



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 135884

(51) Int. Cl.² G 05 D 1/02, B 63 H 25/04

(21) Patentsøknad nr. 1811/71
(22) Inngitt 13.05.71
(23) Løpedag 13.05.71

(41) Alment tilgjengelig fra 22.06.72
(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 07.03.77
(30) Prioritet begjært 21.12.70, Storbritannia, nr. 60590/70

(54) Oppfinnelsens benevnelse Fremgangsmåte og apparat for dynamisk posisjonering av et flytende fartøy.

(71)(73) Søker/Patenthaver SHELL INTERNATIONALE RESEARCH MAATSCHAPPIJ B.V.,
Carel van Bylandtlaan 30,
Haag,
Nederland.

(72) Oppfinner HENRICUS JOHANNES ZUNDERDORP, Rijswijk,
AUGUSTINUS JOHANNES BERKHOUT, Rijswijk,
Nederland.

(74) Fullmektig Tandbergs Patentkontor A-S, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner Ingen.

Oppfinnelsen angår dynamisk posisjonering eller stasjonering av et flytende fartøy for å holde avvik mellom fartøyets aktuelle posisjon og den ønskede posisjon liten uten bruk av ankere. For dette formål benyttes fartøyets fremdriftsenhet eller -enheter og/eller fartøyets ror, hvilke anordninger styres av signaler som representerer avviket mellom fartøyets aktuelle posisjon og dets ønskede posisjon.

Et fartøys posisjon kan angis ved hjelp av minst én koordinat i et kartesisk koordinatsystem, et polar-koordinatsystem eller hvilket som helst annet koordinatsystem i horisontalplanet som er egnet for formålet, og/eller ved hjelp av fartøyets kurs eller retning som angis ved vinkelen mellom fartøyets akse og en forutbestemt kompassretning. For bekvemmelighets skyld antas fartøyets kurs heretter å være én av koordinatene som er egnet for angivelse av et flytende fartøys posisjon.

Den anordning som anvendes ved den dynamiske stasjonering av et fartøy for å redusere fartøyets avvik fra en ønsket posisjon, kan utgjøres av én eller flere fremdriftsenheter og/eller ett eller flere ror. Fremdriftsenhetene kan være av forskjellige typer, og kan blant annet utgjøres av vertikalaksepropeller av typen Voith-Schneider, eller av fremre og/eller bakre sidetrykkpropeller som kan frembringe krefter som virker på tvers. De kan videre omfatte propeller som anvendes for normal forflytning av fartøyet og er egnet for å frembringe krefter som virker for og akter.

Dynamisk stasjonering er av særlig interesse for fartøyer, lektere eller andre flytende enheter som benyttes for boring av brønner i sjø- eller havbunnen. Dynamisk stasjonering er imidlertid også av interesse for alle

andre typer av fartøyer som skal holdes nøyaktig på en fast beliggenhet eller nøyaktig på en kontinuerlig eller diskontinuerlig foranderlig beliggenhet. Som eksempel på fartøyer som skal holdes på en fast beliggenhet under drift, kan nevnes oceanografiske fartøyer, vær-, rednings- og radarfartøyer. Sjøbrannsprøyter, slepebåter, kraner, oppmudringsbåter og kabel- eller ledningsleggende lektere bør være i stand til å manøvreres mellom faste beliggenheter, ofte langs en forutbestemt rute. Videre kan dynamisk stasjonering anvendes for å holde et fartøy på en forutbestemt kurs. I dette tilfelle måles avviket fra en ønsket kurs langs hvilken fartøyet bør seile, og signaler som representerer det målte avvik, benyttes til å kontrollere fartøyets fremdriftsenheter og/eller fartøyets ror.

Oppfinnelsen angår særlig problemet med dynamisk stasjonering av fartøyer som er utsatt for bølgevirkning. Enhver forflytning av et fartøy som skriver seg fra bølger som virker på fartøyet, vil etterfølges av en forflytning i motsatt retning, hvor den siste forflytning er et resultat av de elliptiske bevegelser av vannpartiklene som utgjør bølgene. Tidsintervallet mellom hver forflytning eller forskyvning og den etterfølgende returforskyvning avhenger av periodene for bølgene i hvilke fartøyet opererer, og det vil forstås at det for forholdsvis korte periodelengder er bedre å kople ut fartøyets dynamiske stasjoneringssystem, idet det er overflødig eller også uønsket da det for visse bølgeperioder også kan være ansvarlig for å starte oscillasjoner.

Da bølger imidlertid vil opptre samtidig med vannstrømmer og/eller vind, kan ikke det dynamiske stasjoneringssystem ganske enkelt koples ut, idet det da ikke ville skje noen korrigering av de avvik fra den ønskede posisjon som skyldes vind og/eller vannstrømmer som virker på fartøyet.

Oppfinnelsen angår således en fremgangsmåte for dynamisk opprettholdelse av et flytende fartøy i en ønsket posisjon eller på en bestemt kurs, hvor fartøyet er forsynt med en anordning for måling langs minst én koordinat av

fartøyets avvik fra den ønskede posisjon eller kurs, og hvor fremgangsmåten omfatter de trinn

- 1) å generere i tidsplanet et avviksignal som representerer det målte avvik idet en komponent av avviksignalet skrives seg fra bølgevirkning på fartøyet,
- 2) filtrere avviksignalet for å fjerne en utvalgt del av avviksignalets bølgekomponent,
- 3) avlede ut fra avviksignalet et styresignal med den utvalgte del av bølgekomponenten fjernet fra dette, og
- 4) å tilføre styresignalet til en anordning som er i stand til å redusere det langs koordinaten målte avvik.

Videre angår oppfinnelsen en anordning for dynamisk stasjonering av et flytende fartøy i overensstemmelse med den angitte fremgangsmåte, omfattende et system for måling langs minst én koordinat av fartøyets avvik fra den ønskede posisjon eller kurs, og for generering i tidsplanet av et avviksignal som representerer det målte avvik, hvilket avviksignal omfatter en komponent som skriver seg fra bølgevirkning på skipet, en regulator, en signaloverførende anordning som er egnet til å forbindes med en anordning tilpasset til å redusere fartøyets avvik målt langs koordinaten, og et filter for dempning av en utvalgt del av bølgekomponenten som er til stede i avviksignalet, idet regulatoren og filteret er operativt innkoplet mellom målesystemet og den signaloverførende anordning.

En sådan bølgefiltrering som ovenfor angitt resulterer i en styring som ikke oppviser noen tendens til å oscillere, og som fører til minst mulig ikke-påkrevet aksjon av fartøyets fremdriftsenhet eller -enheter og/eller dets ror, og reduserer følgelig både energi- og vedlikeholdskostnader for fremdriftsenhetene og/eller rorenhetene.

Det dynamiske posisjoneringssystem som er kjent fra britisk patentskrift 1 186 103, filtrerer en utvalgt del av avviksignalets bølgekomponenter ved hjelp av et enkelt elektrisk filter. Et slikt filter forårsaker imidlertid en stor faseforsinkelse i styresignalet.

Responsen for dette tidligere kjente system er følgelig langsom og systemet er upålitelig for praktisk bruk.

Formålet med oppfinnelsen er å eliminere ulempene ved den tidligere kjente teknikk, og å optimalisere virkemåten for dynamiske stasjoneringsanordninger for å øke deres effektivitet.

Ifølge oppfinnelsen er en fremgangsmåte av den ovenfor angitte art kjennetegnet ved at autokorrelasjonsfunksjonen for det signal som representerer den del av avvikssignalet som ligger i et frekvensbånd som omfatter den utvalgte bølgekomponent, bestemmes periodisk og impulsresponsen for et minimumsforsinkelsesfilter som er tilpasset for filtrering av avvikssignalet i trinn 2), syntetiseres periodisk ut fra denne autokorrelasjonsfunksjon.

Anordningen for utførelse av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen er kjennetegnet ved at filteret omfatter et system for periodisk bestemmelse av autokorrelasjonsfunksjonen for det signal som representerer den del av avvikssignalet som ligger i et frekvensbånd som omfatter den utvalgte del av bølgekomponenten, og et system for periodisk syntetisering av en minimumsforsinkelsesfilterimpulsrespons ut fra denne autokorrelasjonsfunksjon.

Oppfinnelsen skal i det følgende beskrives nærmere under henvisning til tegningene som viser eksempler på utførelser ifølge oppfinnelsen, og der fig. 1 skjematisk viser et sideriss av et fartøy som bærer et borestillas og er forsynt med en dynamisk stasjoneringsanordning, fig. 2 viser i planriss avviket fra den ønskede posisjon for fartøyet ifølge fig. 1, fig. 3 viser et riss lignende det på fig. 2, men som viser fartøyet's posisjon som om det ikke ble utøvd noen bølgepåvirkning på fartøyet, fig. 4 viser et vektordiagram som anvendes for beregning av den virkning som skal utføres av en av drivenhetene for fartøyet ifølge fig. 1, for å bevege fartøyet til den ønskede posisjon, og fig. 5 viser et annet vektordiagram som angir den virkning som skal utføres av den andre drivenhet for fartøyet ifølge fig. 1, for å bevege fartøyet til den ønskede posisjon;

fig. 6 viser skjematisk de signaler som går gjennom den dynamiske stasjoneringsanordning til fartøyets drivenhet, fig. 7 viser avvikssignalet og en valgt del av dets bølgekomponent i tidsplanet, fig. 8 viser amplitudespektrumet $|X(f)|$ for avvikssignalet ifølge fig. 7, fig. 9 viser skjematisk de trinn som skal utføres ved fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen, og de beregningsenheter i hvilke disse trinn utføres, og fig. 10 viser amplitudespektrumet $|G(f)|$ for transferfunksjonen $G(f)$ for et null-fasefilter med en impulsrespons $g(\tau)$ som vist på fig. 9.

Der hvor uttrykket "fasespektrum" benyttes i den foreliggende beskrivelse og i kravene, angir et sådant spektrum sammenhengen mellom frekvensene for de sinusformede komponenter i et signal og faseforskjellen mellom inngangen og utgangen av hver komponent ved passasje gjennom et filter eller et annet element i et styresystem. Uttrykket "amplitudespektrum" angir sammenhengen mellom frekvensene for de sinusformede komponenter i et signal og amplituden for hver av komponentene. Uttrykket "amplitudespektrum for et filter" angir sammenhengen mellom frekvensene for de sinusformede komponenter i filterets enhetsimpulsrespons og amplituden for hver av komponentene. Uttrykket "fasespektrum for et filter" angir sammenhengen mellom frekvensene for de sinusformede komponenter i filterets enhetsimpulsrespons og faseforsinkelsen for hver komponent i forhold til enhetsimpulsen. Uttrykket "filterlengde" refererer seg til en vilkårlig valgt tidsperiode av enhetsimpulsresponsen for et filter. Videre angir uttrykket "energisppektrum" energifordelingen for et signal over frekvensene for dets sinusformede komponenter.

Det flytende fartøy 1 på fig. 1 er egnet for utførelse av boreoperasjoner i en undervannsbrønn 2 med et brønnhus 3 som er beliggende over sjøbunnen 4. En rørstreng 5 er nedsenket i bunnen 2 på passende måte (ikke vist da den er i og for seg kjent) fra borestillaset 5A som er montert på fartøyet 1. For enkelthets skyld er all annen utrustning som kreves for utførelse av boreoperasjoner, utelatt på tegningen.

135884

Fartøyet 1 er forsynt med to drivenheter 6 og 7 som er dreibart anordnet på akser 8 henholdsvis 9, for å variere retningene av de frembrakte trykkrefter. Størrelsen av de trykkrefter som avgis av enhetene 6 og 7, er videre variable, slik at fartøyet 1 ved passende valg av retningen og størrelsen av hvert trykk som utøves av drivenhetene 6 og 7, kan forskyves fra den aktuelle posisjon til en ønsket posisjon.

Den måte på hvilken den dynamiske stasjoneringens anordning arbeider for å redusere fartøyet 1 avvik fra den ønskede posisjon, skal nå beskrives under henvisning til fig. 2 - 6.

Som vist på fig. 2, angis fartøyet 1 posisjon i forhold til X-aksen og Y-aksen. Disse akser er aksene i et målesystem som anvendes for måling av avviket av fartøyet 1 fra dets ønskede posisjon 1'. Den ønskede kurs er i retning av den negative X-akse. Den aktuelle posisjons vinkelavvik i forhold til den ønskede posisjon er betegnet med ϕ . For å nå den ønskede posisjon 1', må fartøyet 1 dreies vinkelen ϕ og forskyves avstandene x og y langs X-aksen henholdsvis Y-aksen.

Fartøyet 1 avvik fra den ønskede posisjon 1' skriver seg fra en kombinert virkning av bølger, vind og vannstrømmer. Bølgevirkningen som utøves på fartøyet 1, er forskjellig fra vindvirkningen og vannstrømmen, idet ethvert avvik som skriver seg fra høyfrekvensdelen av bølgevirkningen på fartøyet 1, kompenseres innenfor en forholdsvis kort periode, da den oscillerende bevegelse av de vannpartikler som danner bølgene, forårsaker at ethvert objekt som utsettes for bølgevirkning, svinges frem og tilbake rundt en midlere posisjon. Da ethvert avvik av fartøyet 1 fra den ønskede posisjon automatisk kompenseres innenfor en kort periode for den del av avviket som skyldes høyfrekvensdelen av den bølgevirkning som utøves på fartøyet, ser man ved fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen bort fra innvirkningen av denne del av bølgekomponenten av avviket ved frembringelsen av styresignalet for dynamisk stasjonering av fartøyet 1.

Ved å dempe høyfrekvensdelene av de bølgekomponenter som er til stede i komponentene x , y og φ (som vist på fig. 2) av avviksignalet på en måte som skal beskrives nærmere senere, gjenstår signaler S_x , S_y og S_φ , og disse signaler representerer fartøyets 1 avvik langs X-koordinaten, Y-koordinaten henholdsvis i rotasjonsretningen. Dersom da innvirkningen av høyfrekvensdelen av bølgevirkningen neglisjeres, kunne fartøyets 1 posisjon angis ved avviksignalkomponentene S_x , S_y og S_φ (fig. 3). Som vist på fig. 4 og 5, kan det trykk som skal utøves av drivenhetene 6 og 7 for å føre fartøyet tilbake til sin ønskede stilling, i tilfelle bare det avvik som skriver seg fra vind, vannstrømmer og lavfrekvente bølgekomponenter skal motvirkes, finnes ved vektoriell addisjon av signalene S_x og S_y og vektoriell addisjon av signalene S_φ for drivenheten 6 og vektoriell subtraksjon av dette signal for drivenheten 7.

Trykkvektorene V_A og V_B som skriver seg fra de på fig. 4 henholdsvis fig. 5 viste vektordiagrammer, representerer størrelsen og retningen av trykket fra drivenheten 6 henholdsvis 7.

Slik som skjematisk vist på fig. 6, inneholder den dynamiske stasjoneringsanordning ifølge oppfinnelsen måleenheter 10, 11 og 12 for måling av fartøyets avvik fra den ønskede posisjon langs X-aksen, Y-aksen og i rotasjonsretningen i forhold til X-aksen. Avviksignalene x , y og φ som måles av enhetene 10, 11 og 12, er komponentene av fartøyets forskyvning i forhold til den ønskede posisjon som et resultat av bølgevirkning, vindvirkning og vannstrømvirkning som utøves på fartøyet. Ifølge oppfinnelsen ledes disse signaler gjennom filtre 13, 14 henholdsvis 15, slik at de bølgekomponenter som er til stede i avviksignalene x , y og φ , selektivt dempes, slik at man får signalene S_x , S_y og S_φ (sammenlign fig. 3). Disse signaler representerer komponentene i fartøyets avvik fra den ønskede posisjon under påvirkning av vind og vannstrømmer og den lavfrekvente del av vannbølgene. Da den lavfrekvente del av de bølgekomponenter som er til stede i avviksignalene, bør regnes med i den dynamiske stasjoneringsvirkning, blir denne del ikke fjernet fra signalene x , y og φ av filtrene 13, 14 henholdsvis 15, og den er således inkludert i signalene S_x , S_y og

S φ . Vektorene S_x , S_y og S_φ blir senere vektorielt kombinert i enheten 16 som antydnet på fig. 4 og 5, og de resulterende vektorer V_A og V_B som beskriver retningen og størrelsen av de korreksjonssignaler som skal tilføres til drivenhetene 6 og 7, tilføres til disse enheter gjennom regulatorer 17 henholdsvis 18 som har proporsjonal-, og eventuelt derivat- og/eller integralvirkninger.

Tidsplanfunksjonen $x(t)$ av avvikssignalet langs X-aksen er på fig. 7 vist over et visst tidsrom. Høyfrekvensdelen $W_x(t)$ av den bølgekomponent som er til stede i dette avvikssignal $x(t)$, er angitt ved den strektegnede kurve. For hvert tidspunkt t kan signalet $S_x(t)$ finnes ved å subtrahere høyfrekvensdelen $W_x(t)$ av bølgekomponenten ved tidspunktet t fra avvikssignalet $x(t)$ ved samme tidspunkt. Som eksempel er denne subtraksjon vist ved tidspunktet t_0 .

Som vist på fig. 8, viser amplitudespektrumet $|X(f)|$ av signalet $x(t)$ tatt over en viss tidsperiode (tidsvinduet T_x som vist på fig. 7) to skarpt adskilte frekvensbånd. Frekvensbåndet Δf_1 i hvilket det opptrer forholdsvis lave frekvenser, omfatter den del av avvikssignalet $x(t)$ som det må kompenseres for i den dynamiske stasjoneringprosess. Amplitudespektrumet i båndet Δf_1 består i det vesentlige av den avvikskomponent som skriver seg fra vindvirkning og vannstrømmer, mens amplitudespektrumet for frekvensbåndet Δf_2 i det vesentlige om ikke utelukkende, består av den avvikskomponent som skriver seg fra høyfrekvensdelen av bølgevirkningen. Det kan således sies at komponenten av avvikssignalet i frekvensbåndet Δf_2 dannes av signalet $W_x(t)$, og komponenten av avvikssignalet i frekvensbåndet Δf_1 dannes av signalet $S_x(t)$.

Høyfrekvensdelen av den bølgekomponent som er til stede i frekvensbåndet Δf_2 av avvikssignalet $x(t)$, hvilken del det ikke er nødvendig å kompensere eller motvirke, kan nå fjernes ved å selektivt dempe denne bølgekomponent ved at avvikssignalet $x(t)$ ledes gjennom et lavpassfilter hvis amplitudespektrum er vist på fig. 8 ved den strektegnede kurve 20. Da slike filtre er i og for seg kjent, skal de her ikke beskrives nærmere. Filterets cut-off eller grensefrekvens f_c velges slik at den er tilnærmet lik den øvre grense for frekvensbåndet Δf_1 . Da bredden av båndet Δf_1 bør varieres med foranderlig vannndybde og/eller værforhold, bør filteret være konstruert med variabel grensefrekvens f_c . Et slikt filter som anvendes som filter 13 i den dynamiske stasjonering-

anordning ifølge fig. 6, kan dannes av et elektrisk nettverk hvor et elektrisk signal $x(t)$ tilføres til filterets inngang og et signal $S_x(t)$ avgis på utgangen. Signalet $S_x(t)$ er imidlertid, på grunn av en uunngåelig faseforsinkelse i det elektriske filter, ikke tilgjengelig ved tiden t_0 , men en viss tid ΔT_x etter tiden t_0 .

Dersom signalet $x(t)$ ledes i digital form gjennom den dynamiske stasjoneringens anordning som er skjematisk vist på fig. 6, kan det foran nevnte elektriske nettverk simuleres ved hjelp av en digital beregningsenhet som folder impulsresponsen for et filter med amplitudespektrum 20 (se fig. 8) med signalet $x(t)$ over det tidsvindu T_x som går foran tidspunktet t_0 (som vist på fig. 7). Resultatet av denne foldning er da signalet S_x som imidlertid, på grunn av en uunngåelig faseforsinkelse i et slikt filter, ikke er tilgjengelig ved tiden t_0 , men en viss tid ΔT_x etter tiden t_0 .

Det vil forstås at de samme operasjoner som er beskrevet under henvisning til fig. 8, kan utføres for bestemmelse av signalene S_y og S_ϕ .

For en gitt form på filterets amplitudespektrum er tidsforsinkelsen ΔT_x minimal dersom filteret er et minimumsfasefilter. Dersom imidlertid denne minimale tidsforsinkelse ΔT_x fremdeles anses å være for stor for en spesiell dynamisk stasjoneringssoperasjon, må det benyttes et raskere system og et slikt system skal i det følgende beskrives under henvisning til fig. 9.

Fig. 9 viser i skjematisk form de beregningsenheter som skal anvendes og de trinn som må utføres når man ved filtervirkning ønsker å fjerne nesten øyeblikkelig den valgte høyfrekvensdel av den bølgekomponent som er til stede i avviksignalets x -komponent. I de forskjellige blokker som er vist på fig. 9, er disse trinn angitt med henvisningsbokstaver a, b, c, d, e, f og g.

Avviksignalet $x(t)$ som er vist som funksjon av tiden ved kurven 21, samples eller prøvetas hvert sekund og lagres i en minnedel 22. De fortløpende verdier prøvetas innenfor et tidsintervall T_x . Tidsvinduet eller -intervallet T_x strekker seg fra $t_0 - T_x$ til t_0 (idet t_0 er tidspunktet for den siste prøvetagning).

Dersom tidsintervallet T_x strekker seg over et tidsrom på 500 sekunder, lagres 500 prøvetagninger av $x(t)$ i minneenheten 22. For hvert sekund som går, tilføyes en ny prøvetagning i minneenheten 22 og en annen, nemlig den eldste prøvetagning, utviskes fra denne (trinn a).

En gang for hver T_p sekunder (T_p har f.eks. en verdi på 500 sekunder) beregnes auto-korrelasjonsfunksjonen for det således lagrede signal $x(t)$ i beregningsenheten 24 (trinn b). Denne auto-korrelasjonsfunksjon $R_{xx}(\tau, t_0)$ med en lengde på T_R sekunder (se henvisningstall 25) lagres i T_p sekunder og anvendes i beregningsenheten 26 (trinn c) for oppnåelse av auto-korrelasjonsfunksjonen for det signal som representerer en utvalgt del av den bølgekomponent som er til stede i avvikssignalet $x(t)$. Denne auto-korrelasjonsfunksjon $R_{W_x W_x}(\tau, t_0)$ oppnås ved foldning av auto-korrelasjonsfunksjonen $R_{xx}(\tau, t_0)$ med impulsresponsen $g(\tau)$ for et filter, hvis overføringsfunksjon $G(f)$ har et amplitudespektrum (som vist ved kurve 27 på fig. 10) med forholdsvis høye verdier for et frekvensbånd Δf_2 som svarer til frekvensbåndet for den utvalgte del av den frekvenskomponent som er til stede i avvikssignalet, og forholdsvis lave verdier for et frekvensbånd Δf_1 , og som har et fasespektrum som er null for alle frekvenser. Grensefrekvensen f_c svarer til den laveste frekvens i den valgte del av bølgekomponenten som skal fjernes fra signalet $x(t)$. Det vil innses at parametrene for filteret med impulsresponsen $g(\tau)$ kan varieres fra tid til tid. Således kan parameteren f_c varieres med varierende værforhold og/eller vanndybder.

Foldningsoperasjonen i trinn c som utføres i beregningsenheten 26, er betegnet med symbolet $\times$.

Den auto-korrelasjonsfunksjon $R_{W_x W_x}(\tau, t_0)$ som fåes ved den foldning som utføres av beregningsenheten 26, er representert ved kurven 31. Funksjonens lengde er angitt med T_w .

Senere blir filter-impulsresponsfunksjonen $f(\tau, t_0)$ med lengde T_f bestemt ved hjelp av beregningsenheten 32 (trinn d) ved "avfoldning" av auto-korrelasjonsfunksjonen $R_{W_x W_x}(\tau, t_0)$ med hensyn til auto-korrelasjonsfunksjonen $R_{xx}(\tau, t_0)$. Med andre ord bestemmes en funksjon $f(\tau, t_0)$ (se diagram 33) som når den foldes med auto-korrelasjonsfunksjonen 25 for avvikssignalet $x(t)$, for tidsintervallet $0-T_f$ vil resultere i auto-korrelasjonsfunksjonen 31 for det signal som representerer den utvalgte del av den bølgevirkningskomponent som er til stede i avvikssignalet.

Da energispektrumet for den bølgevirkningskomponent som er til stede i avvikssignalet $x(t)$, kan betraktes som konstant for en viss tidsperiode T_p (f.eks. 500 sekunder), trenger filterfunksjonen $f(\tau, t_0)$ bare å beregnes for hver T_p sekunder.

Filterets impulsrespons $f(\tau, t_0)$ foldes med det lagrede avvikssignal $x(t)$ i beregningsenheten 34 (trinn e) for å beregne $W_x(t_0)$ som er den valgte høyfrekvensdel av den bølgekomponent som er til stede i avvikssignalet $x(t_0)$. Verdien $W_x(t_0)$ blir deretter subtrahert fra verdien $x(t_0)$ (trinn f). Dette utføres ved hjelp av subtraksjonsenheten 35 og gir verdien av signalet $S_x(t_0)$ i X-akseretningen og som skriver seg fra vind, vannstrømmer og bølgekomponenter i avvikssignalet $x(t_0)$ forsåvidt som dets frekvens er under frekvensen f_c . Hver gang en ny prøvetagning av $x(t)$ er lagret, gjentas trinnet e, samtidig som man tar i betraktning den nylig lagrede verdi av $x(t)$ for å frembringe komponenten W_x av denne nye verdi av $x(t)$. Denne verdi W_x blir deretter subtrahert fra den nylig lagrede verdi av $x(t)$ (trinn f) for oppnåelse av en ny verdi av signalet S_x . Den samme impulsrespons for filteret $f(\tau, t_0)$ benyttes for alle disse operasjoner, inntil det etter T_p sekunder er blitt beregnet en ny auto-korrelasjonsfunksjon $R_{xx}(\tau, t_0)$ og en ny impulsrespons $f(\tau, t_0)$.

På lignende måte som foran beskrevet beregnes verdiene S_y og S_φ ved tiden t_0 , og disse verdier adderes vektorielt (trinn g) som vist på fig. 4 og 5, ved hjelp av den vektoradderende enhet 36 som avgir vektorene $V_A(t_0)$ og $V_B(t_0)$. Hver gang en ny prøvetagning av $y(t)$ og $\varphi(t)$ er blitt lagret, beregnes nye verdier for S_y og S_φ og kombineres vektorielt med S_x for å generere signalene V_A og V_B .

Den dynamiske stasjoneringsanordning inneholder videre regulatorer 37 og 38 for behandling av signalene V_A henholdsvis V_B . Disse regulatorer har proporsjonal- og eventuelt derivat- og/eller integralvirkning. Etter behandling overføres signalene til fremdriftsenhetene 6 og 7 for styring av både størrelsene og retningene av disse trykkrefter. Utrustning for en slik styring er i og for seg kjent og skal derfor ikke beskrives i detalj her.

En analyse av de beregninger som utføres av enhetene på fig. 9 skal gis i det følgende.

Tidsplanfunksjonen $x(t)$ representerer fartøyets avvik i X-akseretningen. Denne funksjon består av to komponenter $W_x(t)$ og $S_x(t)$. $W_x(t)$ representerer høyfrekvensdelen av signalet $x(t)$ og består av den del av bølgekomponenten som har frekvenser over frekvensen f_c . $W_x(t)$ inneholder videre vind- og vannstrømkomponenter med frekvenser som er høyere enn f_c dersom slike komponenter er til stede.

Fjerning av høyfrekvensdelen $W_x(t)$ av avvikssignalet $x(t)$ ved tiden t_0 ville være mulig dersom det var tilgjengelig et minimumsfase lavpassfilter med en impulsrespons $F(\tau, t_0)$ som ville gi størrelsen

$$E = \int \left[F(\tau, t_0) * x(t) - S_x(t) \right]^2 dt \quad \dots\dots\dots (1)$$

en minimumsverdi. Dette ville være tilfellet dersom

$$F(\tau, t_0) * R_{xx}(\tau, t_0) = R_{S_x S_x}(\tau, t_0) \quad \dots\dots\dots (2)$$

for $0 \leq \tau \leq T_F$, der T_F representerer lengden av filteret $F(\tau, t_0)$. Da imidlertid $R_{S_x S_x}(\tau, t_0)$ er ukjent, kan $F(\tau, t_0)$ ikke bestemmes på denne måte.

Dette problem løses ved å beregne impulsresponsen $f(\tau, t_0)$ for et høypassfilter, hvis forhold til $F(\tau, t_0)$ er angitt ved:

$$F(\tau, t_0) = \delta(t) - f(\tau, t_0) \quad \dots\dots\dots (3)$$

hvor $\delta(t)$ er enhetspulsen (Dirac-puls).

$$\text{Da } W_x(t) = x(t) - S_x(t) \quad \dots\dots\dots (4)$$

kan ligningen (1) erstattes av

$$E = \int \left[f(\tau, t_0) * x(t) - W_x(t) \right]^2 dt \quad \dots\dots\dots (5)$$

Det fremgår av ligning 5 at problemet med minimisering av E også kan formuleres som det å finne et høypassfilter med en impulsrespons $f(\tau, t_0)$ som er slik at differansen mellom dette filters respons på $x(t)$ og signalet $W_x(t)$ er minimal i minste kvadratbetydning.

E vil være minimal dersom

$$f(\tau, t_0) * R_{xx}(\tau, t_0) = R_{W_x W_x}(\tau, t_0) \quad \dots\dots\dots (6)$$

for $0 \leq \tau \leq T_f$, der T_f representerer lengden av filterlengden $f(\tau, t_0)$.

Da energispektrumet for bølgekomponenten $W_x(t)$ i avvikssignalet ikke endres over forholdsvis lange tidsrom (dette er ikke tilfellet med signalet $S_x(t)$, hvilket signal ville være nødvendig ved beregningen av det foran nevnte filter $F(\tau, t_0)$), kan autokorrelasjonsfunksjonen $R_{W_x W_x}(\tau)$ som inngår i ligningen (6), bestemmes ved et tidspunkt som ligger foran tiden t_0 , ved at funk-

sjonen $R_{xx}(\tau)$ ledes gjennom et høypassfilter $g(\tau)$ med nullfase-spektrum for alle frekvenser. Da

$$R_{xx}(\tau) = R_{S_x S_x}(\tau) + R_{S_x W_x}(\tau) + R_{W_x S_x}(\tau) + R_{W_x W_x}(\tau) + \dots \quad (7)$$

og både $R_{S_x W_x}(\tau)$ og $R_{W_x S_x}(\tau)$ er lik null da $S_x(t)$ og $W_x(t)$ ligger innenfor forskjellige frekvensbånd som er adskilt ved grensefrekvensen f_c for filteret med impulsresponsen $g(\tau)$, og grensefrekvensen for høypassfilteret $g(\tau)$ velges mellom frekvensbåndet for $R_{S_x S_x}(\tau)$ og frekvensbåndet for $R_{W_x W_x}(\tau)$, vil foldning av $R_{xx}(\tau)$ med $g(\tau)$ resultere i auto-korrelasjonsfunksjonen $R_{W_x W_x}(\tau)$.

Som et resultat av den stasjonære egenskap for $R_{W_x W_x}(\tau, t_0)$, er denne funksjon tilgjengelig ved tiden $t = t_0$ og kan anvendes for beregning av $f(\tau, t_0)$.

Funksjonen $R_{W_x W_x}(\tau, t_0)$ holdes konstant over tidsrommet T_p og anvendes for å bestemme filterfunksjonen $f(\tau, t_0)$ ved avfoldning av funksjonen $R_{W_x W_x}(\tau, t_0)$ med hensyn til funksjonen $R_{xx}(\tau, t_0)$ (se ligning 6). Av stabilitetshensyn er det tilrådelig at det til $R_{xx}(0, t_0)$ i avfoldningsprosessen adderes en viss positiv verdi, f.eks. 1 %.

Som konklusjon kan det sies at det følger av ligning (6) at det beregnede høypassfilter $f(\tau, t_0)$ ved hjelp av avviksignalet $x(t) = S_x(t) + W_x(t)$ vil bestemme et signal $\hat{W}_x(t) = f(t, t_0) * x(t)$ som ligger nær høyfrekvensdelen $W_x(t)$ av den bølgekomponent som er til stede i avviksignalet $x(t)$.

Denne beregning kan utføres da

- 1) det minste kvadratkriterium krever bare korrelasjonsfunksjoner,
- 2) $S_x(t)$ og $W_x(t)$ ligger i forskjellige frekvensbånd, og
- 3) energispektrumet for $W_x(t)$ ikke endres over tidsrommet T_p , hvilket tillater beregning av $R_{W_x W_x}(\tau, t_0)$ før tidspunktet t_0 .

De i det foregående beskrevne størrelser T_x , Δt , T_p , T_R , T_W , T_g og T_f kan for praktiske formål ha følgende verdier. Det vil innses at disse verdier er foretrukne verdier som anvendelsen av oppfinnelsen ikke er begrenset til.

T_x = det tidsintervall over hvilket prøvetagninger tas av avvik-signalen $x(t) = 200$ til 2000 sekunder.

Δt = prøvetagningstiden for avviksignalet $x(t) = 0,1 - 1$ sekund.

Trinn b for beregning av auto-korrelasjonsfunksjonen $R_{xx}(\tau, t_0)$ utføres én gang i hver tidsperiode $T_p = 1 - 1000$ sekunder. Samme tidsperiode gjelder for trinnene c og d.

Trinnene e og f for beregning av verdien av styresignalet $S_x(t_0)$ utføres for hver $\Delta t = 0,1 - 1$ sekund.

Lengden T_R av auto-korrelasjonsfunksjonen $R_{xx}(\tau, t_0)$ er mellom 200 og 1000 sekunder.

Lengden T_W av auto-korrelasjonsfunksjonen $R_{W_x W_x}(\tau, t_0)$ er mellom 100 og 500 sekunder.

Lengden T_g av impulsresponsen $g(\tau)$ er mellom 50 og 250 sekunder.

Lengden $T_R = T_W + 2 T_g$.

Lengden T_f av høypassfilteret $f(\tau, t_0)$ er mellom 50 og 250 sekunder.

Det vil forstås at de beregninger som må utføres for å bestemme verdiene av signalene S_y og S_φ , er lignende de beregninger som er beskrevet i forbindelse med signalet S_x , og at både verdiene av de tidsperioder i hvilke disse beregninger finner sted, og av lengdene av auto-korrelasjonsfunksjonene, tidsintervallet og filtrene fortrinnsvis er lik de verdier som er omtalt i forbindelse med signalet S_x .

Det vil videre forstås at selv om både de beregninger som kreves for bestemmelse av verdiene S_x , S_y og S_φ , og de vektorielle addisjoner av disse kan finne sted i adskilte enheter, er det fordelaktig å anvende et eneste regnemaskin for alle disse beregninger. Multipleksutstyr kan da anvendes for tilførsel av informasjonen om de målte avvikssignaler $x(t)$, $y(t)$ og $\varphi(t)$ til regnemaskinen. Den høye hastighet med hvilken de forskjellige beregninger kan utføres, tillater at avvikssignalene kan behandles innenfor meget små tidsrom, slik at både de filtrerte signaler S_x , S_y og S_φ og vektorsignalene V_A og V_B blir tilgjengelige nesten øyeblikkelig så snart formen på fartøyets avvik fra den ønskede beliggenhet er blitt målt av måleutrustningen.

For måling av avvikene langs to koordinater (vinkelrett eller ikke vinkelrett på hverandre), kan det benyttes en stram wire som strekker seg mellom et fast punkt på sjøbunnen og fartøyet, og er forsynt med en anordning for måling av vinklene mellom wiren og to plan. Videre finnes det tallrike andre typer av posisjonsmålende utrustning, f.eks. de som er basert på akustiske eller elektriske bølger som overføres fra faste punkter, og som når de detekteres av mottageren på fartøyet, kan gi en indikasjon på fartøyets posisjon i forhold til disse punkter. Alle disse typer av posisjonsmålende utrustning og også andre typer som er egnet for formålet, er i og for seg kjent og skal derfor ikke beskrives i detalj her.

Vinkelavviket i forhold til aksen kan måles ved hjelp av hvilken som helst utrustning som er egnet for formålet, såsom et kompass som er montert på fartøyet. Det vil forstås at kontroll av denne koordinat ikke alltid er nødvendig, og at den dynamiske stasjoneringsmetode ifølge oppfinnelsen også kan være begrenset til kontroll av avvikene langs bare to koordinater.

Den separate vektoradderende enhet som anvendes for beregning av vektorene V_A og V_B som skal tilføres til fremdriftsenhetene 6 og 7, kan utelates dersom fremdriftsenhetene er av typen Voith-Schneider, da signalene S_x , S_y og S_φ da direkte kan tilføres til styreanordningene for disse drivenheter.

Anordningen for reduksjon av avviket for fartøyet på fig. 1 fra en ønsket posisjon omfatter to fremdriftsenheter. Oppfinnelsen kan imidlertid også anvendes for dynamisk stasjonering av fartøyer som er utstyrt med hvilken som helst annen type anordning for reduksjon av avviket. Disse anordninger kan inneholde én, tre eller flere fremdriftsenheter av vilkårlig konstruksjon, og/eller ett eller flere ror, idet alle disse anordninger eller i det minste noen av dem, kontrolleres ved hjelp av styresignaler som avledes fra avviksignalene.

Alternativt kan regulatorene som er utstyrt med proporsjonal- og eventuelt derivat- og/eller integralvirkning, være anordnet for behandling av signalene x , y og φ eller signalene S_x , S_y og S_φ i stedet for vektorene V_A og V_B . Når det benyttes en enkelt regnemaskin i stedet for de beregningsenheter som er vist på fig. 9, kan disse regulatorer på samme måte som den vektoradderende enhet, være innbygd i regnemaskinen.

Alternativt kan de behandlingstrinn som er beskrevet i forbindelse med fig. 9 angående avvikssignalene $x(t)$, $y(t)$ og $\varphi(t)$, anvendes for behandling av vektorene $V_A(t)$ og $V_B(t)$ som fåes fra en vektoradderende enhet til hvilken signalene $x(t)$, $y(t)$ og $\varphi(t)$ tilføres.

Den selektive bølgedempningsmetode trenger ikke anvendes på alle komponentene i det signal som indikerer et fartøys avvik fra en ønsket posisjon. Dersom det ønskes, kan fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen anvendes for å kontrollere bare avvikene x og y .

Fremgangsmåten kan videre anvendes for å kontrollere avviket langs bare en enkelt koordinat, f.eks. for kontroll av avviket i rotasjonsretning. Dette vil være av interesse ved styring av et skip i en fast retning. Skipet holdes da på en på forhånd valgt kurs, og høyfrekvensdelen av den bølgekomponent i signalet som angir avviket fra den på forhånd valgte kurs, fjernes fra dette ved filtreringsteknikken ifølge oppfinnelsen. Det filtrerte signal tilføres deretter til drivanordningen for i det minste ett av fartøyets ror og/eller til drivanordningen for fremdriftsenheter som er egnet til å frembringe krefter som virker på tvers.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for dynamisk opprettholdelse av et flytende fartøy i en ønsket posisjon eller på en bestemt kurs, hvor fartøyet er forsynt med en anordning for måling langs minst én koordinat av fartøyets avvik fra den ønskede posisjon eller kurs, og hvor fremgangsmåten omfatter de trinn

- 1) å generere i tidsplanet et avvikssignal som representerer det målte avvik idet en komponent av avvikssignalet skriver seg fra bølgevirkning på fartøyet,
- 2) filtrere avvikssignalet for å fjerne en utvalgt del av avvikssignalets bølgekomponent,
- 3) avlede ut fra avvikssignalet et styresignal med den utvalgte del av bølgekomponenten fjernet fra dette, og
- 4) å tilføre styresignalet til en anordning som er i stand til å redusere det langs koordinaten målte avvik,

k a r a k t e r i s e r t ved at autokorrelasjonsfunksjonen $(R_{W_X W_X})$ for det signal som representerer den del av avvikssignalet som ligger i et frekvensbånd som omfatter den utvalgte bølgekomponent, bestemmes periodisk og impulsresponsen for et minimumsforsinkelsesfilter som er tilpasset for filtrering av avvikssignalet i trinn 2), syntetiseres periodisk ut fra denne autokorrelasjonsfunksjon.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at autokorrelasjonsfunksjonen for det signal som representerer den del av avvikssignalet som ligger i det frekvensbånd som omfatter den utvalgte del av avvikssignalets bølgekomponent, bestemmes ved foldning av autokorrelasjonsfunksjonen $(R_{X X})$ for avvikssignalet med impulsresponsen for et filter som har et amplitudespektrum med forholdsvis høye verdier for det frekvensbånd som omfatter den utvalgte del av bølgekomponenten som er til stede i avvikssignalet, og med forholdsvis lave verdier for frekvenser utenfor dette bånd og som videre har et fasespektrum som er null for alle frekvenser.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, k a r a k -

t e r i s e r t ved at filter-impulsresponsen syntetiseres ved avfoldning av autokorrelasjonsfunksjonen for avvikssignalet med autokorrelasjonsfunksjonen for det signal som representerer den del av avvikssignalet som ligger i det frekvensbånd som omfatter den utvalgte del av avvikssignalets bølgekomponent.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t ved at lengden av autokorrelasjonsfunksjonen for avvikssignalet er mellom 200 og 1000 sek.

5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, k a r a k t e r i s e r t ved at det tidsvindu over hvilket avvikssignalet autokorreleres, har en lengde mellom 200 og 2000 sek.

6. Fremgangsmåte ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t ved at lengden av impulsresponsen for null-fasefilteret er mellom 50 og 250 sek.

7. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1 - 6, k a r a k t e r i s e r t ved at autokorrelasjonen for det signal som representerer den del av avvikssignalet som ligger i frekvensbåndet som inneholder den utvalgte del av avvikssignalets bølgekomponent, bestemmes én gang i hver periode valgt fra et område på fra 1 til 1000 sek.

8. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1 - 7, k a r a k t e r i s e r t ved at lengden av minimumsforsinkelsesfilterets impulsrespons er mellom 50 og 250 sek.

9. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1 - 8, k a r a k t e r i s e r t ved at filter-impulsresponsen syntetiseres én gang i hver periode valgt fra et område på fra 1 til 1000 sek.

10. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1 - 9, k a r a k t e r i s e r t ved at avvikssignalet prøvetas én gang i hver periode valgt fra et område på fra 0,1 til 1 sek.

11. Anordning for dynamisk opprettholdelse av et flytende fartøy i en ønsket posisjon eller på en ønsket kurs i overensstemmelse med ett eller flere av de foregående krav, omfattende et system for måling langs minst én koordinat av fartøyets avvik fra den ønskede posisjon eller kurs, og for generering i tids-

planet av et avvikssignal som representerer det målte avvik hvilket avvikssignal omfatter en komponent som skriver seg fra bølgevirkning på skipet, en regulator, en signaloverførende anordning som er egnet til å forbindes med en anordning tilpasset til å redusere fartøyets avvik målt langs koordinaten, og et filter for dempning av en utvalgt del av bølgekomponenten som er til stede i avvikssignalet, idet regulatoren og filteret er operativt innkoplet mellom målesystemet og den signaloverførende anordning, k a r a k t e r i s e r t ved at filteret omfatter et system for periodisk bestemmelse av autokorrelasjonsfunksjonen for det signal som representerer den del av avvikssignalet som ligger i et frekvensbånd som omfatter den utvalgte del av bølgekomponenten, og et system for periodisk syntetisering av en minimumsforsinkelsesfilter-impulsrespons ut fra denne autokorrelasjonsfunksjon.

12. Anordning ifølge krav 11, k a r a k t e r i s e r t ved at systemet for beregning av autokorrelasjonsfunksjonen for det signal som representerer den del av avvikssignalet som ligger i frekvensbåndet som omfatter den utvalgte del av avvikssignalet bølgekomponent, er i stand til å folde autokorrelasjonsfunksjonen for avvikssignalet med impulsresponsen for et filter som har et amplitudespektrum med forholdsvis høye verdier for det frekvensbånd som omfatter den utvalgte del av bølgekomponenten som er til stede i avvikssignalet, og med forholdsvis lave verdier for frekvenser utenfor dette bånd, og som videre har et fasespektrum som er null for alle frekvenser.

13. Anordning ifølge krav 11 eller 12, k a r a k t e r i s e r t ved at den omfatter et system for prøvetagning av avvikssignalet og lagring av et begrenset antall prøvetagninger med relasjon til prøvetagningstiden, ved kassering av den eldste prøvetagning hver gang en ny prøvetagning tilføyes.

14. Anordning ifølge ett av kravene 12 - 13, k a r a k t e r i s e r t ved at systemet for syntetisering av minimumsforsinkelsesfilter-impulsresponsen er i stand til å folde autokorrelasjonsfunksjonen for avvikssignalet med autokorrelasjonsfunksjonen for det signal som representerer den del av avvikssignalet som ligger i frekvensbåndet som omfatter den

135884

20

utvalgte del av avviksignalets bølgekomponent, idet anordningen videre omfatter et system for foldning av denne filter-impuls-respons med avviksignalet, og en subtraksjonsanordning for subtrahering av resultatet av sistnevnte foldning fra avviksignalet.

135884

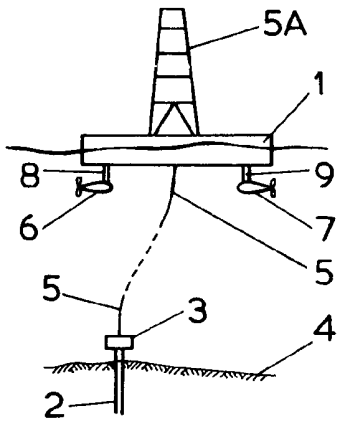


FIG. 1

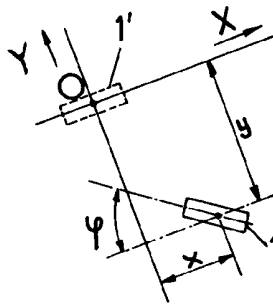


FIG. 2

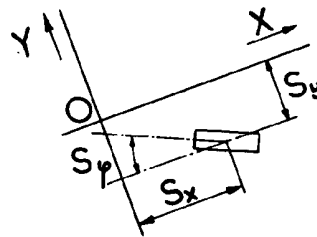


FIG. 3

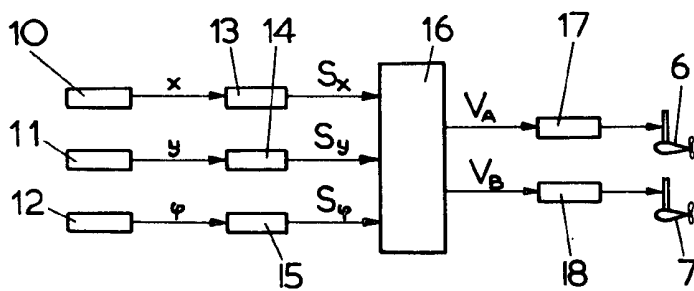


FIG. 6

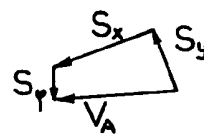


FIG. 4

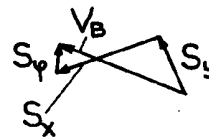


FIG. 5

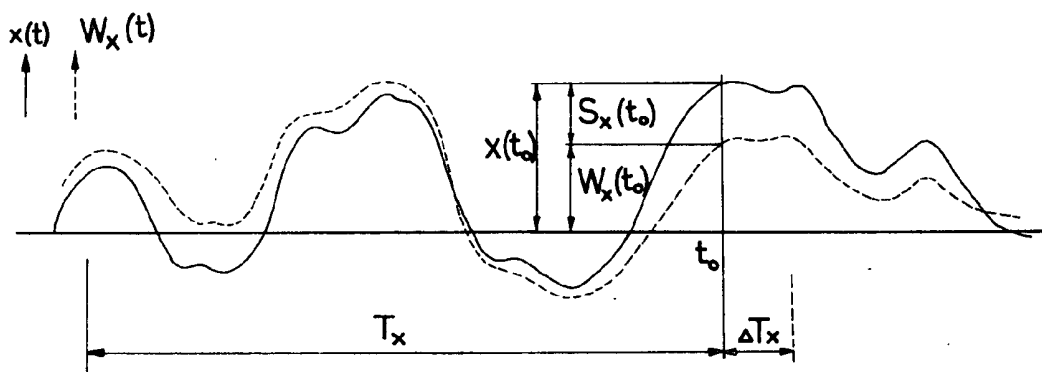


FIG. 7

