ikke til udformningen af intensitetsmønstrene. Hvis et fartøj bevæger sig omkring en omsætter i en cirkel med konstant fartøjshastighed, opstår der et mønster af de lagrede intensiteter, som ikke udviser intensitetsforskelle langs frekvenssporene. I stedet for det vifteformede intensitetsmønster opstår der et mønster af parallelle striber, der forløber langs frekvenssporene, som om fartøjet var i hvile. Kun en yderligere radial hastighedskomponent fører til, at intensitetsmønstrets strukturering er vifteformet. Man kan også forestille sig dette på den måde, at interferensfeltet er karakteriseret ved koncentriske cirkler omkring fartøjet, der kendetegner minima eller maksima af interferensbølgerne i en afstand lig interferensbølgelængderne. Ved en cirkelbevægelse modtager omsætteren til enhver tid en og samme intensitet af interferensfeltet. Kun ved en radial hastighedskomponent konstateres der i omsætteren skiftevis minimum

og maksimum af intensiteterne.

Man kan sige, at interferensfeltet er koblet med fartøjet og trækkes hen over hver omsætter med nærmelseshastigheden, d.v.s. den radiale hastighedskomponent af fartøjshastigheden. Hvis fartøjet bevæger sig på en kurs langs med forlængelsen af forbindelseslinien mellem de to omsættere, bliver hver momentanværdi af interferensfeltet først modtaget af den ene omsætter og lidt senere af den anden omsætter. Tidsforskydningen mellem de aftastede interferensfelter er direkte afhængig af nærmelseshastigheden, idet den er omvendt proportional med denne, nemlig desto større jo mindre nærmelseshastigheden, altså den radiale hastighedskomponent af fartøjshastigheden, er. Denne tidsforskydning bestemmes ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen ved hjælp af intensitetsmønstrene. Dette sker ved, at intensitetsmønstrene i de to udsnit forskydes i forhold til hinanden i tidsretningen, indtil de falder sammen. Den hertil nødvendige tidsforskydning udgør den søgte størrelse.

Desuden måles til bestemmelse af måledataene i et af udsnittene stigningen af mindst en af interferenslinierne, fortrinsvis den gennem udsnittets midte forløbende interferenslinie.

Ud fra disse måledata - stigningen af interferenslinierne og tidsforskydningen mellem intensitetsmønstrene i de to udsnit - beregnes under hensyntagen til pejlevinklen og dens tidsmæssige ændring fartøjets måldata i henhold til krav 1 og 2. Ved anvendelse af fremgangsmåden indenfor vandlydteknikken kan pejlevinklen bestemmes ved hjælp af et hvilket som helst andet sonaranlæg, men det er dog særlig fordelagtigt i henhold til krav 3 at benytte de to omsættere som pejleanlæg til bestemmelse af pejlevinklen. Der måles en løbetidsforskel mellem modtagelsessignalerne fra omsætterne, denne multipliceres med bølgeenergiens udbredelseshastighed og divideres med afstanden mellem omsætterne, hvorefter der bestemmes $\arcsin$, der leverer pejlevinklen.

Hvis der ud fra målestedet kun skal iagttages fartøjer på en foreskrevet trafikvej, anbringes de to omsættere enten i fartretningen eller parallelt med fartretningen. En pejling er da overflødig, da fartøjets bevægelseshastighed eller kurs er kendt. Den radiale hastighedskomponent kan da til enhver tid beregnes rigtigt som kvotienten af afstanden mellem omsætterne og tidsforskydningen, medens målafstanden bestemmes som den til enhver tid fundne stigning multipliceret med den radiale hastighedskomponent.

Ved en vilkårlig kurs af fartøjet i forhold til målestedet bliver ved en bestemmelse af pejlevinklen i henhold til krav 3 den radiale hastighedskomponent bestemt som kvotienten af løbetidsforskellen og tidsforskydningen multipliceret med bølgeenergiens udbredelseshastighed i mediet. Afstanden mellem fartøjet og målestedet bestemmes ved, at stigningen multipliceres med løbetidsforskellen og bølgeenergiens udbredelseshastighed og divideres med tidsforskydningen. Den tangentielle hastighedskomponent bestemmer man ved multiplikation af målafstanden med den tidsmæssige ændring af pejlevinklen.

Fordelene ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen ligger i, at måldataene kan bestemmes kontinuerligt umiddelbart efter detektion af den af fartøjet genererede og udstrålede bølgeenergi. I intensitetsmønstret viser det sig, om omsætterne kun modtager omgivelsesstøj, eller om der har bevæget sig et fartøj ind i måleområdet, da der i sidstnævnte tilfælde umiddelbart sker en strukturering af det uregelmæssigt udseende intensitetsmønster og dannes interferenslinier. Så snart der kan erkendes interferenslinier, er det muligt at måle stigning og tidsforskydning. Simplest er det af bestemme stigningen af en interferenslinie ved approksimation af en ret linie og at bestemme tidsforskydningen mellem interferensmønstrene i de to udsnit ved hjælp af korrelationsteknikken. En yderligere fordel består i, at måldataene under et bevægelsesforløb af fartøjet kan bestemmes ud fra det stationære målested uden selvafløring, nemlig uden udstråling af egen sendeenergi eller egen manøvrering, så at fartøjet ikke kan opdage overvågningen ved hjælp af ombord forhåndenværende måleanlæg. Opmålingsarbejder til installation af måleanlægget er overflødige, når det er fartøjets måldata i forhold til målestedet, der ønskes bestemt. Dimensionerne af måleanlægget på målestedet er fortrinsvis væsentligt mindre end det måleområde, der kan overvåges ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen. Ved anvendelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen indenfor vandlydteknikken er måleanlægget med dets hydrofoner eksempelvis installeret på et stationært skib eller en U-båd som iagttagelsesstation eller på et antal bøjer eller et stangsystem, der er udlagt på havbunden.

Ganske særlig fordelagtigt er det, at nøjagtigheden af bestemmelsen af målafstanden og fartøjshastigheden er uafhængig af distancen mellem målestedet og fartøjet, og at den første måling kan foretages, så snart målet er detekteret. Desuden er bestemmelsen af

måldataene uafhængig af fartøjets kurs. De kan endvidere bestemmes på samme måde ved en overløbning, hvor kursen fører hen over målestedet, og ved en forbiløbning, hvor kursen fører forbi målestedet med en tværafstand. Endvidere er det fordelagtigt, at manøvrer af fartøjet ikke påvirker bestemmelsen af måldataene, når den radiale hastighedskomponent indenfor tidsintervallet kun ændrer sig uvæsentligt. Bestemmelsen af målafstanden og fartøjshastigheden er desuden på fordelagtig måde fuldstændig uafhængig af fartøjets bevægelsesforløb i forudgående tidsintervaller og efterfølgende tidsintervaller, d.v.s. forhistorie eller fremtidigt bevægelsesforløb indgår ikke i målingen. Ved anvendelse af fremgangsmåden er man i stand til altid at konstatere et fartøjs momentane måldata, også når fartøjet bevæger sig efter vilkårlige kurser med skiftende fartøjshastigheder. Fartøjshastigheden kan naturligvis kun angives, når den indenfor tidsintervallet var tilnærmelsesvis konstant.

Ved en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 4 og 5 opstilles der på målestedet en tredie omsætter, for at man skal kunne opnå éntydige pejleresultater. Omsætterne anvendes parvis til bestemmelse af løbetidsforskellene. Ud fra løbetidsforskellene beregnes vinkler i forhold til halveringsnormalen til forbindelseslinien mellem hvert omsætterpar, og disse vinkler omregnes til vinkelværdier i forhold til en fælles referenceretning. Pejlevinklen bestemmes ud fra de løbetidsforskelle, som hører til lige store vinkelværdier. Dermed udelukkes der en såkaldt spejlpejling.

Ved en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 6 sammenlignes de fundne løbetidsforskelle med hinanden, og der opsøges det omsætterpar, hvis modtagelsessignaler udviser den største løbetidsforskel. Modtagelsessignalerne fra dette omsætterpar underkastes til bestemmelse af tidsforskydningen en frekvensanalyse. Den ud fra intensitetsmønstrene af modtagelsessignalerne fra dette omsætterpar bestemte tidsforskydning og løbetidsforskellen af disse modtagelsessignaler kombineres til bestemmelse af den radiale hastighedskomponent og målafstanden. Ud fra intensitetsmønstrene af disse modtagelsessignaler bestemmes enten stigningen af interferenslinien i midten af et af de to udsnit eller den aritmetiske middelværdi af stigningerne af de i de to udsnit gennem disses midte forløbende interferenslinier.

Det er ligeledes muligt i stedet for at sammenligne

løbetidsforskellen af modtagelsessignalerne fra hvert omsætterpar at sammenligne tidsforskydningen af intensitetsmønstrene og til pejlevinkel- og tidsforskydningsberegningen at udnytte modtagelsessignalerne fra det omsætterpar, hvis intensitetsmønstre har den største
5 tidsforskydning i forhold til hinanden.

Ved den i krav 6 angivne udvælgelsesoperation udnyttes intensitetsmønstrene af modtagelsessignalerne fra det omsætterpar, hvis forbindelseslinie stemmer bedst overens med forbindelseslinien mellem målestedet og fartøjet. I samme retning fra fartøjet til
10 målestedet viser også den radiale hastighedskomponent af fartøjshastigheden, der fremkalder konfigurationen af interferenslinierne og tidsforskydningen af intensitetsmønstrene i udsnittene. Fordelen ved fremgangsmåden ifølge krav 6 ligger i, at man udnytter modtagelsessignalerne fra det omsætterpar, der sikrer den største nøjagtighed
15 af bestemmelsen af målafstand og fartøjshastighed, da den målte tidsforskydning mellem disse er den største. Denne tidsforskydning omfatter ved en rasterinddeling af frekvens-tids-koordinatsystemets tidsakse i tidsenheder det største antal tidsenheder og sikrer, at den relative fejl bliver den mindst mulige. Endvidere er det en
20 fordel, at en bestemmelse af måldataene da også er mulig, når fartøjet bevæger sig på en kurs langs med en halveringsnormal i forbindelseslinien mellem et af omsætterparrene. Ved denne kurs leverer modtagelsessignalerne fra dette omsætterpar ganske vist et struktureret intensitetsmønster, men en sammenligning af de to
25 intensitetsmønstre til bestemmelse af tidsforskydningen viser, at intensitetsmønstrene er identiske og ikke er tidsforskudt i forhold til hinanden, fordi de to omsættere samtidig aftaster det samme interferensfelt. Ved anvendelse af tre omsættere og den parvise udnyttelse af deres modtagelsessignaler sikres der altid en éntydig
30 bestemmelse af samtlige måldata, da et af de tre omsætterpar altid er således orienteret, at der fås en éntydig bestemmelse af måldataene.

Ved en videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 7 bestemmes pejlevinklen ud fra modtagelsessignalerne fra det omsætterpar, for hvilket løbetidsforskellen er
35 mindst. Dette omsætterpar giver i sammenligning med de andre den største målenøjagtighed.

Ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen er det på fordelagtig måde muligt at bestemme fartøjets kurs dels ud fra pejlevinklen

mellem målestedet og fartøjet og dels ud fra en hastighedsvinkel således som angivet i krav 8. Hastighedsvinklen ligger mellem den radiale hastighedskomponent, hvis retning i forhold til referenceretningen danner pejlevinklen, og fartøjshastigheden, der viser i retning af kursen. Kursen bestemmes som summen af pejlevinklen og hastighedsvinklen. Hastighedsvinklen beregnes enten ud fra forholdet mellem den tangentielle og den radiale hastighedskomponent af fartøjshastigheden eller i henhold til en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 9 som arcus tangens til produktet af stigningen og den tidsmæssige ændring af pejlevinklen under hensyntagen til en faktor. Fordelen ved fremgangsmåden ifølge krav 9 består i, at man ikke behøver først at beregne hastighedskomponenterne selv, men kan beregne kursen umiddelbart ud fra de målte størrelser, nemlig stigningen af en interferenslinie i intensitetsmønstrets udsnit og den tidsmæssige ændring af pejlevinklen.

Ved en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 10 udnyttes der til frekvensanalysen kun bølgeenergi i et frekvensområde omkring en midterfrekvens, der udbreder sig i form af modes og fremkalder interferenser indenfor overføringslaget. Dette frekvensområde bestemmes ved, at der langs hvert frekvensspor konstateres en art modulation af intensiteterne som funktion af tiden og herudfra bestemmes et modulationsmål. Dette modulationsmål ville, hvis der forelå sinusformede og ikke stochastiske fænomener, være den i litteraturen kendte modulationsgrad. Modulationsmålet angiver i hvor udpræget grad egenbølgerne udbreder sig i overføringslaget, og deres interferens kan detekteres. Frekvensområdet ligger i den nederste del af frekvensspektret af modtagelsessignalerne, da kun egenbølger af lavere frekvens på grund af dæmpningen i overføringslaget er målelige over større afstande, og da intensitetsmønstrer er fint struktureret i dette frekvensområde på grund af den lille interferensbølgelængde.

Modulationsmålet bestemmes f.eks. ved, at variansen af intensiteterne på hvert frekvensspor konstateres, og at variansen henføres til den kvadrerede middelværdi af alle de lagrede intensiteter og formindskes med tallet 1. Kvadratroden af differensen leverer da modulationsmålet.

Modulationsmålet langs med et frekvensspor er kun stort, når det af egenbølger overførte modtagelsessignal ligger over

omgivelsesstøjniveauet. Der fås da på frekvenssporene intensitets-
ekstremer i en afstand af den halve interferensbølgelængde på
frekvenssporet. Ved forstyrrelser under udbredelsen af egenbølgerne
kan modulationsmålet imidlertid ved nogle frekvenser gå stærkt
5 tilbage, så at der ikke kan findes en gennemgående interferenslinie
eller et ens struktureret intensitetsmønster af modtagelsessigna-
lerne fra de to omsættere. Derfor udvælges der fordelagtigt et
sammenhængende område af efter hinanden følgende frekvensspor som
frekvensområde, for hvilket det bestemte fortrinsvis over frekvensen
10 glattede forløb af modulationsmålet ligger over en forud indgivelig
tærskelværdi for med den størst mulige sikkerhed at kunne bestemme
stigningen af interferenslinierne og tidsforskydningen af intensi-
tetsmønstrene i de to udsnit.

Ved en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge
15 opfindelsen i henhold til krav 11 udnyttes modtagelsessignalerne i
et højere liggende frekvensinterval end frekvensområdet i henseende
til deres løbetidsforskel for derudfra at bestemme pejlevinklen.
Egenbølger i dette frekvensinterval kan ikke forfalske pejlingen, da
deres fasehastigheder er tilnærmelsesvis lig med udbredelseshastig-
20 heden.

Som man ser, virker de til bestemmelse af stigningen og
tidsforskydningen ønskede overføringsegenskaber af overføringslaget,
som sørger for en udbredelse af egenbølger og tilvejebringelse af
interferens mellem disse, forstyrrende for pejlingen. Ved den ifølge
25 opfindelsen foretagne udvælgelse af frekvensområde og frekvensin-
terval opnås en optimal tilpasning af målingen til overføringsegen-
skaberne.

De regneforskrifter, i henhold til hvilke målafstanden og
fartøjshastigheden kan findes ud fra målestørrelserne, er angivet
30 ved de i krav 12, 13 og 14 angivne foranstaltninger. Den der anførte
faktor kan enten i henhold til krav 15 beregnes ud fra interferens-
bølgelængden af to egenbølger, der ud fra den udstrålede bølgeenergi
indstiller sig ved frekvensområdets midterfrekvens, og disses
differentialkvotient med hensyn til frekvensen, eller den kan i
35 henhold til krav 16 fastsættes til 1,1 gange frekvensområdets
midterfrekvens. Denne faktor er typisk for udbredelsesegenskaberne i
overføringslaget og kan allerede bestemmes eller fastlægges før
påbegyndelsen af målingen. Talrige forsøg har vist, at et nøjagtigt
kendskab til overføringslagets mekanisme ikke er nødvendig for at

bestemme denne faktor, men at den tilnærmede værdi lig 1,1 gange midterfrekvensen allerede giver gode måleresultater.

Når der kan konstateres en vifteformet struktur af intensitetsmønstret, er dette et sikkert tegn på, at en detekterbar lydkilde har bevæget sig ind i måleområdet. Givetvis er en omgående måling af måldataene, indtil fartøjet nærmer sig målestedet, af interesse. Stigningen af en konstaterbar interferenslinie i et punkt af frekvens-tids-koordinatsystemet for interferensmønstret kan imidlertid kun bestemmes, når en del af interferenslinien er tydeligt udpræget. Det tidligste tidspunkt for bestemmelse af stigningen af interferenslinien foreligger, når tidsintervallet i henhold til krav 17 er således valgt, at der forekommer mindst to intensitetsmaksima for midterfrekvensens frekvensspor. Ved denne dimensionering opnås, at der i et ved frekvensområdet og tidsintervallet defineret udsnit forekommer et udpræget intensitetsmønster, der også er tilstrækkelig godt struktureret til en sammenligning af udsnittene med hensyn til deres tidsforskydning. Naturligvis kan der også med mindre eller større tidsintervaller fås måleresultater. Ved et for lille tidsinterval er der imidlertid en risiko for, at der ikke fås et tilstrækkeligt fint struktureret intensitetsmønster i det øverste område af frekvensområdet, fordi der der ikke mere opfanges noget intensitetsmaksimum og -minimum. Vælges der et for stort tidsinterval, kan man eventuelt ikke mere gå ud fra, at fartøjet indenfor måletiden bevæger sig med tilnærmelsesvis konstant fartøjshastighed, så at der ikke mere kan opnås en angivelse af den momentane størrelse af fartøjshastigheden.

Afstanden mellem omsætterne vælges ligesom tidsintervallet i afhængighed af overføringslagets overføringsegenskaber og tilpasses i henhold til de i krav 18 angivne foranstaltninger til det interferensfelt, der kan forventes. Den der angivne dimensionering af en afstand af omsætterne i afhængighed af interferensbølgelængden af to interfererende egenbølger sikrer, at intensitetsmønstrene i de to udsnit delvis overlapper hinanden, og at en korrelation af intensitetsmønstrene kan konstateres. Ved anvendelse indenfor vandlydteknikken fås der eksempelvis i en fladtvandskanal med en dybde på ca. 40 m og en midterfrekvens på 300 Hz en afstand på ca. 100 m, for at der skal fås rimelige måleresultater. Heraf fremgår, at omsætterne kan anbringes på målestedet tæt ved det måleområde, der skal overvåges, og som kan have en udstrækning på mere end 10 km.

Eksperimenter indenfor vandlydteknikken har vist, at et tidsinterval af mindre end 200 s er tilstrækkeligt til at foretage den første måling af en stigning af en interferenslinie. Som frekvensområde har en båndbredde på 200 Hz omkring midterfrekvensen på 300 Hz vist sig fordelagtig. De første måldata for et fartøj, der nærmer sig målestedet, kan altså konstateres på målestedet efter ca. 3 min i henseende til målafstand, fartøjshastighed og kurs, efter at fartøjet er detekteret. Yderligere angivelser vedrørende bevægelsesforløbet kan derefter kontinuerligt opnås under hele fartøjets nærmelsesfase ved overløbning eller forbiløbning af målestedet, og indtil fartøjet forlader måleområdet, nemlig indtil fartøjet ikke mere er detekterbart.

Ved dimensioneringen af afstanden mellem omsætterne og tidsintervallet i afhængighed af overføringsegenskaberne i måleområdet afpasses måleoperationen efter mekanismen for dannelsen af intensitetsmønstrene, hvorved der opnås en optimering af måleresultaterne.

Særlig fordelagtigt er det for bestemmelse af måldataene, hvis intensitetsmønstrene er så fint strukturerede som muligt, da den tidsmæssige forskydning af intensitetsmønstrene i de to udsnit da detekteres særligt godt. Ved en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 19 kan der opnås en forbedring ved, at omsætterne udlægges indenfor overføringslaget i en sådan distance parallelt med grænseplanet, hvor egenfunktionerne ikke udviser nulsteder i lodret retning, og interferensfeltet er opbygget af det størst mulige antal egenbølger, også af højere orden. Denne distance kan konstateres ved, at en omsætter anbringes i forskellige positioner indenfor overføringslaget under dettes grænseplan, og at interferensmønstret fra en støjkilde optegnes hver gang. Den optimale distance er fundet, når der ligger de fleste interferenslinier i udsnittet. Overføringslagets egenfunktioner kan også let beregnes tilnærmelsesvis. Herudfra kan man ligeledes skønsomt fastlægge omsættersystemets distance.

Til bestemmelse af måldataene underkastes den af fartøjet udstrålede bølgeenergi en frekvensanalyse, og der afledes heraf et støjspektrum eksempelvis i form af et korttids-effekttæthedsspektrum i henhold til krav 20. Fortrinsvis vurderes fartøjets støjspektrum på den måde, at det som funktion af frekvensen ville have en konstant værdi, hvis der ikke var blevet dannet egenbølger

ved lydenergiens udbredelse. En sådan regnemetode til hensigtsmæssig normalisering af et støjspektrum er eksempelvis beskrevet i en beretning BL 4556, Krupp Atlas-Elektronik, "Detektion von mehreren Grundfrequenzen periodischer Signale in farbigem Rauschen" af G. Hermstrüwer, 1976. Anvender man eksempelvis denne fremgangsmåde på skibsstøjlyde, hvis støjspektrum som funktion af frekvensen har et pukkelformet forløb, bliver puklen glattet, og der indstiller sig en som funktion af frekvensen konstant værdi af spektret. Først i det øjeblik da udbredelsen af lydenergi sker i form af egenbølger, danner der sig som funktion af frekvensen minima og maksima i spektret.

Ifølge en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 21 bestemmes stigningen af interferenslinien ved, at interferenslinien approksimeres af en ret linie, og at stigningen af den rette linie bruges til angivelse af interferensliniens stigning. Approksimationen er opnået, når den rette linie ikke mere skærer interferenslinien i udsnittet, altså når der ikke mere kan konstateres intensitetsmaksima eller -minima på den rette linie, og denne således tangerer interferenslinien, eller den rette linies afstand fra interferenslinien i frekvens-tids-koordinatsystemet er et minimum. Denne metode kan særlig simpelt bringes til udførelse ved hjælp af en computer ved regressionsregning.

Til bestemmelse af stigningen af interferenslinien indenfor frekvens-tids-koordinatsystemet for intensitetsmønstret i et af udsnittene anbringes ved en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 22 en ret linie vilkårligt i udsnittet, og langs med denne rette linie måles intensiteterne. Til approksimation drejes den rette linie og forskydes i tids- eller frekvensretningen, indtil de målte intensiteter alle er lige store. Den rette linie approksimerer da en interferenslinie. Hvis den rette linie skal approksimere en af intensitetsmaksima dannet interferenslinie må den drejes og/eller forskydes, indtil intensiteterne alle er lige store og eksempelvis udviser op til hinanden liggende maksimalværdier indenfor udsnittet. Derved sikres, at de langs den rette linie målte intensiteter faktisk hører til en og samme interferenslinie, da de alle ligger op til hinanden og danner en kontinuerlig linie. Til forklaring af denne fremgangsmåde kan man forestille sig et tredimensionalt koordinatsystem med

en frekvensakse, en tidsakse og vinkelret på dette plan en intensitetsakse. Intensiteterne afbildes da som relief over frekvens-tids-planet. Interferenslinier er i dette relief højdelinier. Ved den rette linie lægges der et snit gennem højdeprofilen. Hvis
5 samtlige intensiteter langs med den rette linie er lige store, ligger den rette linie på en højdelinie og approksimerer en interferenslinie. Hvis samtlige intensiteter langs den rette linie er maksimalværdier ligger den rette linie på en højderyg. Interferenslinierne er ved en overløbning, indtil fartøjet når frem til måle-
10 stedet, tilnærmelsesvis rette linier, medens de ved en forbiløbning, hvor fartøjets kurs udviser en tværafstand til målestedet, er hyperbler, hvis toppunkter kendetegner fartøjets korteste afstand fra målestedet. Når fartøjet derefter fjerner sig fra målestedet, udviser interferenslinierne omvendt stigning og et spejlsymmetrisk
15 forløb med hensyn til frekvensaksen.

En fordelagtig mulighed for beregning af approksimationen opnås ved en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 23. Langs en vilkårlig i frekvens-tids-koordinatsystemet anbragt ret linie måles intensiteterne, og
20 deres middelværdi dannes. Desuden kvadreres de enkelte intensiteter, og summen af de kvadrerede intensiteter dannes og divideres med antallet af de langs med den rette linie i udsnittet målte intensiteter. Differensen mellem dette resultat og den kvadrerede middelværdi bestemmes, og kvadratroden uddrages og divideres med middelværdien. Denne regneoperation leverer den relative standardafvigelse
25 af intensiteterne langs med den rette linie fra deres middelværdi. Den rette linie approksimerer interferenslinien desto mere nøjagtigt, jo mindre den relative standardafvigelse er, og den rette linie drejes og forskydes i frekvens-tids-koordinatsystemet, indtil
30 den relative standardafvigelse er et minimum.

Til forøgelse af målesikkerheden dannes der i henhold til en videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen ifølge krav 24 i frekvens-tids-koordinatsystemet et mønster bestående af et bundt af rette linier, der alle skærer hinanden ved $-0,1$ gange midterfrekvensen. Disse rette linier udviser på midterfrekvensens frekvens-
35 spor ækvidistante afstande. Bundtet forskydes med sit skæringspunkt i tidsretningen, indtil det bedst muligt approksimerer interferenslinierne i udsnittet og ikke mere skærer interferenslinierne, men tangerer disse. Derefter tilvejebringes der en forbindelse mellem

midten af udsnittet og de rette liniers skæringspunkt, og stigningen af denne forbindelse måles og leverer stigningen af interferenslinien til bestemmelse af måldataene. Ved anvendelsen af et bundt af rette linier tilvejebringes der en gennetsnitsdannelse af stigningen af interferenslinierne, som leverer en statistisk mere sikker måleværdi for den søgte stigning af interferenslinien.

Til bestemmelse af tidsforskydningen af intensitetsmønstrene i de to udsnit gennemføres der i henhold til en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 25 en sammenligning af intensitetsmønstrene af modtagelsessignalerne fra de to omsættere med korrelationsteknikkens midler. Den særlige fordel består i, at det ved denne signalforarbejdning på simpel måde er muligt at opnå en automation.

Som indledningsvis forklaret beror fremgangsmåden ifølge opfindelsen på det fænomen, at der udbreder sig egenbølger i et overføringslag med dispersionsegenskaber, f.eks. en fladtvandskanal, og på disses interferens. Som tidligere anført afhænger antallet af de dannede egenbølger ikke blot af den udstrålede frekvens, men også af fladtvandskanalens dybde eller med andre ord den lodrette udstrækning af overføringslaget i forhold til dets grænseplaner. Ved en hældning indenfor måleområdet, d.v.s. når dybden ikke er konstant, kan der indtræde fejl i bestemmelsen af tidsforskydningen af intensitetsmønstrene og stigningen af interferenslinierne, når fartøjet befinder sig på et sted, hvor dybden er forskellig fra dybden på målestedet.

I henhold til en fordelagtig videreudvikling af fremgangsmåden ifølge opfindelsen i henhold til krav 26 korrigeres den bestemte radiale hastighedskomponent af fartøjshastigheden med den dobbelte værdi af den relative dybdeændring i måleområdet. Da der her kun er tale om relative størrelser, behøver dybden selv ikke at være kendt. Der skal til korrektionen kun tages hensyn til bundens hældning, som let kan bestemmes ved måling af fladtvandskanalens parametre.

Følgende overvejelse anskueliggør processen: Det af interferensfeltet omgivne vandfartøj tilbagelægger med fartøjshastigheden i en vis tid en vej, der netop svarer til en interferensbølgelængde. I afhængighed af fladtvandskanalens dybde er interferensbølgelængderne imidlertid forskellige, nemlig således at jo fladere fladtvandskanalen er, desto kortere er afstanden mellem to

interferensmaksima. Befinder vandfartøjet sig i et fladere område end målestedet, vil et interferensmaksimum i samme tid på målestedet tilbagelægge en større vej end på skibets position, da der ikke kan opstå huller i opbygningen af interferensfeltet, og interferensfeltet alene er bestemt af kanalparametrene og ikke af vandfartøjet. 5 Den målte tidsforskydning bliver således mindre, og den ud fra denne bestemte fartøjshastighed bliver for stor.

Stigningen af interferenslinien påvirkes på samme måde af dybdeændringer i måleområdet. Da der i afstandsbestemmelsen indgår 10 forholdet mellem stigningen og tidsforskydningen, bliver bestemmelsen af afstanden altid rigtig, selv ved dybdeændring, og skal ikke korrigeres. Hastighedsvinklen beregnes ved hjælp af den i henhold til den i krav 27 angivne videreudvikling af opfindelsen korrigerede stigningsværdi.

15 Virkemåden af fremgangsmåden ifølge opfindelsen er fortrinsvis beskrevet til anvendelse indenfor vandlydteknikken. På samme måde kan passive målinger af måldata af et køretøj eller et fartøj foretages ved overvågning af veje på landjorden og i luften i områder, hvor lydbølger fra bevægelsesstøjen trænger ind i jordbunds- eller luftlag med dispersionsegenskaber, og egenbølger 20 dannes.

Opfindelsen skal i det følgende beskrives nærmere under henvisning til de på tegningen illustrerede udførelseseksempler. På tegningen viser

- 25 fig. 1 en målesituation for fremgangsmåden til bestemmelse af måldata ud fra et målested,
- fig. 2 et blokdiagram for et anlæg til udøvelse af fremgangsmåden,
- fig. 3 en skitse til forklaring af fremgangsmåden ved en 30 overløbning og en speciel forbiløbning i forhold til målestedet,
- fig. 4 et udsnit af fig. 1,
- fig. 5 et blokdiagram for en i fig. 2 vist intensitetsmønstrenhed,
- 35 fig. 6.1 og 6.2 målesituation og tilhørende frekvenstidsdiagram med interferenslinier i det tilfælde, at et fartøj bevæger sig med konstant fartøjshastighed på overløbningskurs i forhold til målestedet,
- fig. 7 et frekvenstidsdiagram, ved hvilket fartøjet nærmer

sig målestedet med skiftende fartøjshastighed på overløbningskurs,

fig. 8 et geometrisk oversigtsbillede til forklaring af fremgangsmåden ved en kurs af fartøjet, der forløber forbi målestedet med en tværafstand,

fig. 9 et blokdiagram for en i fig. 2 vist interferenslinieregner, og

fig. 10 et overføringslag med dybdeændring.

Fig. 1 tjener til forklaring af fremgangsmåden til bestemmelse af måldata af et fartøj 1, der på en kurs 2 bevæger sig forbi et målested 3 med en fartøjshastighed V . Kursen forløber under en kursvinkel γ i forhold til geografisk Nord, der i det følgende er betegnet som referenceretningen N . Fartøjet 1 befinder sig i forhold til målestedet 3 under en pejlevinkel ϕ , der er indtegnet som en retvisende pejling i forhold til nord. Fartøjshastigheden V og dens to vinkelret på hinanden stående hastighedskomponenter, nemlig den radiale hastighedskomponent V_r og den tangentielle hastighedskomponent V_θ , er vist. Den radiale hastighedskomponent V_r ligger i retning af forbindelseslinien mellem fartøjet 1 og målestedet 3. På målestedet 3 befinder der sig tre omsættere (transducere) 4, 5 og 6, der er anbragt i vinkelspidserne af en ligesidet trekant med sidelængden d . For tydeligheds skyld er størrelsesforholdene mellem omsætterafstanden d og afstanden mellem målestedet 3 og fartøjet 1 vist urealistisk. Afstanden mellem fartøjet 1 og målestedet 3 er i reglen flere størrelsesordener større end afstanden d mellem omsætterne 4, 5, 6. Omsætterne 4, 5, 6 modtager den af fartøjet 1 udsendte fartstøj og omsætter den til modtagelsessignaler. Løbetidsforskellene τ_1, τ_2, τ_3 mellem modtagelsessignalerne for hver to omsættere henholdsvis 4,5 og 5,6 og 4,6 bestemmes. Ud fra løbetidsforskellene τ_1, τ_2, τ_3 beregnes vinkler θ_i, ε_i ($i = 1, 2, 3$) i forhold til halveringsnormalen til forbindelseslinien mellem hvert par omsættere. Disse vinkler θ_i, ε_i er lig $\arcsin$ til løbetidsforskellen τ_i divideret med en maksimal løbetidsforskel $\tau_{\max} = d/c$, hvor d er omsætterafstanden og c udbredelseshastigheden i mediet. For hver løbetidsforskel τ_1, τ_2, τ_3 fås der to vinkler θ_i og ε_i som angivet i fig. 1. Vinklen θ_i ligger mellem halveringsnormalen og forbindelseslinien til fartøjet 1, medens vinklen ε_i kendetegner den såkaldte spejlpejling og foregiver en målpejling, ved hvilken det formentlige mål er det i forbindelseslinien mellem omsætterne

spejlede sande mål. Vinklerne ϑ_i , ε_i beregnes af løbetidsforskellen τ_1 af modtagelsessignalerne fra omsætterne 4 og 5. Vinklerne ϑ_2 , ε_2 beregnes af løbetidsforskellen τ_2 mellem modtagelsessignalerne fra omsætterne 5 og 6, og vinklerne ϑ_3 og ε_3 beregnes af løbetidsforskellen τ_3 mellem modtagelsessignalerne og omsætterne 4 og 6. For af vinklerne ϑ_i og ε_i at kunne udskille de vinkler, der viser i retning af spejlbilledmål, omregnes vinklerne ϑ_i og ε_i til vinkelværdier i forhold til referenceretningen N. I dette øjemed tages der i hvert enkelt tilfælde hensyn til en vinkel β_i med tilsvarende index, som er indtegnet mellem halveringsnormalerne og referenceretningen N. De fundne vinkelværdier henholdsvis $(\vartheta_i - \beta_i)$ og $(\varepsilon_i - \beta_i)$ sammenlignes med hinanden. Ud fra lige store vinkelværdier $(\vartheta_1 - \beta_1) \cong (\vartheta_2 - \beta_2) \cong (\vartheta_3 - \beta_3)$ bestemmes pejlevinklen ϕ i forhold til henføringsretningen, $\phi = 360^\circ - (\vartheta_1 - \beta_1)$. Vinklerne ϑ_i , ε_i og β_i er indtegnet i matematisk positiv retning, medens pejlevinklen ϕ og kursvinklen γ i almindelighed angives som retvisende, d.v.s. i matematisk negativ retning. Følgende tabel anskueliggør bestemmelsen af pejlevinklen:

Indeks	β	ϑ	ε	$(\vartheta - \beta)$	$(\varepsilon - \beta)$
1	12°	49°	131°	37°	119°
2	72°	109°	71°	37°	359°
3	312°	349°	191°	37°	121°

$$\phi = 360^\circ - 37^\circ = 323^\circ.$$

25

Fig. 2 viser et blokdiagram for et anlæg til udøvelse af fremgangsmåden. Til bestemmelse af pejlevinklen ϕ er der efter omsætterne 4, 5 og 6 koblet højpasfiltre 7, 8 og 9, over hvilke modtagelsessignalerne fra omsætterne 4, 5 og 6 kobles igennem til løbetidsregnetrin 10, 11 og 12. I løbetidsregnetrinnene 10, 11 og 12 bestemmes løbetidsforskellene τ_1 , τ_2 , τ_3 mellem modtagelsessignalerne fra hver to omsættere henholdsvis 4,5 og 5,6 og 4,6. Af løbetidsforskellene τ_1 , τ_2 , τ_3 bestemmes vinkler ϑ_i og ε_i i forhold til halveringsnormalen til forbindelseslinien mellem det respektive omsætterpar i efterfølgende vinkelregnetrin 13, 14, 15. I differenstrin 16, 17 og 18 bestemmes vinkelværdierne $(\vartheta_i - \beta_i)$ og $(\varepsilon_i - \beta_i)$ for hvert omsætterpar. Differenstrinnene 16, 17 og 18 er forbundet med en referencevinkel giver 19, der stiller de tre vinkler β_1 , β_2 , β_3 mellem referenceretningen N og halveringsnormalen for hvert

omsætterpar til rådighed. I et efterfølgende sammenligningstrin 20 sammenlignes de således bestemte vinkelværdier $(\vartheta_i - \beta_i)$ og $(\varepsilon_i - \beta_i)$ med hinanden, og der udlæses den vinkelværdi, der som differenceværdi optræder tre gange med samme størrelse. Denne vinkelværdi

- 5 $(\vartheta_i - \beta_i)$ kræves til beregning af pejlevinklen ϕ .

For at sikre den nøjagtigst mulige bestemmelse af pejlevinklen ϕ er der efter løbetidsregnetrinnene 10, 11 og 12 tilsluttet en minimumsdetektor 21, i hvilken det konstateres hvilken af de tre løbetidsforskelle τ_1 , τ_2 , τ_3 der har den mindste værdi. Hvis far-
 10 tøjet 1 befinder sig nøjagtigt på halveringsnormalen til forbindelseslinien mellem et par omsættere, ville løbetidsforskellen være lig nul. Da sinus til pejlevinklen ϕ afhænger af løbetidsforskellen, er beregningen af pejlevinklen ϕ desto mere nøjagtig, jo mindre pejlevinklen ϕ 's afvigelse fra halveringsnormalen er, da sinusfunktionen
 15 i området omkring sit nulpunkt udviser de største ændringer i sin funktionsværdi. Af den minimale løbetidsforskel τ_3 bestemmes i et yderligere vinkelregnetrin 22 vinklerne ϑ_3 og ε_3 . I et efterfølgende differencetrin 23, der er forbundet med referencevinkelgiveren 19, beregnes under hensyntagen til vinklen β_3 mellem referenceretningen
 20 N og halveringsnormalen vinkelværdierne $(\vartheta_3 - \beta_3)$ og $(\varepsilon_3 - \beta_3)$, og disse sammenlignes med udgangssignalet fra sammenligningstrinnet 20 i en sammenligner 24. Vinkelværdien $(\vartheta_3 - \beta_3)$ fremkommer på sammenligneren 24's udgang og trækkes i et efterfølgende subtraktionstrin 25 fra 360° , således at dette trin leverer pejlevinklen $\phi = 360^\circ - (\vartheta_3 - \beta_3)$.

25 Ved bestemmelsen af pejlevinklen ϕ bliver modtagelsessignalerne fra omsætterne 4, 5, 6 som beskrevet først filtreret i højpasfiltre 7, 8, 9. For at der skal fås en så nøjagtig bestemmelse af pejlevinklen ϕ som muligt, må modtagelsessignalet kun udnyttes i et frekvensinterval, i hvilket egenbølgerne fasehastigheder er til-
 30 nærmelsesvis lige store. Dette er kun tilfældet ved højere frekvenser. Her er fasehastighederne desuden omtrent lig med udbredelsehastigheden c i mediet. Adskillelsen mellem det ønskede øvre frekvensinterval og det uønskede nedre frekvensområde sker ved hjælp af højpasfiltrene 7, 8 og 9. Disse højpasfiltre 7, 8, 9's nedre grænsefrekvens er afpasset efter de ovenfor beskrevne betingelser. I
 35 stedet for højpasfiltrene 7, 8, 9 kan man også med fordel anvende båndpasfiltre. Ved den øvre båndbegrænsning kan nytte-/forstyrrelsesforholdet forbedres.

Hver af omsætterne 4, 5 og 6 er forbundet med en

intensitetsmønstrenhed 30, 31, 32. Modtagelsessignalerne underkastes i denne en frekvensanalyse, og det tidsmæssige forløb af de for hver frekvens bestemte intensiteter af modtagelsessignalerne lagres i et frekvens-tids-kordinatsystem. Der opstår et intensitetsmønster i afhængighed af frekvensen og tiden. Dette intensitetsmønster udviser ved udbredelse af den af fartøjet 1 udstrålede bølgeenergi i form af egenbølger og bevægelse af fartøjet 1 et vifteformet eller hyperbelformet forløb af lige store intensiteter. I hver intensitetsmønstrenhed 31, 32, 33 tilvejebringes der samtidig et udsnit af intensitetsmønstret over et på forhånd fastlæggeligt frekvensområde og et valgbart tidsinterval. Disse udsnit udviser med tidsforskydning samme mønster. Tidsforskydningen forårsages bl.a. af den radiale hastighedskomponent V_r af fartøjshastigheden V .

Under henvisning til fig. 3 forklares bestemmelsen i to specialtilfælde, nemlig overløbning og passage af målestedet 3, når kursen er parallel med forbindelseslinien mellem et par omsættere. Ved overløbning nærmer fartøjet 1 sig målestedet 3 langs med en kurs på en forlængelse af forbindelseslinien mellem omsætterne 5 og 6 med konstant fartøjshastighed $V = V_r$, nemlig med nærmelseshastigheden V_a , der er lig med den radiale hastighedskomponent V_r . Den tangentielle hastighedskomponent V_θ er lig nul. Det fartøjet 1 omgivende interferensfelt modtages først af omsætteren 6 og derpå efter en tid, der afhænger af omsætteraftstanden d og den radiale hastighedskomponent $V_a = V_r = V$, af omsætteren 5. Denne tid er lig med en tidsforskydning τ_{IK} af intensitetsmønstrene af modtagelsessignalerne for omsætterne 5 og 6. Da afstanden d mellem omsætterne 5 og 6 er kendt, foreligger alle størrelser til bestemmelse af fartøjshastigheden V : V bestemmes som

$$\frac{d}{\tau_{IK}}.$$

I fig. 3 er der vist et andet fartøj 1' på en kurs parallel med forbindelseslinien mellem omsætterne 5 og 6. Her bliver interferensfeltet "skudt forbi" omsætterne 5 og 6 med den radiale hastighedskomponent V_r af fartøjshastigheden V . Der konstateres en tidsforskydning τ_{IK} af intensitetsmønstrene, som om omsætterne 5 og 6 lå i den indbyrdes afstand $a = d \cdot \sin \theta$ på forbindelseslinien mellem målestedet 3 og fartøjet 1'. Denne forbindelseslinie og halveringsnormalen til afstanden d mellem omsætterne 5, 6 danner en

vinkel ϑ . Tidsforskydningen findes ved ligningen

$$\tau_{IK} = \frac{a}{V_r} = \frac{d \cdot \sin \vartheta}{V_r}$$

5

Fartøjshastigheden findes på grundlag af de geometriske forhold af ligningen

$$V = \frac{V_r}{\sin \vartheta}$$

10

V_r er kendt fra tidsforskydningsmålingen som

$$V_r = \frac{d \cdot \sin \vartheta}{\tau_{IK}}$$

15 og fartøjshastigheden kan således fås ved ligningen

$$V = \frac{d \cdot \sin \vartheta}{\tau_{IK} \cdot \sin \vartheta} = \frac{d}{\tau_{IK}}$$

20 Omsætterafstanden d og tidsforskydningen τ_{IK} er målte størrelser, af hvilke således fartøjshastigheden V kan bestemmes uden kendskab til løbetidsforskellen τ_2 eller vinklen ϑ .

Fig. 4 tjener til forklaring af fartøjshastighedsbestemmelsen under den antagelse, at kursen 2 har et vilkårligt forløb i forhold til målestedet 3. I fig. 4 er der vist et udsnit af målesituationen i fig. 1. Udsnittet viser omsætterne 5 og 6 og fartøjet 1, der følger kursen 2. Som allerede vist og beskrevet i forbindelse med fig. 1 danner forbindelseslinien mellem fartøjet 1 og halveringsnormalen til afstanden d mellem omsætterne 5, 6 en vinkel ϑ_2 , hvis supplement til 180° er betegnet med ϑ . Denne vinkel ϑ er ligeledes indtegnet i en trekant på målestedet 3, hvis grundlinie er afstanden d mellem omsætterne 5 og 6; og hvis ene katete er lig $d \cdot \sin \vartheta$. Denne udsnitsafbildning tjener til forklaring af bestemmelsen af den radiale hastighedskomponent V_r af fartøjet 1's fartøjshastighed V . Den målte tidsforskydning τ_{IK} mellem intensitetsmønstrene forårsages af den radiale hastighedskomponent V_r af fartøjet 1 og kunne være målt af en fiktiv måleindretning, hvor forbindelseslinien mellem omsætterne forløber i retning af den radiale hastighedskomponent V_r , og omsætterafstanden er $d \cdot \sin \vartheta$. Den

35

radiale hastighedskomponent V_r kunne altså beregnes af kvotienten af omsætterafstanden for en fiktiv måleindretning 5',6' og tidsforskydningen τ_{IK} . Tidsforskydningen τ_{IK} måles. Omsætterafstanden for den fiktive måleindretning 5',6' bestemmes ved
 5 hjælp af løbetidsforskellen τ_2 , der således også skal måles. Ved hjælp af denne løbetidsforskel τ_2 kan sin θ bestemmes af ligningen:

$$\sin \theta = \frac{\tau_2}{d/c}.$$

10 Dermed fås omsætterafstanden for den fiktive måleindretning 5',6', der ovenfor er angivet som $d \cdot \sin \theta$, som

$$d \cdot \frac{\tau_2}{d/c} = \tau_2 \cdot c.$$

Formlen for den radiale hastighedskomponent V_r bliver såle-
 15 des:

$$V_r = \frac{\tau_2 \cdot c}{\tau_{IK}}.$$

Tidsforskydningen τ_{IK} mellem intensitetsmønstrene af to
 20 modtagelsessignaler bestemmes ved hjælp af et korrelatorkredsløb 33 i fig. 2. Over en styrbar omskifter 34 er korrelatorkredsløbet 33's to indgange forbundet med de tre intensitetsmønstrenheder henholdsvis 30, 31 og 31, 32 og 30, 32. Omskifteren 34 er med sin styreindgang koblet til udgangen af en maksimumsdetektor 35, som er
 25 sluttet til de tre løbetidsregnetrin 10, 11 og 12. I maksimumsdetektoren 35 bestemmes den største løbetid τ_2 , og det konstateres, at løbetiden τ_2 ligger mellem modtagelsessignalerne fra omsætterne 5 og 6. Af omskifteren 34 kobles de på intensitetsmønstrenhederne 31 og 32 optrædende udsnit af intensitetsmønstrene for modtagelsessigna-
 30 lerne fra samme omsætterpar videre til korrelatorkredsløbet 33. Der benyttes til bestemmelse af tidsforskydningen τ_{IK} intensitetsmønstrene af modtagelsessignalerne fra disse to omsættere 5 og 6, da deres tidsforskydning τ_{IK} er større end tidsforskydningerne af intensitetsmønstrene af modtagelsessignalerne fra de to andre
 35 omsætterpar. Dermed sikres, at den relative nøjagtighed af bestemmelsen af tidsforskydningen τ_{IK} bliver så stor som muligt.

I korrelatorkredsløbet 33 korreleres den tidsmæssige intensitetsfordeling langs med et frekvensspor i det ene intensitetsmønster indenfor tidsintervallet Δt med den tidsmæssige

intensitetsfordeling langs samme frekvensspor i det andet intensitetsmønster i et korrelationstrin 36, d.v.s. multipliceres og integreres for hver tidsenhed. Denne signalforarbejdning gennemføres for samtlige frekvensspor i frekvensområdet Δf . De derved fremkomne

5 korrelationsfunktioner afsættes i et i korrelatorkredsløbet 33 indeholdt mellemlager 37. Over alle korrelationsfunktionerne dannes der i en tilsluttet middelværdidanner 38 en gennemsnits-korrelationsfunktion, og ud fra beliggenheden af dennes maksimum bestemmes intensitetsmønstrenes tidsforskydning τ_{IK} .

10 Korrelatorkredsløbet 33 og en yderligere udgang fra maksimumsdetektoren 35 for den maksimale løbetidsforskel τ_2 er forbundet med en regnekobling 40, i hvilken den radiale hastighedskomponent beregnes som

$$15 \quad v_r = c \cdot \frac{\tau_2}{\tau_{IK}}.$$

I regnekoblingen 40 multipliceres kvotienten af løbetidsforskellen τ_2 og tidsforskydningen τ_{IK} mellem intensitetsmønstrene af modtagelsessignalerne fra samme omsætterpar med udbredelseshastigheden c .

I fig. 5 er der vist en principiel opbygning af intensitetsmønsterenheden 30. Intensitetsmønsterenhederne 31 og 32 kan udføres på nøjagtig samme måde. Efter omsætteren 4 er der over et lavpasfilter 39 tilsluttet en analog-digital-omdanner med dertil sluttet lager 41. Lavpasfiltrets grænsefrekvens er således afpasset, at den ligger under højpasfiltrene 7, 8, 9's grænsefrekvens. Opdelt

25 i tidsenheder T bliver det tidsmæssige forløb af det filtrerede, digitaliserede modtagelsessignal lagret. En taktgiver 42 styrer analog-digital-omdanneren og lageret 41 i overensstemmelse hermed. I et tilsluttet FFT-regnekredsløb 43 dannes der af de lagrede modtagelsessignaler efter nødvendig filtrering (aliasing-filter) i

30 henhold til algoritmen for fast-fourier-transformation og påfølgende beløbskvadratdannelse og normalisering spektrogrammer, og disse lagres. Efter FFT-regnekredsløbet 43 er der tilsluttet et lagerkredsløb 44, der er forbundet med et frekvensstyrekredsløb 45 og et tidsstyrekredsløb 480 til dannelse af udsnittet. I lagerkredsløbet

35 44 lagres spektrogrammerne linievis over en tidsbasis, der er rasteropdelt i tidsenheder T , idet intensiteterne i hver linie afsættes som funktion af frekvensen f . Der opstår et som gråtone-skriftbillede vist intensitetsmønster i tilordning til tiden t som ordinat og frekvensen f som abscisse.

I frekvensstyrekredsløbet 45 fastlægges et frekvensområde Δf omkring en midterfrekvens f_0 på sådan måde, at et modulationsmål for intensiteterne langs samtlige frekvensspor indenfor frekvensområdet Δf ligger oven over en forud fastsættelig tærskelværdi. Frekvensstyrekredsløbet 45 indeholder et middelværdikredsløb 46, en differensdanner 47, en modulationsregner 48 og en tærskelværdiregner 49. Frekvensstyrekredsløbet 45 er forbundet med FFT-regnekredsløbet 43. I middelværdikredsløbet 46 opsummeres intensiteterne I_i langs hvert frekvensspor og divideres med deres antal N . Man får middelværdien $\bar{I}$ af intensiteterne for hvert frekvensspor. I den tilsluttede differensdanner 47 beregnes for hvert frekvensspor variansen σ^2 , idet differensen mellem intensiteterne I_i på frekvenssporet og middelværdien $\bar{I}$ af intensiteterne på samme frekvensspor dannes, kvadreres og summeres. I den derefter følgende modulationsregner 48 bestemmes modulationsmålet af intensiteterne langs hvert frekvensspor. Modulationsmålet M beregnes som følger:

$$\bar{I} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (I_i - \bar{I})^2$$

$$M = \sqrt{\frac{\sigma^2}{\bar{I}^2} - 1}$$

Efter modulationsregneren 48 følger tærskelværdiregneren 49, i hvilken det konstateres for hvilke op til hinanden liggende frekvensspor det eventuelt glattede modulationsmål ligger over en forud fastsættelig tærskelværdi. På tærskelværdiregneren 49's udgang angives midterfrekvensen f_0 og det frekvensområde Δf , indenfor hvilket modulationsmålet for hvert frekvensspor ligger over tærskelværdien, f.eks. et frekvensområde $\Delta f = 200$ Hz omkring en midterfrekvens $f_0 = 300$ Hz.

Lagerkredsløbet 44 styres af frekvensstyrekredsløbet 45 til dannelse af udsnittet. Desuden er lagerkredsløbet 44 sammenkoblet med tidsstyrekredsløbet 480.

I tidsstyrekredsløbet 480, der styres af taktgiveren 42, indlægges der et tidsinterval Δt på eksempelvis 200 s. Tidsintervallet Δt omfatter flere tidsenheder T og er således valgt, at der på frekvenssporet for midterfrekvensen f_0 optræder mindst en interferensbølgelængde og f.eks. to intensitetsmaksima.

Frekvensstyrekredsløbet 45 og tidsstyrekredsløbet 480 styrer lagerkredsløbet 44 og definerer udsnittet af intensitetsmønstret. Intensitetsmønstret i dette udsnit udnyttes desuden over omskifteren 34 i fig. 2 i en interferenslinieregner 50. Interferenslinieregneren 50 i fig. 2 består af en approksimationsregner 51, der fødes af den til enhver tid med omskifteren 34 forbundne intensitetsmønsterenhed 31, en simulationsregner 52 og en stigningsregner 53. I approksimationsregneren 51 opsøges der indenfor udsnittet op til hinanden liggende intensiteter af samme styrke. Disse intensiteter danner interferenslinier. I simulationsregneren 52, der er sammenkoblet med approksimationsregneren 51, simuleres der i et frekvens-tids-kordinatsystem en ret linie. Denne rette linie sammenlignes i approksimationsregneren 51 med den gennem udsnittets midte forløbende interferenslinie. Denne rette linie i simulationsregneren 52 drejes og forskydes i tidsretningen så længe, indtil interferensliniens afvigelser fra den rette linie er et minimum. Drejningspunktet for den rette linie forskydes fortrinsvis i tidsretningen på et frekvensspor på $-0,1 f_0$. De nævnte afvigelser kan være tids- og frekvensafvigelser mellem interferenslinien og den rette linies koordinator. Denne rette linie udgør den søgte regressionslinie. Det er imidlertid også muligt i approksimationsregneren 51 ikke at approksimere ved regression, men ved sammenligning af intensiteter, der optræder i interferensmønstret langs den rette linie. Den rette linie approksimerer interferenslinien, når samtlige langs med den rette linie målte intensiteter er lige store og fortrinsvis udgør maksimale eller minimale værdier.

Når den rette linie og interferenslinien er bragt til at dække hinanden, giver approksimationsregneren 51 et frigivelsessignal til stigningsregneren 53, der er forbundet med simulationsregneren 52. Stigningsregneren 53 overtager fra simulationsregneren 52 den rette linie i frekvens-tids-kordinatsystemet og bestemmer dens stigning $dt:df=t'$, der angiver den søgte stigning af interferenslinien.

Efter interferenslinieregneren 50 er der tilsluttet en afstandsregner 55, der bestemmer afstanden r mellem fartøjet 1 og målestedet 3 ud fra stigningen t' , tidsforskydningen τ_{IK} og løbetidsforskellen τ_2 . Korrelatorkredsløbet 33's udgang og maksimumsdektoren 35's anden udgang er ligeledes forbundet med afstandsregneren 55's indgange.

I det følgende skal afstandsbestemmelsen forklares nærmere under henvisning til fig. 6.1, 6.2 og fig. 7.

Fig. 6.1 viser en målesituation for en overløbning, ved hvilken fartøjet 1 nærmer sig målestedet 3 på direkte eller radial kurs med konstant fartøjshastighed V eller nærmelseshastighed $V_a = V_r = V$. Til tidspunktet t_0 befinder fartøjet 1 sig i afstanden r fra målestedet 3, når det bibeholder sin kurs med konstant fartøjshastighed V . Til tidspunktet t_{CPA} vil det være nået frem til målestedet 3.

Ved fremgangsmåden til bestemmelse af måldata skal afstanden r , fartøjshastigheden V , pejlevinklen ϕ og kursvinklen γ bestemmes. I den betragtede bevægelsessituation er interferenslinierne tilnærmelsesvis rette linier, der forløber vifteformet i frekvens-tidskoordinatsystemet. Fig. 6.2 viser i en principskitse forløbet af sådanne interferenslinier i frekvens-tidskoordinatsystemet for anløbsfasen. Interferenslinierne er i virkeligheden svagt krumme, men er her skematisk angivet som rette linier $G_1, G_2, \dots, G_n$. Bevæger man sig på frekvenssporet for midterfrekvensen f_0 , er afstanden mellem de rette linier $G_1, G_2, \dots, G_n$ bestemt af interferensbølgelængden $X(f_0)$ og er afhængig af nærmelseshastigheden $V_a = V_r = V$. Afstanden

$$\frac{X(f_0)}{V_r}$$

er desto mindre, jo større nærmelseshastigheden $V_a = V_r$ er. Betragter man et intensitetsmaksimum på en af interferenslinierne, f.eks. punktet på den rette linie G_1 til tidspunktet t_0 ved midterfrekvensen f_0 , kan man sige, at der i et tidsrum $\Delta\tau = t_0 - t_{CPA}$ optræder netop k intensitetsmaksima i afstanden

$$\frac{X(f_0)}{V_r}$$

På frekvenssporet f findes der ligeledes k intensitetsmaksima indtil den rette linie G_1 . Det k 'te intensitetsmaksimum foreligger for

frekvensen f på den rette linie G1 til en tid t , og afstandene mellem intensitetsmaksimaene andrager her

$$\frac{X(f)}{V_r}.$$

5 Tidsrummene indtil fartøjet når frem til målestedet 3 er

$$t_o - t_{CPA} = k \cdot \frac{X(f_o)}{V_r} \quad \text{og} \quad t - t_{CPA} = k \cdot \frac{X(f)}{V_r}.$$

10 Ligningen for $t_o - t_{CPA}$ opløses efter k og indsættes i ligningen for $t - t_{CPA}$. Man får for t :

$$t = (t_o - t_{CPA}) \cdot \frac{X(f)}{X(f_o)} + t_{CPA}.$$

15 Differentierer man denne ligning med hensyn til frekvensen f , får man stigningen af den rette linie G1

$$\frac{dt}{df} = t' = (t_o - t_{CPA}) \cdot \frac{X'(f)}{X(f_o)}.$$

20 Opløser man denne ligning efter $t_o - t_{CPA}$, får man for midterfrekvensen f_o

$$t_o - t_{CPA} = t' \cdot \frac{X(f_o)}{X'(f_o)}.$$

25 Dette tidsrum $t_o - t_{CPA}$ er imidlertid netop den tid, der går, indtil fartøjet 1 med nærmelseshastigheden V_r er nået frem til målestedet 3. Der gælder altså følgende ligning:

$$r = (t_o - t_{CPA}) \cdot V_r = t' \cdot \frac{X(f_o)}{X'(f_o)} \cdot V_r \quad (A).$$

30

I denne specielle bevægelsessituation er nærmelseshastigheden $V_a = V_r$ lig fartøjshastigheden V , der viser i retning af forbindelseslinien mellem fartøjet 1 og målestedet 3, således som det ellers for enhver almindelig bevægelsessituation gælder for den 35 radiale hastighedskomponent V_r .

Ifølge blokdiagrammet i fig. 2 er imidlertid den radiale hastighedskomponent V_r allerede blevet beregnet i regnetrinnet 40, og denne er her lig med nærmelseshastigheden $V_a = V_r$: $V_r = \frac{d}{r_{IK}}.$

I denne specielle bevægelsessituation er $\tau_2 = \frac{d}{c}$
og dermed

$$v_r = c \cdot \frac{\tau_2}{\tau_{IK}} = \frac{d}{\tau_{IK}} \quad (B)$$

Afstanden r skal i afstandsregneren 55 beregnes af ligning
(A) og ligning (B) som følger:

$$r = t' \cdot \frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot c \cdot \frac{\tau_2}{\tau_{IK}} = t' \cdot \frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot \frac{d}{\tau_{IK}} \quad (C)$$

Interferensbølgelængden $X(f_0)$ bestemmes forud ved kendskab
til det overføringslag, i hvilket målestedet 3 befinder sig. Lige-
ledes kan differentialkvotienten af interferensbølgelængden $X(f)$ med
hensyn til frekvensen f beregnes og bestemmes på forhånd for mid-
terfrekvensen f_0 . Ligning (C) indeholder således kun målelige
størrelser. Talrige forsøg har vist, at kvotienten

$$\frac{X(f_0)}{X'(f_0)}$$

uafhængigt af overføringslagets dybde altid er omtrent lig med
 $1,1 \cdot f_0$, til trods for at interferensbølgelængden $X(f)$ selv påvirkes
meget stærkt af dybden, hvorved skal forstås udstrækningen af
overføringslaget mellem dets grænseflader.

Fig. 7 viser et frekvens-tids-diagram, ved hvilket fartøjet
1 nærmer sig målestedet 3 med to forskellige fartøjshastigheder ved
en overløbning i henhold til fig. 6.1. På grundlag af dette prin-
cipdiagram skal fremgangsmåden og dens funktionsdygtighed også ved
ændring af nærmelseshastigheden V_a beskrives. Interferenslinierne er
approksimeret af rette linier. Man ser i det nederste område af
diagrammet rette linier, hvis stigning er større end i det øverste
område. Efter en tid på 600 s efter påbegyndelsen af målingen har
fartøjet 1 forøget sin fartøjshastighed V , da stigningen af de rette
linier er aftaget. Afstanden mellem de enkelte interferenslinier er
i dette område kun halvt så stor som i det nederste område i dia-
grammet. Deraf kan man slutte, at fartøjshastigheden V er blevet
fordoblet. Den første måling påbegyndes eksempelvis efter en tid på

100 s. Der betragtes et fremsensområde på $\Delta f = 200$ Hz, der ligger omkring en midterfrekvens på $f_0 = 300$ Hz. Tidsintervallet andrager $\Delta t = 200$ s. Udsnittet af interferensmønstret i den første målesituation er betegnet med bogstavet Y. Et sådant udsnit af intensitetsmønstret er blevet dannet i hver af intensitetsmønsterenhederne 30, 31 og 32. Det antages, at der ved hjælp af korrelatorkredsløbet 33 måles en tidsforskydning $\tau_{IK} = 20$ s mellem to intensitetsmønstre. Løbetidsforskellen mellem modtagelsessignalerne fra det samme omsætterpar, eksempelvis omsætterne 4 og 5, antages målt til

10 $\tau_1 = 0,067$ s, idet

$$\tau_1 = \frac{d}{c} = \frac{100 \text{ m}}{1500 \text{ m/s}} = 0,067 \text{ s}$$

i tilfælde af overløbning i henhold til fig. 6.1, hvor afstanden mellem omsætterne $d = 100$ m, og lydhastigheden andrager $c = 1500$ m/s. I 15 interferenslinieregneren 50 bestemmes stigningen t' af den interferenslinie, der forløber gennem midten af udsnittet Y. Den andrager $t' = 6,36$ s/Hz. Kvotienten bestemmes som følger:

$$\frac{X(f_0)}{X'(f_0)} = 1,1 \cdot f_0 = 1,1 \cdot 300 \text{ Hz.}$$

20

Ud fra disse målestørrelser beregnes afstanden r i henhold til ligning (C) som følger:

$$r = 1,1 \cdot 300 \cdot 6,36 \cdot \frac{100}{20} \approx 10500 \text{ m.}$$

25 Nærmelseshastigheden V_r , der her er den samme som fartøjs-hastigheden V , beregnes i henhold til ligning (B) som følger:

$$V_r = c \cdot \frac{\tau_1}{\tau_{IK}} = \frac{100 \text{ m/s} \cdot 0,0675}{20 \text{ s}} = 5 \text{ m/s} = 10 \text{ kn.}$$

Pejlevinklen ϕ fås ud fra løbetidsforskellen τ_1 som følger:

$$30 \quad \phi = \arcsin \left(c \cdot \frac{\tau_1}{d} \right) = \arcsin \frac{1500 \text{ m/s} \cdot 0,0675}{100 \text{ m}} = \arcsin 1$$

$$\phi = 90^\circ.$$

Kursvinklen γ er ligeledes lig 90° , da der ikke foreligger en tangential hastighedskomponent.

35 Der gennemføres en fornyet måling efter en tid på 900 s. Der dannes i intensitetsmønsterenheden 30 et udsnit Z som vist i fig. 7. Der findes følgende måleværdier:

tidsforskydningen

$$\tau_{IK} = 10 \text{ s,}$$

løbetidsforskellen

$$\tau_1 = d/c = 0,067 \text{ s,}$$

stigningen af interferenslinien
kvotienten

$$t' = 1,36 \text{ s/Hz},$$

$$1,1 \cdot f_0 = 1,1 \cdot 300 \text{ Hz}.$$

Med disse måledata findes afstanden

$$r \approx 4500 \text{ m}$$

5 og nærmelseshastigheden V_r

$$V_r = 10 \text{ m/s} = 20 \text{ kn}.$$

Pejlevinkel og kursvinkel andrager

$$\phi = \gamma = 90^\circ.$$

Af dette eksempel fremgår, at måldataene bestemmes rigtigt

10 uafhængigt af fartøjets forudgående og efterfølgende bevægelsesforløb.

Der melder sig derefter det spørgsmål, om fremgangsmåden til bestemmelse af måldata også kan anvendes, når fartøjet 1's kurs ikke forløber over målestedet 3, men løber forbi målestedet 3 med en tværafstand, i hvilket tilfælde interferenslinierne har et hyperbelformet forløb. Dette skal bevises under henvisning til principskitsen i fig. 8.

Fartøjet 1 befinder sig til tidspunktet t_1 i en afstand r fra målestedet 3 under en pejlevinkel ϕ i forhold til referenceretningen N . Fartøjet 1's kurs forløber under en kursvinkel γ i forhold til referenceretningen N og ligger i en tværafstand q fra målestedet 3. Fartøjet 1 bevæger sig med en fartøjshastighed V og har passeret tværafstanden q på stedet R til tidspunktet t_{CPA} . Mellem fartøjshastigheden V og den radiale hastighedskomponent V_r dannes en hastighedsvinkel α .

I tiden $\Delta\tau = t_1 - t_{CPA}$ har fartøjet med fartøjshastigheden V tilbagelagt vejen s :

$$s = V \cdot \Delta\tau.$$

Efter den pythagoræiske læresætning gælder følgende geometriske relation:

$$r^2 = q^2 + s^2 = q^2 + V^2 \cdot \Delta\tau^2.$$

$(V^2 \cdot \Delta\tau)$ udtages og divideres med $V^2 \cdot \Delta\tau$:

$$\frac{r}{V \cdot \Delta\tau} \cdot \frac{r}{V} = \Delta\tau + \frac{q^2}{V^2 \cdot \Delta\tau} \quad (I).$$

35

Desuden gælder for hastighedstrekanten af V , V_r og $V\theta$:

$$\cos \alpha = \frac{V_r}{V}.$$

For trekanten med målestedet 3, fartøjet 1 og stedet R som

vinkelspidser gælder:

$$\cos \alpha = \frac{s}{r} = \frac{V \cdot \Delta \tau}{r}.$$

Deraf følger

$$\frac{V \cdot \Delta \tau}{r} = \frac{V}{V_r},$$

og man får for ligningen I:

$$\frac{r}{V_r} = \Delta \tau + \frac{q^2}{V^2 \cdot \Delta \tau} \quad (\text{II}).$$

Det første led $\Delta \tau$ på højre side af lighedstegnet i ligning II er netop den tid, som går, når fartøjet 1 med fartøjshastigheden V tilbagelægger vejen s . Det andet led $\frac{q^2}{V^2 \cdot \Delta \tau}$ er det tidsrum ΔT , der ville gå, hvis fartøjet tilbagelagde vejen q fra målestedet 3 til stedet R med en fiktiv hastighed V^* , der viser i retning af tværafstanden q , som det fremgår af følgende omregning:

Med

$$s = V \cdot \Delta \tau$$

fås

$$\Delta T = \frac{q^2}{V^2 \cdot \Delta \tau} = \frac{q^2}{s \cdot V}. \quad (\text{III})$$

Desuden er i henhold til fig. 8

$$\frac{q}{s} = \tan \alpha,$$

som indsættes i ligning III

$$\Delta T = \frac{q}{V} \tan \alpha \quad (\text{IV})$$

og i henhold til fig. 8 er

$$\frac{V}{\tan \alpha} = V^*.$$

Denne opløses efter $\tan \alpha$ og indsættes i ligning IV, hvorved fås:

$$\Delta T = \frac{q^2}{V^2 \cdot \Delta \tau} = \frac{q}{V^*}.$$

Man kan nu forestille sig, at fartøjet 1 har nået sin nuværende position fra målestedet 3 med den radiale hastighedskomponent V_r ad vejen r efter en tid $\tau_{IS} = \frac{r}{V_r}$.

På den anden side kan det også have nået denne position ved, at det fra målestedet 3 har tilbagelagt tværafstanden q med den fiktive hastighed V^* i tiden $q/V^* = \Delta T$ og derefter vejen s med fartøjshastigheden V i tiden $\Delta \tau = t_1 - t_{CPA}$. Da imidlertid fartøjet 1 til tiden t_1 uafhængigt af den vej, det har fulgt, befinder sig i den indtegnede position er

$$\tau_{IS} = \Delta \tau + \Delta T = \frac{r}{V_r}.$$

Kvotienten

$$\frac{r}{V_r}$$

er imidlertid i henhold til ligning (A) lig med produktet af stigningen t' af en af interferenslinierne i afsnittet ved midterfrekvensen f_0 og faktoren

$$\frac{X(f_0)}{X'(f_0)} = 1,1 \cdot f_0.$$

Det gælder altså også for en vilkårlig kurs af fartøjet 1, at afstanden r mellem målestedet 3 og fartøjet 1 til enhver tid kan bestemmes ud fra stigningen t' af interferenslinien og den radiale hastighedskomponent V_r i henhold til ligning (A).

I afstandsregneren 55 i fig. 2 beregnes afstanden r . På regnekredsløbet 40's udgang optræder den radiale hastighedskomponent V_r af fartøjshastigheden V . Fartøjshastigheden V beregnes af den radiale hastighedskomponent V_r og den tangentielle hastighedskomponent V_θ efter den pythagoræiske læresætning i en fartøjshastighedsregner 60, hvis indgangsside er forbundet med regnekredsløbet 40 og over et multiplikationskredsløb 61 med afstandsregneren 55: $V = \sqrt{V_r^2 + V_\theta^2}$. I multiplikationskredsløbet 61 beregnes produktet af afstanden r og den tidsmæssige ændring af vinklen θ . Denne tidsmæssige vinkelændring benævnes hyppigt vinkelhastigheden $\dot{\theta}$. De geometriske relationer mellem hastighedskomponenterne V_r , V_θ af fartøjshastigheden V med hensyn til målestedet 3 fremgår af fig. 4. Vinklen θ bestemmes af løbetidsforskellen τ_2 i et efter maksimums-detektoren 35 tilsluttet regneværk 62 efter ligningen

$$\theta = \arcsin \frac{c \cdot \tau_2}{d}.$$

Efter regneværket 62 følger et differentieringskredsløb 63, i

hvilket den tidsmæssige ændring af vinklen ϑ bestemmes pr. tidsenhed T. Multiplikationskredsløbet 61 er med sin anden indgang forbundet med differentieringskredsløbet 63 og beregner produktet af afstanden r og den tidsmæssige ændring af vinklen ϑ . Dette produkt er lig med
 5 den tangentielle hastighedskomponent $V_{\vartheta} = r \cdot \dot{\vartheta}$.

Til beregning af den til Nord henførte kursvinkel γ er der efter interferenslinieregneren 50 og differentieringskredsløbet 63 koblet et vinkelregnetrin 64, hvori den i fig. 4 angivne hastighedsvinkel α beregnes. Hastighedsvinklen α ligger mellem den radiale
 10 hastighedskomponent V_r og fartøjshastigheden V og andrager:

$$\alpha = \arctan \left(\frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot t' \cdot \dot{\vartheta} \right). \quad (D)$$

Dette udtryk kan udledes af den geometriske konstruktion i
 15 fig. 4 under anvendelse af ligning (C) på følgende måde:

$$\tan \alpha = \frac{V_{\vartheta}}{V_r} = \frac{r_{IK}}{c \cdot \tau_2} \cdot r \cdot \dot{\vartheta} = \frac{r_{IK}}{c \cdot \tau_2} \cdot \dot{\vartheta} \cdot \frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot t' \cdot c \cdot \frac{\tau_2}{\tau_{IK}}.$$

Følgelig er

$$\tan \alpha = \frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot t' \cdot \dot{\vartheta}.$$

Ved opløsning af denne ligning efter α fås ligning (D).

Fartøjshastigheden V kan også beregnes af hastighedsvinklen
 25 α og den radiale hastighedskomponent V_r i henhold til ligningen

$$V = \frac{V_r}{\cos \alpha}.$$

Efter vinkelregnetrinnet 64 er der tilkoblet et summationskredsløb 65, der som anden indgangsstørrelse modtager den
 30 til Nord henførte pejlevinkel ϕ , hvorved i henhold til fig. 1 fås den til Nord henførte kursvinkel $\gamma = \phi - \alpha - 180^\circ$.

Fig. 9 viser en modifikation af interferenslinieregneren 50. Approksimationsregneren 51 indeholder her til bestemmelse af approksimationen en interferenslinie i intensitetsmønstrrets udsnit
 35 og en i simulationsregneren 52 etableret ret linie et udvælgelses-kredsløb 69, der opsøger de intensiteter i udsnittet, der ligger på den rette linie, og en middelværdidanner 70, i hvilken intensiteterne I_i langs den rette linie opsummeres og divideres med

deres antal N:

$$\bar{I} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i.$$

- 5 I et kvadreringskredsløb 71 bliver de enkelte intensiteter I_i langs den rette linie kvadreret, og i et efterfølgende summeringskredsløb 72 bliver de adderet og divideret med antallet N. Man får middelværdien af de kvadrerede intensiteter:

10
$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i^2.$$

Efter middelværdidanneren 70 og summeringskredsløbet 72 er der tilsluttet et regnekredsløb 73, hvori den relative standardafvigelse

15
$$\frac{\sigma}{\bar{I}}$$

af intensiteterne I_i langs med den rette linie fra deres middelværdi $\bar{I}$ udregnes efter formlen:

20
$$\frac{\sqrt{m - \bar{I}^2}}{\bar{I}} = \frac{\sigma}{\bar{I}}$$

- Regnekredsløbet 73's udgang er forbundet med et kontrolkredsløb 74 for frigivelsessignalet for approksimationsregneren 51. Kontrolkredsløbet 74 afgiver et frigivelsessignal, når den relative standardafvigelse

$$\frac{\sigma}{\bar{I}}$$

- er så lille som mulig og mindre end en forud fastsættelig værdi. Når dette er tilfældet, er intensiteterne I_i langs den rette linie næsten ens, og den rette linie approksimerer interferenslinien bedst muligt. Frigivelsessignalet tilføres stigningsregneren 53, i hvilken den i simulationsregneren 52 simulerede rette linie $t(f)$ differentieres med hensyn til frekvensen. Når der ikke frembringes noget frigivelsessignal, bliver den rette linie i simulationsregneren 52 drejet og/eller forskudt i tidsretningen, indtil den relative standardafvigelse $\frac{\sigma}{\bar{I}}$
- 30
- 35

er mindst mulig.

Det er ligeledes muligt i simulationsregneren 52 i stedet for en ret linie at simulere et bundt af rette linier, der alle skærer hinanden ved frekvensen $-0,1 \cdot f_0$ og på middelfrekvensen f_0 's frekvensspor har lige store afstande. Udvælgelseskredsløbet 69 opsøger da de tilsvarende intensiteter, der hører til de simulerede rette liniers koordinater, fra intensitetsmønstrrets udsnit, og disse videreføres for hver af de rette linier i middelværdidanneren 70 og kvadreringskredsløbet 71. For alle de rette linier beregnes den relative standardafvigelse

$$\frac{\sigma}{\bar{I}}$$

og de rette linier approksimeres til interferenslinierne i udsnittet. Kontrolkredsløbet 74 frembringer et frigivelsessignal, når den relative standardafvigelse

$$\frac{\sigma}{\bar{I}}$$

er mindst mulig for alle de rette linier. Fra simulationsregneren 52 overføres den gennem midten af udsnittet forløbende rette linie til stigningsregneren 53.

I det følgende skal beskrives det tilfælde, hvor der forekommer en dybdeændring i overføringslaget: Befinder målestedet med omsætterne sig eksempelvis i et fladtvandsområde, der ikke har en konstant vanddybde, er bestemmelsen af den radiale hastighedskomponent V_r ud fra tidsforskydningen τ_{IK} ikke mere uafhængig af skibspositionen og den på skibspositionen forhåndenværende vanddybde.

Fig. 10 viser en principskitse for en fladtvandskanal, hvor en kontinuerlig dybdevariation for simpelheds skyld er repræsenteret af to vanddybder H_1 og H_2 med et spring. På grundlag af denne model skal der forklares en korrektion af hastighedsmålingen. I denne som model tjenende fladtvandskanal sker der en interferens mellem to egenbølger, der i området med vanddybden H_1 har en interferensbølgelængde X_1 og i området med vanddybden H_2 en interferensbølgelængde X_2 . Målestedet 3 befinder sig i området med vanddybden H_1 . Befinder fartøjet 1 sig i området med vanddybden H_1 , måles der på målestedet 3 en tidsforskydning på τ_{IK1} , der sammen med afstanden d mellem omsætterne 4 og 5 leverer fartøjshastigheden $V_r = V$ i henhold til ligning (B).

Fartøjet 1 tilbagelægger eksempelvis med sin

fartøjshastighed V i en tid t_1 en vej, der netop er lig med interferensbølgelængden X_1 . Da fartøjet 1 er omgivet af sit interferensfelt, vil et intensitetsmaksimum i området med vanddybden H_2 i tiden t_1 tilbagelægge en vej S_2 , der er mindre end vejen X_1 og netop lig med interferensbølgelængden X_2 .

Befinder fartøjet 1 sig i området med vanddybden H_2 , vil et interferensmaksimum med fartøjshastigheden V i en tid t_2 tilbagelægge en vej svarende til interferensbølgelængden X_2 . Der måles på målestedet 3, hvor imidlertid i samme tid t_2 et interferensmaksimum har tilbagelagt en vej svarende til interferensbølgelængden X_1 med en målt hastighed V^{**} : $X_1 = V^{**} \cdot t_2$. Tiden t_2 bestemmes af interferensbølgelængden X_2 og fartøjshastigheden V og er

$$t_2 = \frac{X_2}{V}.$$

Indsætter man t_2 i ligningen for X_1 , får man $X_1 = \frac{V^{**}}{V} \cdot X_2$. Opløser man denne ligning efter den målte hastighed V^{**} , får man

$$V^{**} = V \cdot \frac{X_1}{X_2}.$$

Ud fra den tidsforskydning $\tau_{IK^{**}}$, der måles på målestedet 3, når fartøjet 1 befinder sig i området med vanddybden H_2 , kendes den målte hastighed V^{**} . Denne målte hastighed V^{**} er større end fartøjshastigheden V , nemlig

$$V^{**} = \frac{V \cdot X_1}{X_2},$$

hvor $X_1 > X_2$.

Fra den ovennævnte artikel af Weston er det kendt, at interferensbølgelængderne X_1 , X_2 forholder sig som kvadraterne på vanddybderne H_1 , H_2 :

$$\frac{X_1}{X_2} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^2.$$

Der fremkommer da en vurderingsfejl for hastigheden V af ligningen

$$\frac{\Delta V}{V^{**}} = \frac{V - V^{**}}{V^{**}} = -2 \cdot \frac{\Delta H}{H_1} + \left(\frac{\Delta H}{H_1} \right)^2$$

hvor $\Delta H = H_1 - H_2$.

I de fleste tilfælde er den relative dybdeændring

$$\frac{\Delta H}{H_1}$$

lille. Derfor kan man se bort fra det andet led i ovenstående
5 ligning. Man får en fortegningsrigtig korrektionsfaktor, der alene
afhænger af bundens hældning og er lig det dobbelte af den relative
dybdeændring.

På grund af ændringen af interferensbølgelængderne ændres
såvel interferensliniestigningen t' som tidsforskydningen τ_{IK} med
10 den samme faktor. Da disse værdier i henhold til ligning (C) indgår
som indbyrdes proportion i formelen for afstandsbestemmelsen, og de
øvrige størrelser i denne formel ikke påvirkes af dybdevariationen,
kræver afstanden ingen korrektion.

Til beregning af hastighedsvinklen α må værdien af interfe-
15 rensliniestigningen korrigeres. Betegnes den målte interferensli-
niestigningsværdi med t'^* og den korrigerede interferensliniestig-
ningsværdi med t' , gælder følgende korrektion:

$$t' = t'^* \cdot \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2.$$

20

Hastighedsvinklen α beregnes da med den korrigerede stigning
af interferenslinien af ligning (D) som følger:

$$\alpha = \arctan \frac{X(f_o)}{X'(f_o)} \cdot t'^* \cdot \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2 \cdot \frac{1}{V}.$$

25

30

35

P a t e n t k r a v:

1. Fremgangsmåde til passiv bestemmelse af måldata, såsom bevægelseshastighed, afstand og kurs af et fartøj eller køretøj, der udstråler selvgenereret bølgeenergi, navnlig et vandfartøj, ud fra et målested, ved hvilken fremgangsmåde bølgeenergien på målestedet modtages af omsættere og af disse omsættes til elektriske modtagelsessignaler, hvorhos en indfaldsretning af bølgeenergien i forhold til en henføringsretning bestemmes som pejlevinkel, k e n d e t e g n e t ved, at målestedet indenfor et måleområde lægges i et overføringslag med dispersionsegenskaber for den af fartøjet udstrålede bølgeenergi, at der på målestedet anbringes mindst to omsættere i afstand fra hinanden, at modtagelsessignalerne fra hver omsætter fortløbende underkastes en frekvensanalyse, og intensiteter lagres i afhængighed af såvel frekvensen som tiden, at der af de lagrede intensiteter af modtagelsessignalerne fra hver omsætter vælges et ved et forud fastsætteligt frekvensområde og et forud fastsætteligt tidsinterval bestemt udsnit, at der bestemmes en indbyrdes tidsforskydning af intensitetsmønstrene i de to udsnit, at der på den ene side til bestemmelse af fartøjshastigheden bestemmes en radial hastighedskomponent af fartøjshastigheden ud fra den med afstanden mellem omsætterne multiplicerede kvotient af sinus til pejlevinklen og tidsforskydningen og/eller på den anden side til bestemmelse af afstanden mellem målestedet og fartøjet indenfor et af udsnittene af op til hinanden liggende intensiteter af samme styrke frembringes frekvensafhængige interferenslinier, at den frekvensmæssige ændring eller stigning af i det mindste en af de i udsnittet forhåndenværende interferenslinier bestemmes, og at afstanden mellem målestedet og fartøjet bestemmes ud fra produktet af stigningen og den med afstanden mellem omsætterne multiplicerede kvotient af sinus til pejlevinklen og tidsforskydningen.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at en tangential hastighedskomponent af fartøjshastigheden bestemmes ud fra produktet af afstanden mellem målestedet og fartøjet og den tidsmæssige ændring af pejlevinklen.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at modtagelsessignalerne fra de to omsættere benyttes til bestemmelse af pejlevinklen og dennes ændring som funktion af tiden, at en løbetidsforskel mellem modtagelsessignalerne i et højere end frekvensområdet liggende frekvensinterval måles, og at pejlevinklen og

dens tidsmæssige ændring beregnes ud fra løbetidsforskellen under hensyntagen til afstanden mellem omsætterne.

4. Fremgangsmåde ifølge krav 3, *k e n d e t e g n e t* ved, at der på målestedet anbringes en tredje omsætter på en sådan måde, at de tre omsættere ligger i vinkelspidserne af en fortrinsvis ligesidet trekant beliggende i overføringslaget parallelt med dettes grænseplaner, og at omsætterne anvendes parvis til bestemmelse af tidsforskydning og løbetidsforskel.

5. Fremgangsmåde ifølge krav 4, *k e n d e t e g n e t* ved, at der ud fra løbetidsforskellene beregnes vinkler i forhold til halveringsnormalen til forbindelseslinien mellem hver to omsættere, at disse vinkler omregnes til vinkelværdier i forhold til en fælles referenceretning og sammenlignes med hinanden, og at pejlevinklen bestemmes ud fra de løbetidsforskelle, der hører til lige store vinkelværdier.

6. Fremgangsmåde ifølge krav 4 eller 5, *k e n d e t e g n e t* ved, at de bestemte løbetidsforskelle og/eller tidsforskydninger sammenlignes med hinanden, at den største løbetidsforskel til beregning af målafstanden og fartøjshastigheden kombineres med den af modtagelsessignalerne fra samme omsætterpar bestemte tidsforskydning, eller at den maksimale tidsforskydning kombineres med den ud fra modtagelsessignalerne fra samme omsætterpar bestemte løbetidsforskel.

7. Fremgangsmåde ifølge krav 6, *k e n d e t e g n e t* ved, at de til samme vinkelværdier hørende løbetidsforskelle sammenlignes med hinanden, og at pejlevinklen og den tidsmæssige ændring af denne bestemmes ud fra den mindste løbetidsforskel.

8. Fremgangsmåde ifølge krav 7, *k e n d e t e g n e t* ved, at kursen bestemmes ud fra pejlevinklen med tillæg af en hastighedsvinkel, der ligger mellem den radiale hastighedskomponent og fartøjshastigheden.

9. Fremgangsmåde ifølge krav 8, *k e n d e t e g n e t* ved, at hastighedsvinklen beregnes som arcus tangens til produktet af stigningen, en faktor, og den tidsmæssige ændring af pejlevinklen.

10. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af kravene 1-9, *k e n d e t e g n e t* ved, at frekvensområdet med dets midterfrekvens bestemmes på den måde, at der langs hvert frekvensspor bestemmes et modulationsmål for de lagrede intensiteter indenfor tidsintervallet, og at der som frekvensområde vælges et område af op

til hinanden liggende frekvensspor, for hvilke det frekvensmæssige forløb af modulationsmålet ligger over en tærskelværdi.

11. Fremgangsmåde ifølge krav 10, *k e n d e t e g n e t* ved, at frekvensintervallet til pejlingen vælges i en sådan frekvensafstand fra frekvensområdet og dets midterfrekvens, at
5 fasthastigheder af bølger indenfor dette frekvensinterval i afhængighed af frekvensen er tilnærmelsesvis konstante og lig med udbredelseshastigheden af bølgeenergien i måleområdets medium.

12. Fremgangsmåde ifølge krav 11, *k e n d e t e g n e t* ved, at målafstanden bestemmes som produktet af stigningen, løbetidsforskellen, udbredelseshastigheden og den nævnte faktor divideret med tidsforskydningen af intensitetsmønstrene af modtagelses-signalerne fra samme omsætterpar.

13. Fremgangsmåde ifølge krav 12, *k e n d e t e g n e t* ved, at den radiale hastighedskomponent bestemmes som den med udbredelseshastigheden multiplicerede løbetidsforskel divideret med den tilhørende tidsforskydning.

14. Fremgangsmåde ifølge krav 13, *k e n d e t e g n e t* ved, at fartøjshastigheden beregnes ved anvendelse af den pythagoræiske læresætning ud fra den radiale og den tangentielle hastighedskomponent ved kvadrering, summering og kvadratrodsuddragning.

15. Fremgangsmåde ifølge krav 12, *k e n d e t e g n e t* ved, at interferensbølgelængden af to i overføringslaget med hinanden interfererende egenbølger bestemmes som funktion af frekvensen, at dennes differentialkvotient med hensyn til frekvensen bestemmes
25 ved midterfrekvensen, og at faktoren bestemmes som kvotienten af interferensbølgelængden ved midterfrekvensen og dennes differentialkvotient.

16. Fremgangsmåde ifølge krav 12, *k e n d e t e g n e t* ved, at faktoren sættes til 1,1 gange frekvensområdets midterfrekvens.

17. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af kravene 1-16, *k e n d e t e g n e t* ved, at tidsintervallet vælges proportionalt med interferensbølgelængden af to i overføringslaget med
35 hinanden interfererende egenbølger, der fremkommer på grundlag af den valgte midterfrekvens, og omfatter mindst to interferenslinier på midterfrekvensens frekvensspor.

18. Fremgangsmåde ifølge krav 17, *k e n d e t e g n e t* ved, at afstanden mellem omsætterne vælges mindre end den halve

interferensbølgelængde af to i overføringslaget med hinanden interfererende egenbølger, der fremkommer på grundlag af den valgte midterfrekvens.

19. Fremgangsmåde ifølge krav 18, *k e n d e t e g n e t* ved, at omsætterne anbringes indenfor overføringslaget i en sådan distance parallelt med dettes grænseplaner, at der på grundlag af egenbølger af højere orden indenfor udsnittet fremkommer mere end to interferenslinier på midterfrekvensens frekvensspor.

20. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af kravene 1-19, *k e n d e t e g n e t* ved, at der ud fra modtagelsessignalerne fra hver omsætter til frekvensanalysen dannes korttids-effekttæthedsspektre i forud fastsættelige tidsenheder, at disse henført til en tidsbasis lagres som intensiteter i afhængighed af frekvensen, at tidsbasen er rasteropdelt i tidsenheder, og at tidsintervallet omfatter et forud fastsætteligt antal tidsenheder.

21. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af kravene 1-20, *k e n d e t e g n e t* ved, at stigningen bestemmes ved approksimation af en ret linie til interferenslinien.

22. Fremgangsmåde ifølge krav 21, *k e n d e t e g n e t* ved, at der indenfor et af frekvens- og tidsenheder dannet frekvens-tids-koordinatsystem for intensitetsmønstret måles intensiteterne langs en vilkårligt i udsnittet anbragt ret linie, og at denne rette linie for at approksimeres til interferenslinien drejes og forskydes i tids-og/eller frekvensretningen, indtil de langs den rette linie målte intensiteter har den mindste afvigelse fra hinanden.

23. Fremgangsmåde ifølge krav 22, *k e n d e t e g n e t* ved, at der indenfor intensitetsmønstrets frekvens-tids-koordinatsystem måles intensiteter langs en vilkårlig, i udsnittet anbragt ret linie, at middelværdien af de intensiteter, der måles langs den rette linie, dannes med henblik på approksimation af denne til interferenslinien, at de enkelte intensiteter kvadreres og adderes, at summen divideres med antallet af målte intensiteter, at den relative standardafvigelse af intensiteterne fra middelværdien bestemmes, og at den mindste afvigelse af den rette linie fra interferenslinien anses for opnået, når den relative standardafvigelse er mindst mulig.

24. Fremgangsmåde ifølge krav 22 eller 23, *k e n d e t e g n e t* ved, at der i frekvens-tids-koordinatsystemet tilvejebringes

et mønster bestående af et bundt af rette linier, der skærer hinanden ved $-0,1$ gange midterfrekvensen og har lige store afstande på midterfrekvensens frekvensspor, at udsnittet og bundtmønstret i overensstemmelse med midterfrekvensens frekvensspor forskydes i forhold til hinanden langs tidsaksen, indtil de enkelte rette linier i bundtet tangerer interferenslinierne og ikke mere skærer disse, og at stigningen af forbindelseslinien mellem de rette liniers skæringspunkt og midtpunktet af udsnittet angiver stigningen af interferenslinien.

10 25. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af kravene 1-24, k e n d e t e g n e t ved, at den tidsmæssige intensitetsfordeling i udsnittet af det til den ene omsætter hørende intensitetsmønster langs med hvert frekvensspor i det forud fastsættelige frekvensområde korreleres med den tidsmæssige intensitetsfordeling af det til den anden omsætter hørende intensitetsmønster langs med
15 det samme frekvensspor over det samlede tidsinterval, at der dannes middelværdierne af korrelationsfunktionerne for alle frekvenssporene, og at tidsforskydningen bestemmes ud fra stillingen af maksimum af middelværdierne af korrelationsfunktionerne.

20 26. Fremgangsmåde ifølge krav 25, k e n d e t e g n e t ved, at den bestemte radiale hastighedskomponent i tilfælde af et måleområde med dybdeændring mellem grænseplanerne i afhængighed af den relative dybdeændring henført til dybden på målestedet korrigeres med det dobbelte beløb af den relative dybdeændring.

25 27. Fremgangsmåde ifølge krav 26, k e n d e t e g n e t ved, at stigningen multipliceres med den kvadrerede kvotient af dybden på fartøjets position og dybden på målestedet.

30

35

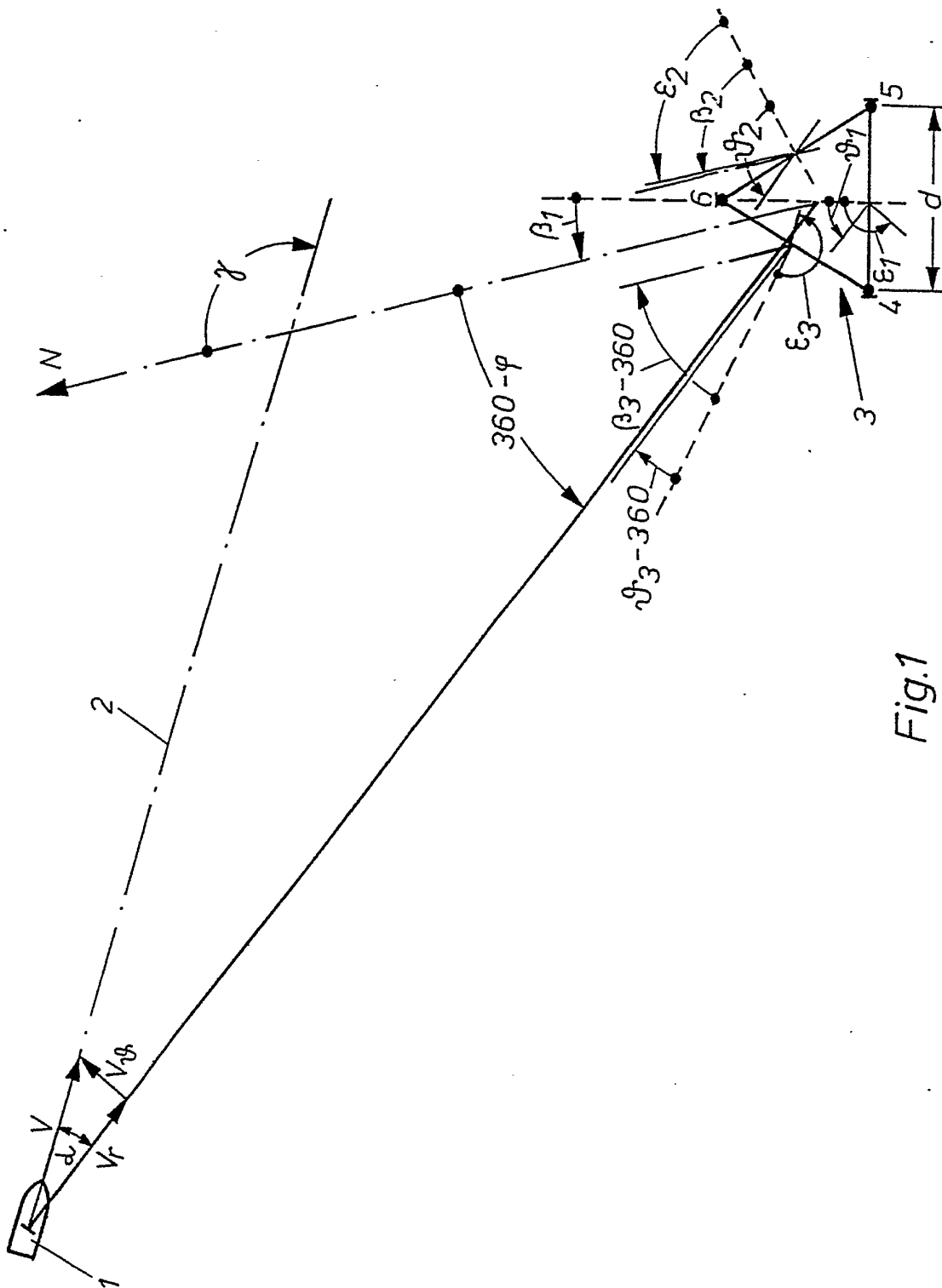
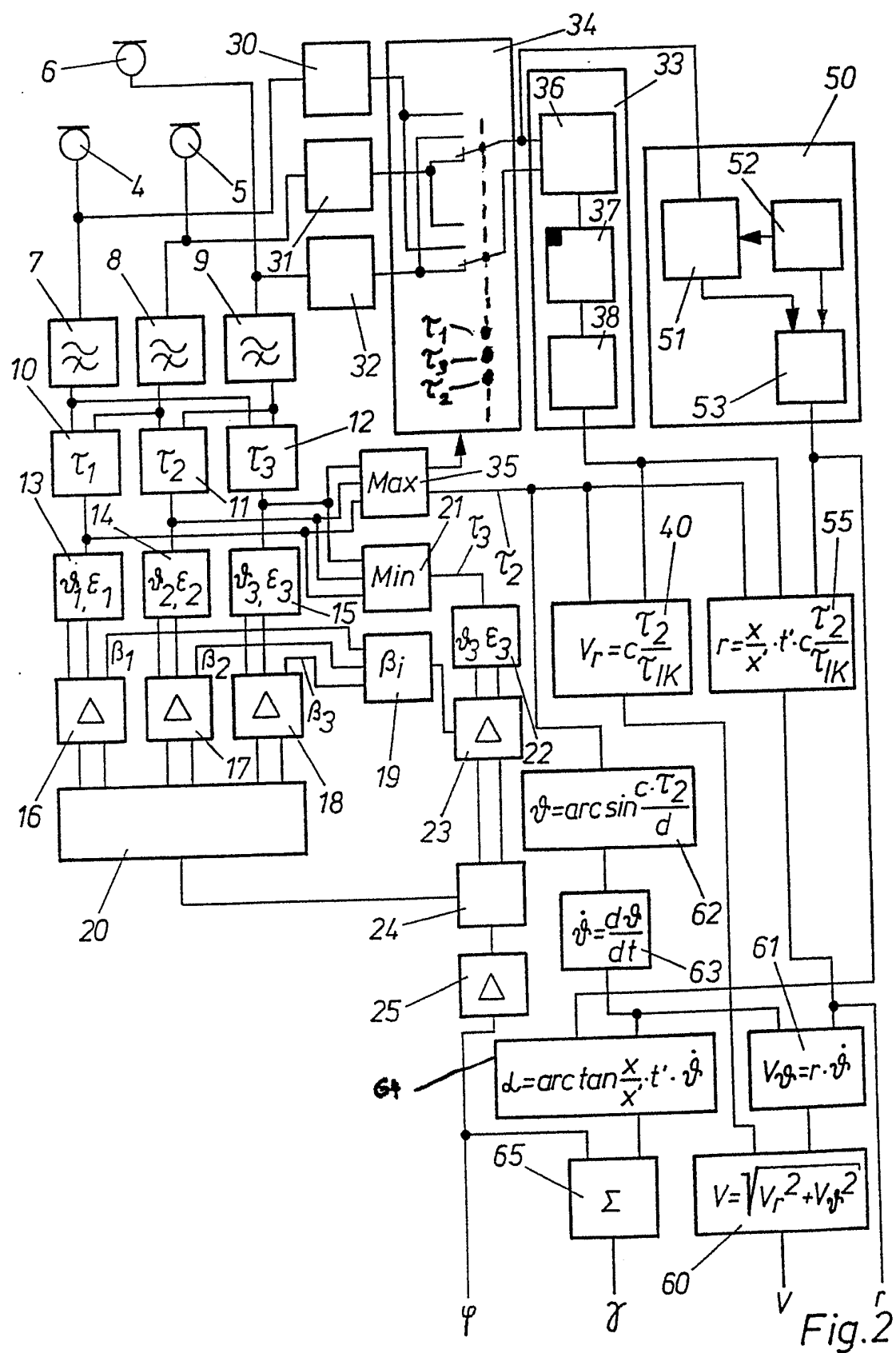
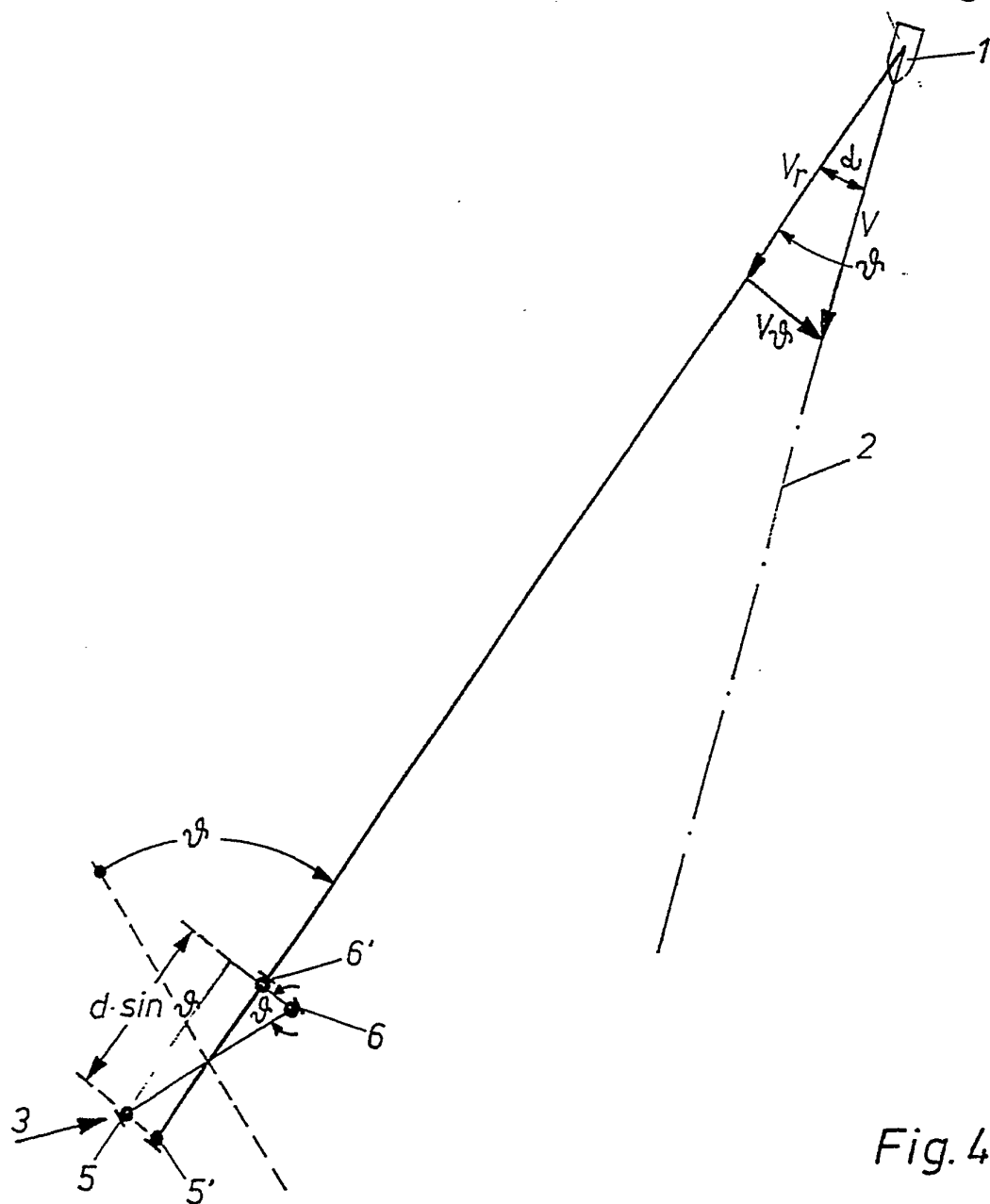
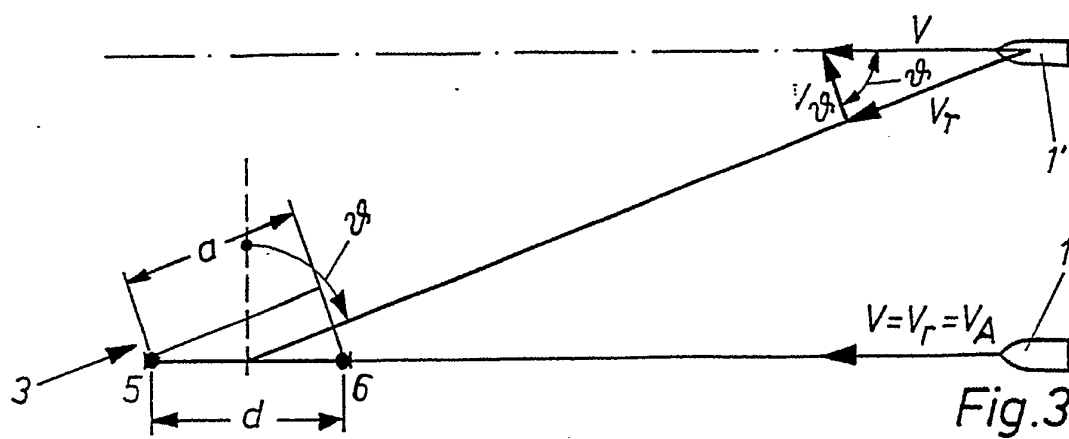


Fig.1





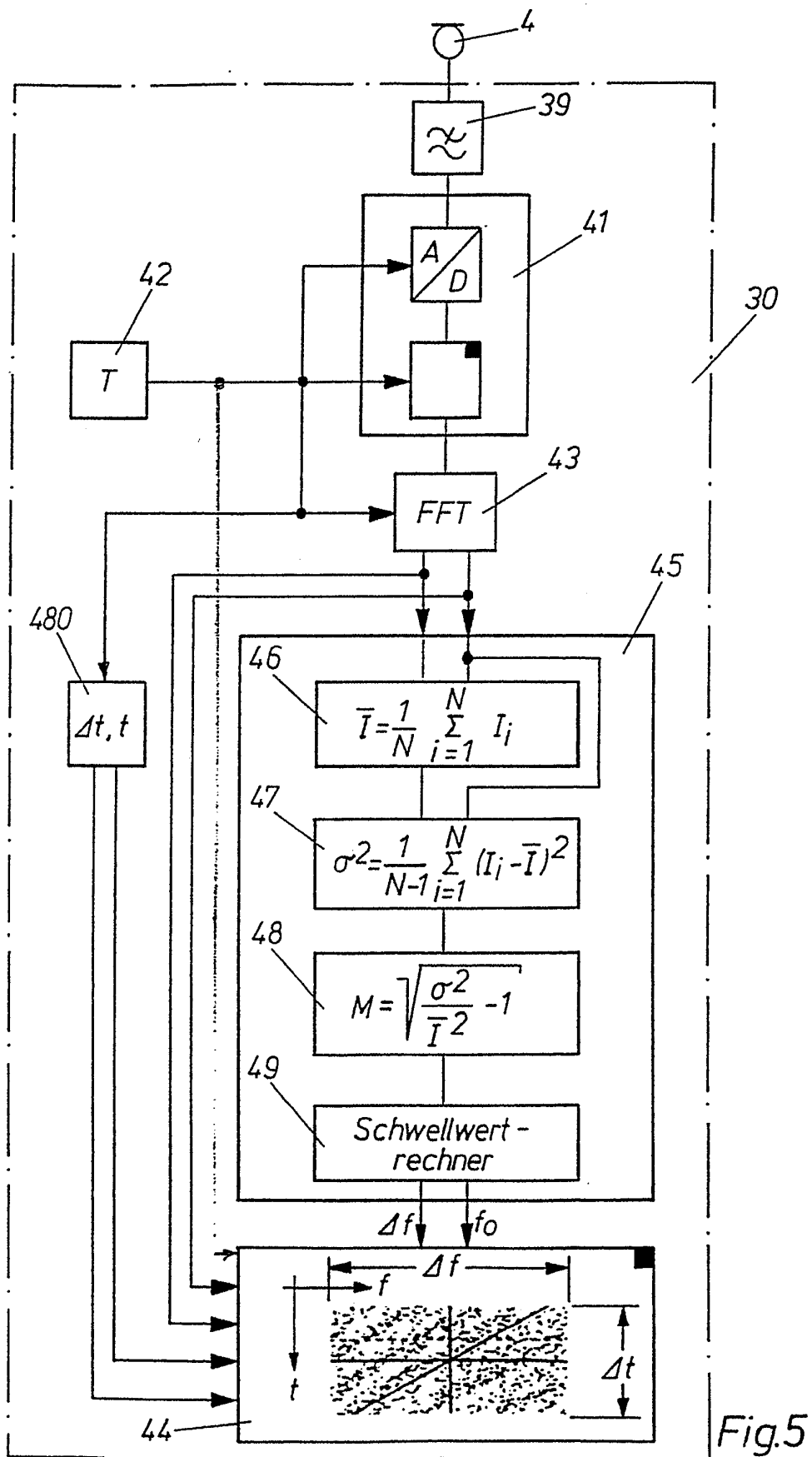


Fig.5

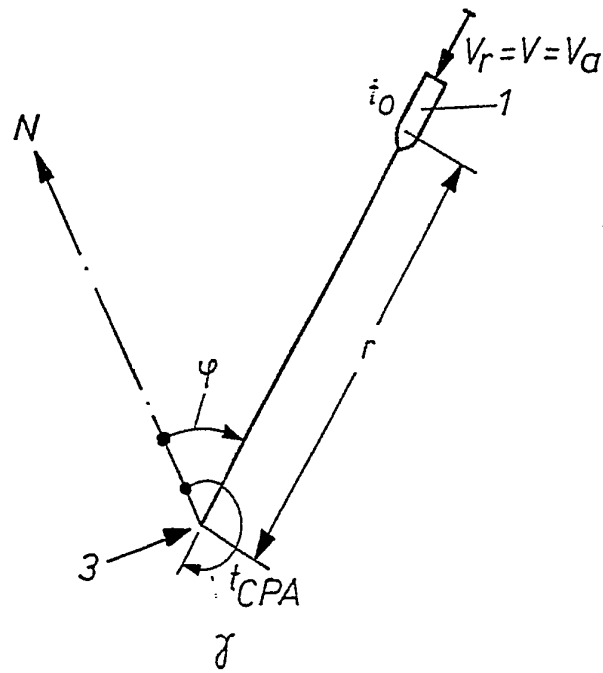


Fig. 6.1

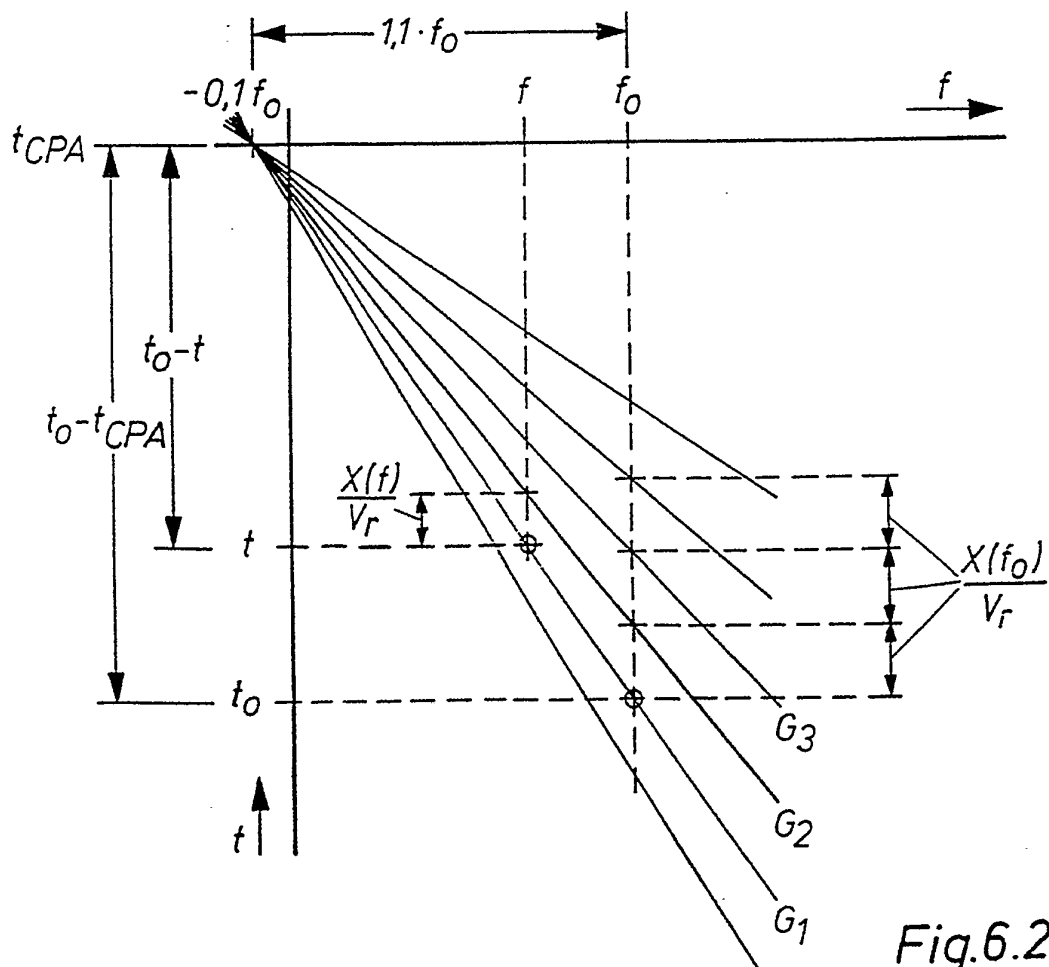


Fig. 6.2

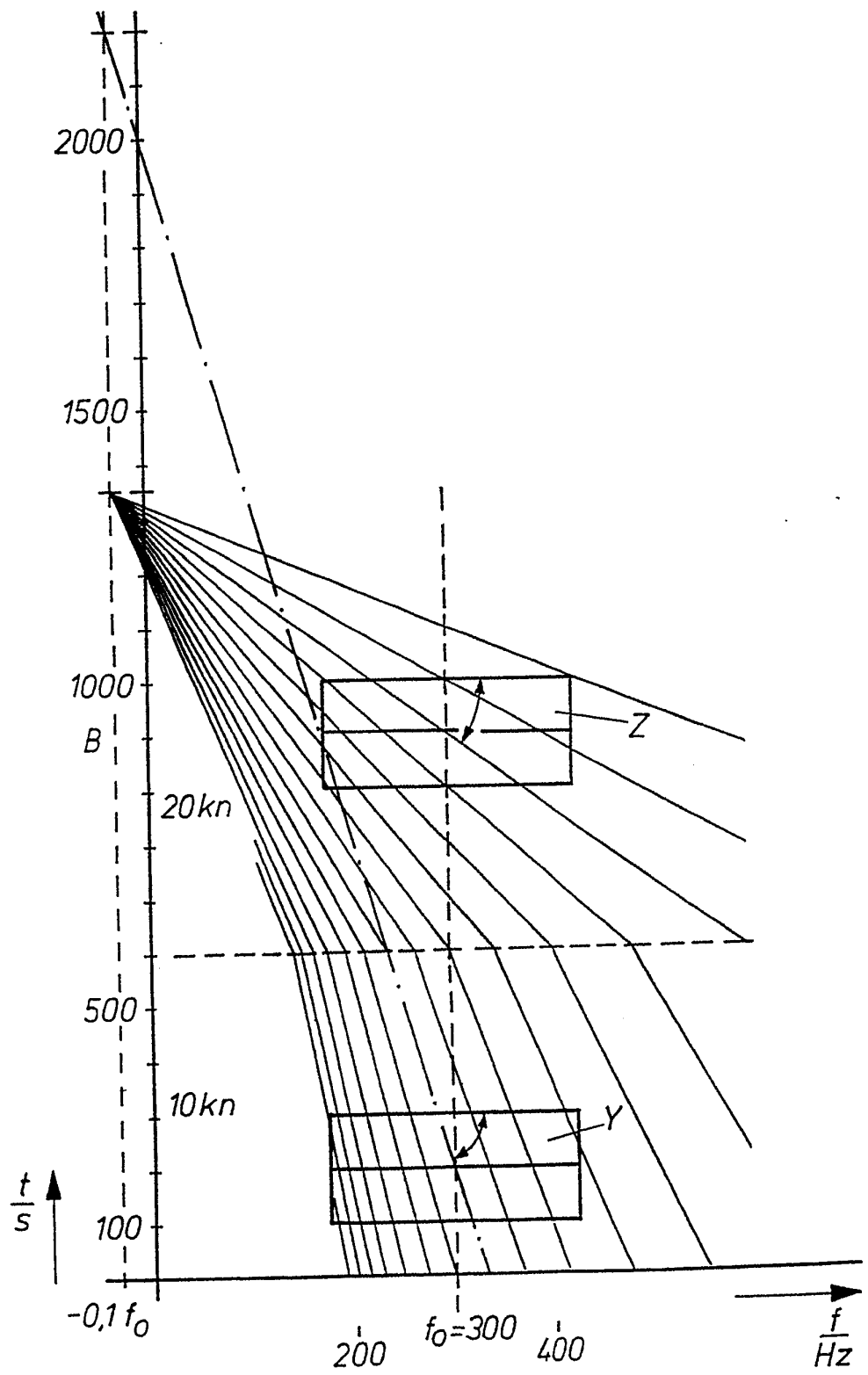


Fig.7

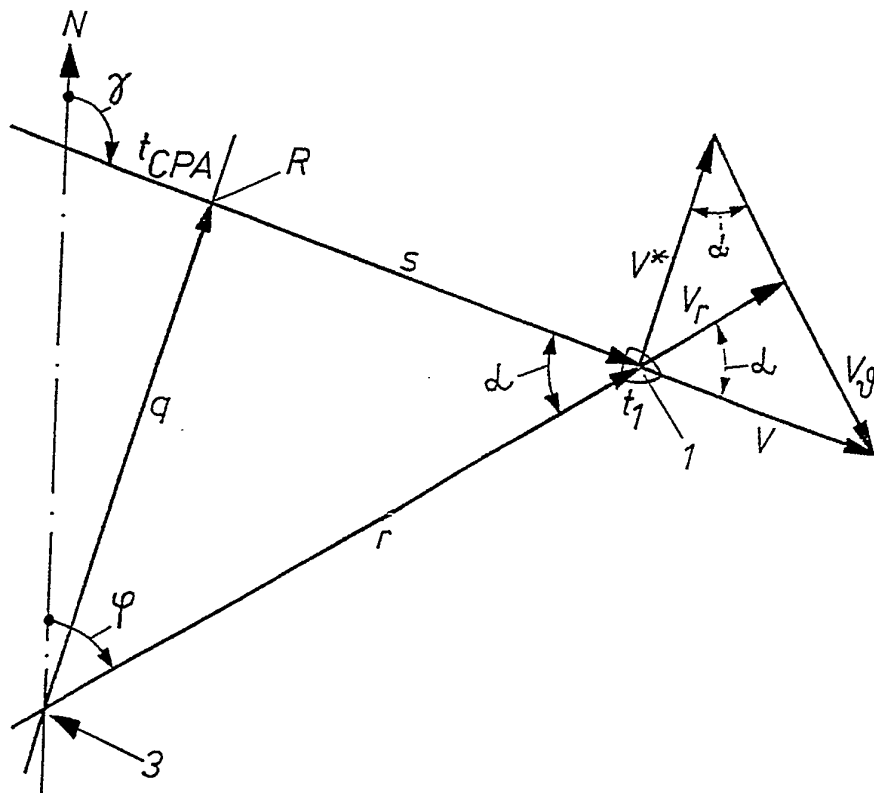
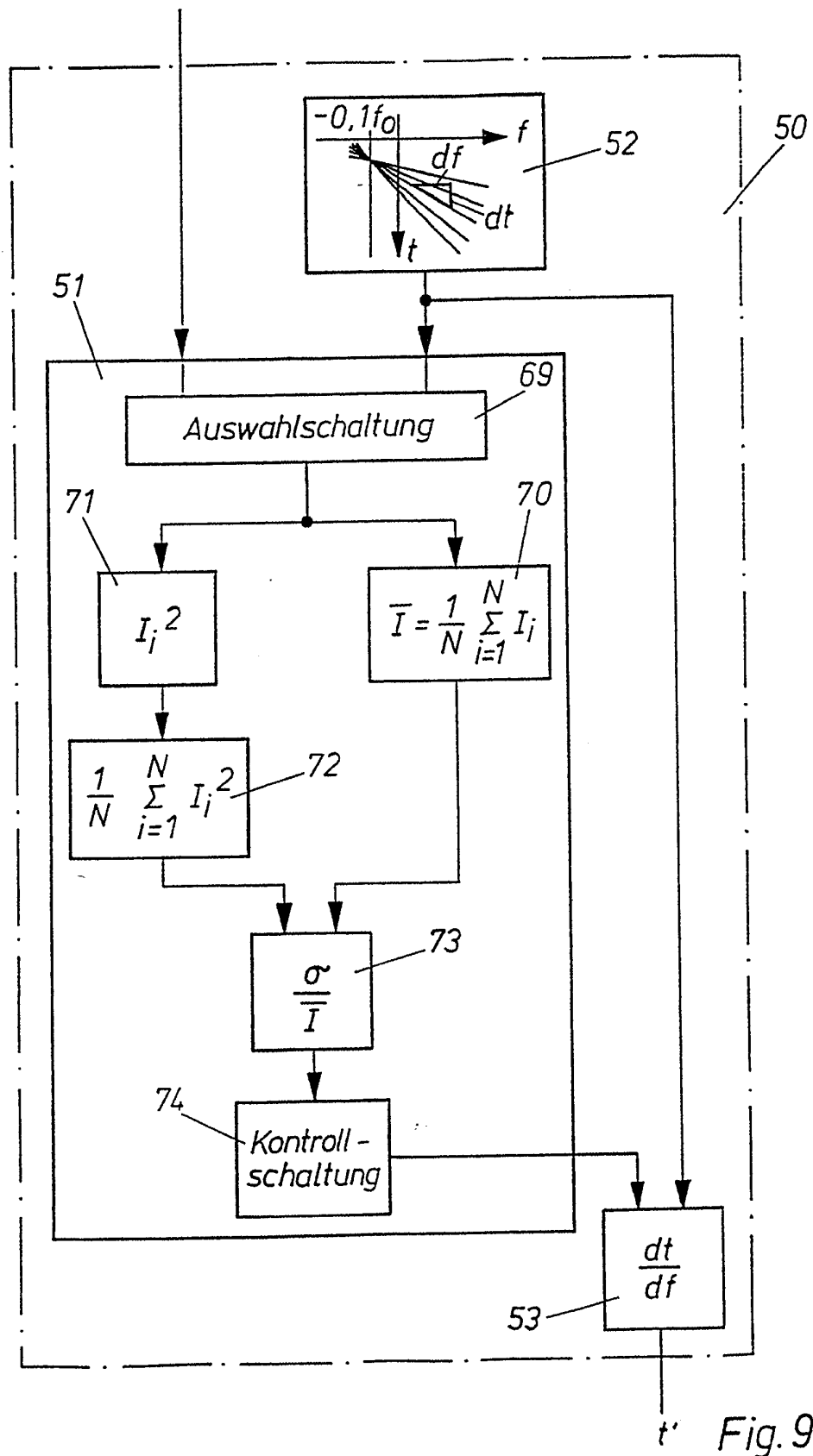


Fig.8



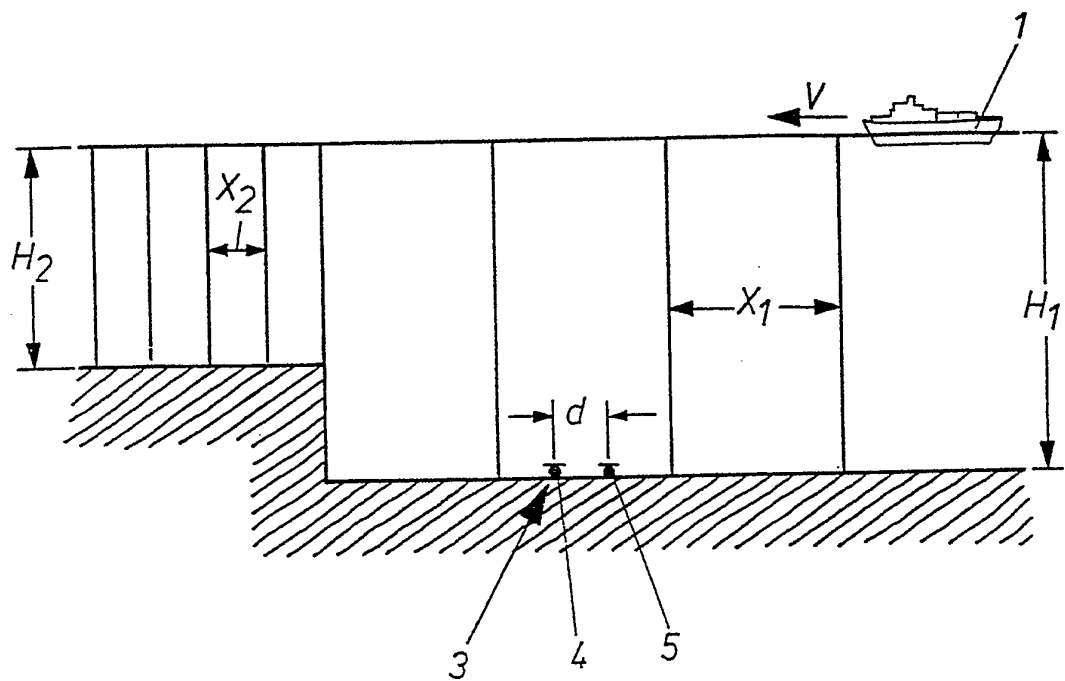


Fig.10