



(12) PATENT

(19) NO

(11) 338838

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

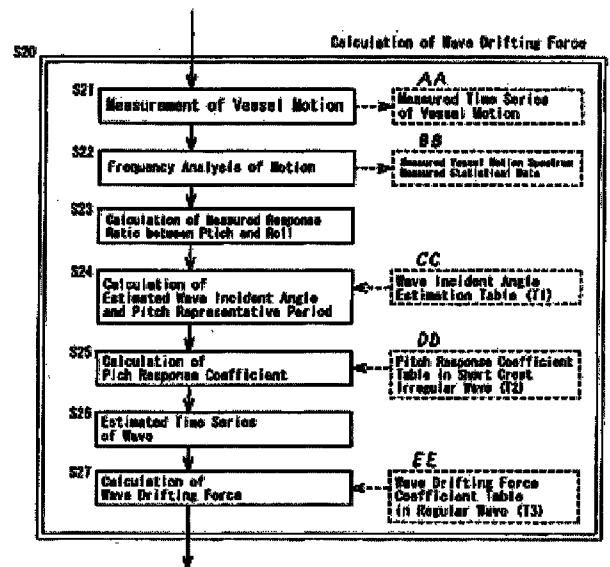
B63H 25/00 (2006.01)

B63H 25/42 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20075823	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2006.04.14 PCT/JP2006/307981
(22)	Inng.dag	2007.11.13	(85)	Videreføringdag	2007.11.13
(24)	Løpedag	2006.04.14	(30)	Prioritet	2005.04.15, JP, 2005-118064 2005.04.15, JP, 2005-118065
(41)	Alm.tilgj	2008.01.15			
(45)	Meddelt	2016.10.24			
(73)	Innehaver	Mitsui Engineering & Shipbuilding Co Ltd, 6-4, Tsukiji 5-chome, Chuo-ku, JP-104-8439 TOKYO, Japan Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2-15, Natsushima-cho, JP-237-0061 YOKOSUKA-SHI, KANAGAWA, Japan			
(72)	Oppfinner	Kazuyuki Igarashi, c/o Mitsui Engineering & Shipbuilding Co Ltd, 6-4, Tsukiji 5-chome, Chuo-ku, JP-104-8439 TOKYO, Japan Hiroshi Yamaguchi, c/o Mitsui Engineering & Shipbuilding Co Ltd, 6-4, Tsukiji 5-chome, Chuo-ku, JP-104-8439 TOKYO, Japan Satoru Nagase, c/o Mitsui Engineering & Shipbuilding Co Ltd, Tamano Works, 1-1, Tama 3-chome, JP-706-8651 TAMONO-SHI, OKAYAMA, Japan Koh Murata, c/o Mitsui Engineering & Shipbuilding Co Ltd, Tamano Works, 1-1, Tama 3-chome, JP-706-8651 TAMONO-SHI, OKAYAMA, Japan Masakatsu Saito, c/o Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2-15, Natsushima-cho, JP-237-0061 YOKOSUKA-SHI, KANAGAWA, Japan Eigou Miyazaki, c/o Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2-15, Natsushima-cho, JP-237-0061 YOKOSUKA-SHI, KANAGAWA, Japan			
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 1570 Vika, 0118 OSLO, Norge			
(54)	Benevnelse	<b>Fremgangsmåte for automatisk styring av posisjonering av fartøy, og regulator</b>			
(56)	Anførte publikasjoner	AALBERS et al. An application of dynamic positioning control using wave feed forward. International Journal of Robust and Nonlinear Control 2001; 11:1207-1237 JP S61247592 A JP H07223591 A			
(57)	Sammendrag				

En fremgangsmåte for automatisk styring av fartøysposisjonsholding for å holde en fartøysposisjon og en fartøykurs for et fartøy på sjøen for å redusere en posisjonsavvikelse og en kursavvikelse nøye sammenlignet med den konvensjonelle automatiske styring for fartøysposisjonsholding, ved å utføre forovermatestyring for å beregne og deretter kompensere for minst en av en bølgedriftskraft og et bølgedriftsmoment som virker på fartøyet, idet en styring av en fartøysposisjonsholding utføres som omfatter slike styringer som å estimere bølger som beveger seg mot fartøyet fra bevegelsen derav, beregne minst en av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet ut fra de estimerte bølger, og utføre forovermatestyring for minst en av den beregnede bølgedriftskraft og det beregnede bølgedriftsmoment.



Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte for automatisk styring av fartøy-  
posisjonsholding og en styreenhet for automatisk fartøyposisjonering og især en  
fremgangsmåte for automatisk styring av fartøyposisjonsholding, en fremgangsmåte  
5 for estimering av bølgedrivkraft, en styreenhet for automatisk fartøyposisjonsholding  
og et dynamisk posisjoneringssystem som drastisk kan redusere avvikelser i et fartøys  
posisjon ved å utføre forovermatestyring som estimerer minst en av bølgedrivkraft og  
bølgedriftmoment forårsaket av bølger og kompenserer for minst en av den estimerte  
bølgedrivkraft og bølgedriftmomentet eller ved å utføre forovermatestyring som  
10 estimerer en langtidsvarierende kraft som omfatter en varierende bølgedriftskraft fra  
bølger og kompenserer for den estimerte langtidsvarierende kraft.

En DPS (dynamisk posisjoneringssystem) er en innretning som automatisk  
holder et fartøy på sjøen i en stasjonær posisjon mot ytre krefter, f.eks. tidevann, vind  
og bølger ved å regulere en propell og en styrepropell som drives av en datamaskin  
15 snarere enn med et anker mens et skip/marin struktur er opptatt med undersøkelser eller  
utvikling på sjøen. Med denne innretning blir en aktuator, f.eks. en styrepropell normalt  
regulert, slik at avvikelsen mellom en målposisjon og gjeldende posisjon blir null og  
hvor fartøyet holdes i en stasjonær posisjon av denne styrekraften.

Denne automatiske holdeinnretning for fartøys posisjon er særlig effektiv i  
20 sjøområder hvor det ikke kan brukes anker. Bruk av arbeidsbåter, forskningsfartøy,  
marine strukturer og lignende for sjøutvikling er stadig økende og sjøområder for  
boring i sjøbunnen etter ressurser, sjøundersøkelser og lignende foregår på stadig større  
dybder.

Hvis store miljøvariasjoner oppstår, som f.eks. i grov sjø, blir tilbakemeldings-  
25 styring utført etter påvisning av posisjonsavvikelser hvoretter forsinkelser i kontrollen  
kan oppstå. Således blir den automatiske fartøysposisjonskontrollen ikke alltid utført  
med tilstrekkelig nøyaktighet. Men hensyn til vindtrykk, blir en styring hvor en kraft  
og et moment fra en vind som virker mot fartøyet beregnet basert på en vindretning og  
en vindhastighet målt med en vindretnings/vindhastighetsindikator og vindtrykket og  
30 vindtrykksmomentet blir kompensert for før det genereres en posisjonsavvikelse, dvs.  
at det brukes en såkalt forovermatningsstyring.

På en annen side kan det sies at bølgekraften og momentet blir delt i en kraft  
og et moment kalt bølgeeksiteringskraft og et bølgeeksiteringsmoment som varierer  
med bølgeperioden (positiv/negativ variering) og en bølgedriftskraft og et  
35 bølgedriftmoment som skyver fartøyet i en bestemt retning og som varierer over en  
lengre tidsperiode. Bølgedriftskraften og bølgedriftmomentet har relativ lang varighet  
men varierer i størrelse. Akkurat som vindtrykket og vindtrykksmomentet, kan følgelig  
bølgedriftskraften og bølgedriftmomentet negativt påvirke DPS-posisjonskontrollen.

Med den automatiske holdestyring for fartøysposisjonen som tar hensyn til bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet, blir dette følgelig viktig.

Med konvensjonelle, dynamiske posisjoneringssystem blir det imidlertid ikke foretatt noen spesielle tiltak for å variere bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet. 5 Selv ved en stor bølgedriftskraft og et stort bølgedriftsmoment, vil en varierende bølgedriftskraft og varierende bølgedriftsmoment virke på fartøyet og tilbakemeldingsstyringen vil ikke virke før posisjoneringsavvikelsen og fremdriftsavvikelsen blir betydelig. Som resultat vil det oppstå en forsinkelse i styringen og posisjonsavvikelsen og fremdriftsavvikelsen vil øke. Således er det nødvendig å utføre forovermatningskontrollen som beregner bølgedriftskraften, bølgedriftsmomentet, den varierende 10 bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment og kompensere for bølgedriftskraften, bølgedriftsmomentet, den varierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment.

Imidlertid fins det ingen anordning for å måle fysiske størrelser for bølger som 15 gjør det mulig å beregne bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet som f.eks. en vindretnings/vindhastighetsindikator som gjør det mulig å beregne vindtrykket og vindtrykksmomentet. Således er det et problem ved at bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet sammen med den varierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmomentet ikke kan utnyttes lett for styring.

Som beskrevet i det Japanske patentskrift *Kokai* Publication nr. 2002-234494, 20 er det foreslått en automatisk skipsstyringsinnretning hvor størrelsen av denne, f.eks. en brannbåt blir redusert for å forbedre styringsevnen. Med den automatiske skipsstyringsinnretning, blir det brukt en forover/bakover propell og en styrepropell som drives av en spake og en styreanordning for å realisere en holdefunksjon som 25 holder skipet i posisjon påvist av en påvisningsanordning gjennom bruk av en bryter for å holde et stasjonært punkt.

Dette automatiske holdesystem for stasjonært punkt av den automatiske skipsstyreinnretning, har en holdefunksjon/fremdriftsholdefunksjon for skipets posisjon og driver fremdriftskraften for en forover/bakover propell, og styrepropellen genererer 30 en fremdriftskraft i sideretningen, slik at verdiene blir null ved påvisning av høyre og venstre posisjonsavvikelse, forover og bakover posisjonsavvikelse og fartøyets fremdriftsavvikelse. Imidlertid er ikke algoritmen beskrevet utførlig. Det fins heller ikke noen beskrivelse av bølger og bølger blir ikke tatt i betraktning.

Aalbers et al, *Journal of Robust and nonlinear Control* 2001 viser en 35 fremgangsmåte og styreenhet for automatisk styring av fartøysposisjonsholding for å holde en fartøysposisjon og en fartøyskurs for et fartøy på sjøen. Styringen av fartøysposisjonsholdingen utføres med en styring hvor minst én av bølgedriftskraft og et bølgedriftsmoment forårsaket av bølger blir beregnet, og en forovermatestyring blir utført for minst én av den beregnet bølgedriftskraft og bølgedriftsmoment

Som videre beskrevet i det japanske patentskrift *Kokai* Publication nr. H06-64589, er det foreslått en holdefremgangsmåte for automatisk fartøysposisjon hvor det ikke er behov for en styrepropell i stavnen og en propell er av denne faste typen som brukes i en enkelt foroverretning. I denne fremgangsmåte blir avvikelse av fartøyets  
5 posisjon og holdning ut fra bestemte posisjoner beregnet og forover/bakoverpropellen i kombinasjon med to styreror og en baugstyrepropell blir regulert slik at fartøyet holdes i en bestemt posisjon. I denne holdemetode for fartøyets posisjon blir kraften og retningen av vind og tidevann tatt i betraktning, men ikke bølger.

Patentdokument 1: Japanske patentskrift *Kokai* Publication nr. 2002-234494

10 Patentdokument 2: Japanske patentskrift *Kokai* Publication nr. H06-64589.

Oppfinnelsen ble gjort for å løse ovennevnte problemer og har et formål med å tilveiebringe en fremgangsmåte for automatisk styring for fartøysposisjonsholding, for å holde en fartøysposisjon og en fartøyskurs for et fartøy på sjøen, hvor en styring av fartøysposisjonsholdingen utføres med en styring hvor minst én av bølgedriftskraft og et bølgedriftsmoment forårsaket av bølger blir beregnet, og en forovermatestyring blir utført for minst én av den beregnede bølgedriftskraft og bølgedriftsmoment, hvor  
15 bølgene som faller inn på fartøyet blir estimert fra en bevegelse av fartøyet, og minst én av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet blir beregnet fra de estimerte bølger hvor, en stamperepresentativ periode blir beregnet fra en stampemålt tidsrekke, en  
20 bølgeinnfallsvinkel blir estimert fra et målt responsforhold mellom en målt stamp og en målt rulling basert på den stamperepresentative periode ved å bruke en bølgeinnfallsvinkelestimeringstabell forberedt på forhånd, en stamperesponsverdi blir beregnet fra den stamperepresentative periode og bølgeinnfallsvinkelen ved å bruke en stamperesponsverditabell i korte, uregelmessige bølger med liten høyde forberedt på  
25 forhånd, hvor en estimert tidsrekke av bølger blir beregnet ved å multiplisere den stampemålte tidsrekke med den inverse av stamperesponsverdien, og minst én av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet blir beregnet ut fra den estimerte tidsrekke av bølger.

Ifølge den automatiske holdestyrefremgangsmåte for fartøysposisjon med denne  
30 konfigurasjon og før fartøyet blir flyttet av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet, blir minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet som virker på fartøyet beregnet og forovermatestyringen utføres for å kompensere for minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet. Følgelig kan posisjonsavvikelsen av fartøyet (forskjellen mellom gjeldende posisjon og målposisjonen) reduseres vesentlig  
35 sammenlignet med den konvensjonelle, automatiske fartøysposisjonsstyring.

I den ovennevnte fremgangsmåte for automatisk fartøysposisjonsstyring, blir bølger som virker på fartøyet beregnet fra fartøyets bevegelse og minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet blir beregnet ut fra de beregnede bølger. Denne bølgedriftskraft og bølgedriftsmomentet kan beregnes omtrent ifølge Hsu sin

fremgangsmåte eller Pinksters fremgangsmåte ved å bruke en stasjonær bølgedriftskraft i vanlige bølger.

I ovennevnte automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding, blir en bølgehøyde som representerer perioden beregnet ut fra en rekke bølgehøydemålinger og basert på den representative periode for høyden, blir en bølgevinkel beregnet ut fra måleresponsforholdet mellom den målte høyde og den målte rulling ved å bruke bølgeinnfallingsvinkelberegningstabellen som er utarbeidet på forhånd, hvor en bølgehøyderesponsverdi blir beregnet ut fra bølgehøydeperioden og bølgeinnfallsvinkelen ved å bruke bølgehøyderesponskoeffisienttabellen i korte uregelmessige bølger utarbeidet på forhånd, idet en beregnet tidsrekke av bølger blir beregnet ved å multiplisere bølgehøyde tidsrekken med den omvendte bølgehøyderesponsverdi og minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet blir beregnet ut fra den beregnede tidsrekke av bølgene.

Ifølge beregningsmåten for minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet, blir bølgenes tidsrekke beregnet ut fra fartøyets bevegelse og minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet kan beregnes ut fra den beregnede tidsrekke av bølger. For minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet, kan forovermatestyringen for den automatiske fartøysposisjonsholding utføres.

Også i ovennevnte automatiske styremåte for fartøysposisjonsholding, og under beregning av minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet ut fra perioden mellom null kryss i ovennevnte beregnede tidsrekke av bølger og bølgehøyden mellom de null kryssene, blir minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet tilsvarende perioden og bølgehøyden per halvbølgelengde og minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet i vanlige bølger satt som minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet.

Ifølge beregningsfremgangsmåten av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet ut fra den beregnede tidsrekke av bølger med Hsu sin metode, kan bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet beregnes ved en relativt enkel algoritme sammenlignet med Pinksters fremgangsmåte. I Hsu sin metode, anses de uregelmessige bølger som en rekke vanlige bølger hvis periode og bølgehøyde er endrende per halvbølgelengde mellom null kryss og en stasjonær bølgedriftskraft tilsvarende de respektive, regelmessige bølger virker under halvbølgelengdene. Bølgedriftskraften blir gitt som en stepp funksjon som virker under passeringen av halvbølgelengden. Beregningen av bølgedriftskraften kan gjøres relativt lett hvis en bølgedriftskraftkoeffisient i vanlige bølger blir forberedt på forhånd. Med Pinksters fremgangsmåte, og siden en integreringsberegning med en stasjonær bølgedriftskraft i vanlige bølger utføres for hver frekvenskomponent av bølger for å oppnå bølgedriftskraften, blir beregningen mer komplisert enn Hsu sin fremgangsmåte.

I bølgedriftskraftberegningen i forbindelse med ovennevnte automatiske fartøysposisjonsstyring, blir en stigningsrepresentativ periode beregnet ut fra en stigningsmålt tidsrekke i en bølgedriftskraftberegning for å beregne minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet som virker på fartøyet på sjøen på basis av den stigningsrepresentative periode og det målte responsforholdet mellom den målte stigning og den målte rulling, idet en bølgeinnfallsvinkel blir beregnet ved å bruke en tabell for bølgeinnfallsvinkelberegning på forhånd, idet en stigningsresponsverdi blir beregnet ut fra den stigningsrepresentative periode og bølgeinnfallsvinkelen ved å bruke en tabell for stigningsresponskoeffisienten i en kort bølgetopp for uregelmessige bølger utarbeidet på forhånd og ved å multiplisere den stigningsmålte tidsrekke med inversen av stigningsresponsverdien, idet den beregnede tidsrekke av bølger blir beregnet for å beregne minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet ut fra den beregnede tidsrekke av bølger. Med denne beregningsmåte for bølgedriftskraften, blir en tidsrekke av bølger beregnet ut fra fartøyets bevegelse hvor minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet kan beregnes ut fra den beregnede tidsrekke av bølger.

Ifølge den automatiske styring av fartøyets posisjonsholding og bølgedriftskraftens beregningsmåte, kan minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet som virker på fartøyet beregnes. Siden forovermatestyringen for å kompensere for minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet blir utført, kan videre posisjonsavvikelsen og fremdriftsavvikelsen av fartøyet drastisk reduseres sammenlignet med den konvensjonelle, automatiske fartøysposisjonsholdstyring.

Alternativt er den automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding ifølge oppfinnelsen for å oppnå ovennevnte formål automatisk for å holde et fartøys posisjon og et fartøys fremdrift i en bestemt posisjon og ved en bestemt fremdrift ved å regulere en fremdriftskraftgenererende innretning på sjøen og som karakteriseres ved at en langtidsperspektivisk varierende kraft og et langtidsperspektivisk varierende moment, i forhold til en virkende kraft og et virkende moment på et fartøy omfatter minst enten en varierende bølgedriftskraft og et varierende bølgedriftsmoment i en lang periode som genereres av bølger og som beregnes og ved at en styring for å holde et fartøys posisjon utføres gjennom forovermatningsstyring av en styrekraft og et styremoment generert av den fremdriftskraftgenererende innretning for den beregnede langtidsperspektivisk varierende kraft og det langtidsperspektivisk varierende moment.

Ved denne automatiske styrefremgangsmåte for å holde et fartøys posisjon ifølge oppfinnelsen, kan styringen utføres under hensyntagen til en varierende bølgedriftskraft og et varierende bølgedriftsmoment som ikke har blitt vurdert. Siden forovermatestyringen utføres for den langtidsperspektivisk varierende kraft og det langtidsperspektivisk varierende moment herunder minst enten den varierende bølgedriftskraft og det varierende

bølgedriftsmoment frembrakt ved beregning, kan posisjonsavvikelsen vesentlig reduseres sammenlignet med den konvensjonelle tilbakemeldingskontroll.

I ovennevnte styremetode for fartøysposisjonsholding, blir en virkende kraft og et virkende moment som virker på fartøyet innhentet av en akselerering og vinkelakselerering av fartøyet i forhold til den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment og ved å multiplisere akselerasjonen og vinkelakselerasjonen av et skrogs virtuelle masse og et skrogs virtuelle treghetsmoment og en verdi innhentet ved å subtrahere en generert fremdriftskraft og et generert moment generert av fremdriftskraftens genereringsinnretning ut fra den virkende kraft og det virkende moment satt som beregnede verdier av den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment. Ifølge denne konfigurasjon kan den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment, herunder minst enten den varierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment beregnes med en relativt enkel algoritme.

Det vil si at den virkende kraft og det virkende moment som virker på fartøyet kan oppnås ved å multiplisere fartøyet akselerasjon og fartøyet vinkelakselerasjon med den virtuelle masse og det virtuelle inerte moment av fartøyet. På en annen side kan den virkende kraft (heretter også omfattet momentet) som virker på fartøyet divideres til en miljømessig ytre kraft, f.eks. en bølgeeksiterende kraft, en varierende bølgedriftskraft av bølger, et skrogs hydrodynamiske kraft som er en reaksjonskraft forårsaket av et fluid på grunn av fartøyet bevegelse, et vindtrykk fra vind, en tidestrømskraft forårsaket av tidevann og lignende og en styrekraft (aktuatorkraft) generert av en fremdriftskraftgenereringsinnretning (aktuator), f.eks. en styrepropell. En reaksjonskraft fra et stigerør eller lignende fra et stigerør for sjøbunnsboring blir håndtert som en del av den miljøksterne kraft.

Ved å subtrahere den kjente styrekraft og det kjente styremoment som virker på fartøyet fra den virkende kraft og det virkende moment som innhentes ut fra akselerasjonen og vinkelakselerasjonen, kan følgelig en korttidsvarierende kraft og et varierende moment samt den langtidsvarierende kraft og det varierende moment innhentes. Ved å eliminere den korttidsvarierende kraft og det varierende moment med den bølgeeksiterende kraft og skrogets hydrodynamiske kraft, kan den langtidsvarierende kraft og det varierende moment forårsaket av vindtrykk, tidevannskraft og varierende bølgedriftskraft, beregnes.

Med andre ord er den påviste fartøysavvikelse i forovermatestyringen et resultat av den virkende kraft som virker på fartøyet og styrekraften, herunder vindtrykkkompenseringsstyrekraft, tidevannskraftens kompenseringsstyrekraft og den varierende bølgedriftkrafts kompenseringsstyrekraft. Også den virkende kraft beregnet ut fra akselerasjonen av fartøyet er en sum av den miljøksterne kraft og styrekraften. Følgelig kan den miljøksterne kraft oppnås ved å subtrahere styrekraften fra den

virkende kraft beregnet ut fra fartøyets akselerasjon. Ved å eliminere korttidsbølgeeksiteringskraften og skrogets hydrodynamiske kraft fra denne miljøeksterne kraft og videre ved å subtrahere vindtrykket og tidevannskraften som innhentes av andre påvisningsanordninger eller beregningsanordninger, kan den varierende bølgedriftskraft innhentes.

Også av ovennevnte automatiske styremetode av fartøysposisjonsholdingen, blir akselerasjonen og vinkelakselerasjonen tilveiebrakt av andre grads derivativet av tidsrekke data av fartøysposisjonen og fartøyets fremdrift påvist av posisjons-påvisningsanordningen for fartøyet. Ved denne fremgangsmåte blir støy mindre enn ved å bruke akselerasjonen og vinkelakselerasjonen direkte målt av akselerometeret og beregningsnøyaktigheten av den langtidsvaryerende kraft og det langtidsvaryerende moment kan forbedres.

Ved ovennevnte automatiske styremetode for fartøysposisjonsholdingen, blir tidsrekke data av fartøyets posisjon og fartøyets fremdrift gitt andre grads derivativ etter å ha ført dem gjennom Kalman filteret for å innhente akselerasjon og vinkelakselerasjon. Hvis en påvist verdi direkte målt av et akselerometer brukes for en akselerasjon for beregning av virkningskraften, vil dette i praksis innebære at bare ytterst store korttidsvaryerende komponenter som f.eks. bølgeeksiteringskraft og lignende blir hentet ut men langtidsvaryerende komponenter, som f.eks. varierende bølgedriftskraft og lignende blir skjult. Følgelig er fremgangsmåten å foretrekke at tidsseriedata av fartøysposisjonen målt av GPS blir ført gjennom et Kalman-filter for å tilveiebringe akselerasjon av andre grads derivativ av filterbehandlet posisjonsinformasjon.

Ved bruk av et Kalman-filter, kan korttidskomponentene elimineres og akselerasjonen og vinkelakselerasjonen for et tidspunkt foran kan innhentes med nøyaktighet. Dvs. at den langtidsvaryerende kraft over det langtidsvaryerende moment et tidspunkt foran kan tilveiebringes med nøyaktighet. Som resultat kan den automatiske fartøysposisjonsholding kontrolleres mer nøyaktig.

Også i ovennevnte automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding, og hvis fartøysposisjonen blir påvist av GPS (Global Positioning System), og siden posisjoneringsnøyaktigheten fra GPS har blitt forbedret, kan fartøysposisjonen innhentes lett og nøyaktig. GPS omfatter ikke bare såkalt GPS men også DGPS (differensial-GPS) til hvilke innretninger for å forbedre posisjoneringsnøyaktigheten blir tilføyd. Fartøyets fremdrift blir normalt påvist av et gyrokompass.

Også for måling av fartøysposisjonen, kan elektriske bølgeposisjonsinnretninger, f.eks. NNSS, LORAN-C, Syledis, Argo, Maxiran, transponder og lignende og posisjoneringsanordninger ved kombinerings av gyrokompass, elektromagnetisk logging eller lignende, brukes.



Ifølge den automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding, kan den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment, herunder minst enten den varierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment som virker på fartøyet, beregnes. Også forovermatestyringen for kompensering av den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment blir utført og posisjonsavvikelsen kan ytterligere reduseres sammenlignet med den konvensjonelle styremetode for automatisk fartøysposisjonsholding.

Den automatiske styreenhet for automatisk fartøysposisjonsholding ifølge oppfinnelsen for å oppnå ovennevnte formål omfatter i den automatiske styreenhet for automatisk fartøysposisjonsholding for å holde fartøyets posisjon og fartøyets fremdrift på sjøen, en fartøysbevegelsesmåleanordning for å måle bevegelsen av fartøyet, herunder minst stamping og rulling, bølgeinformasjonsbestemmelsesanordning for å beregne en stamperepresentativ periode fra stampingens måletidsrekkefølge og beregne en bølgeinnfallingsvinkel fra det målte responsforhold mellom den målte stamping og den målte rulling basert på den stampingsrepresentative periode ved å bruke en tabell for bølgeinnfallingsvinkelberegning forberedt på forhånd, en beregningsanordning for stampingsresponsverdien for å beregne en stampingsresponsverdi ut fra den stampingsrepresentative periode og bølgeinnfallingsvinkelen ved å bruke en tabell for stampingsresponskoeffisient i uregelmessige bølger med kort topp forberedt på forhånd, bølgetidsserieberegninganordning for å beregne en beregnet tidsrekke av bølger ved å multiplisere stampingens målte tidsrekke med inversen av stampingsresponsverdien, og bølgedriftskraftens beregningsanordning for å beregne minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet ut fra den beregnede tidsrekke av bølger. Ved denne konfigurasjon kan ovennevnte automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding utføres.

Også i ovennevnte automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding, når bølgedriftskraftsberegninganordningen beregner minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet ut fra den beregnede tidsrekke av bølger ut fra en periode mellom null kryss i den beregnede tidsrekke av bølger og bølgehøyden mellom null kryss, kan minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet i vanlige bølger tilsvarende perioden og en bølgehøyde per halvbølgelengde bli beregnet og minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet i vanlige bølger blir satt som minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet. Ifølge beregningsmåten for minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet ut fra den beregnede tidsrekke av bølger ved hjelp av Hsu-metoden, kan enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet beregnes med relativt enkel algoritme sammenlignet med Pinksters fremgangsmåte og bølgedriftskraftens beregningsanordning blir relativt enkel.

Også det dynamiske posisjoneringssystem ifølge oppfinnelsen for å oppnå ovennevnte formål blir konfigurert for å omfatte, i det dynamiske posisjoneringssystem

for å holde fartøysposisjonen og fartøysfremdriften på sjøen, ovennevnte automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding. Det dynamiske posisjoneringssystem i denne konfigurasjon omfatter ovennevnte automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding og styringen kan utføres mens minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet som virker på fartøyet blir vurdert. Således blir posisjonsavvikelsen og fremdriftsavvikelsen ytterst redusert.

Siden bølgedriftsmomentet generelt er satt lite når det ikke er behov især for å holde fartøyets fremdrift, er det foretrukket å konfigurere at beregningen og styringen knyttet til bølgedriftsmomentet ikke utføres men bare beregningen og styringen tilknyttet bølgedriftskraften i ovennevnte automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding og den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholdingen siden styringen og systemet da kan forenkles.

Ifølge den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding og det dynamiske posisjoneringssystem, kan minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet som virker på fartøyet estimeres og forovermatestyringen utføres for å kompensere for minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet. Som resultat kan posisjonsavvikelsen og fremdriftsavvikelsen av fartøyet bli ytterst redusert sammenlignet med den konvensjonelle automatiske styring av fartøysholdingen.

Alternativt kan den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding ifølge oppfinnelsen for å oppnå ovennevnte formål være en automatisk styreenhet for fartøysposisjonsholding for å holde en fartøysposisjon og en fartøysfremdrift i en bestemt posisjon og en bestemt fremdrift ved styring av en fremdriftskraft genereringsanordning på sjøen som omfatter en påvisningsanordning for fartøysposisjonen for å påvise fartøyets posisjon og fartøyets fremdrift, en beregningsanordning for generert fremdriftskraft for å beregne en styrekraft og et styremoment generert av fremdriftskraftens genereringsanordning tilveiebrakt med fartøyet, en langtidsvaryerende kraftberegninganordning for å beregne en langtidsvaryerende kraft og et langtidsvaryerende moment, herunder minst enten en varierende bølgedriftskraft og et varierende bølgedriftsmoment av bølger og en styreanordning for fremdriftskraftgenerering for forovermatningsstyring av styrekraften og styremomentet generert av fremdriftskraftens genereringsanordning for den langtidsvaryerende kraft og det langtidsvaryerende moment som beregnet av den langtidsvaryerende krafts beregningsanordning.

Også ovennevnte automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding omfatter videre en beregningsanordning for fartøysakselerasjon for å beregne akselerasjonen og vinkelakselerasjonen i en posisjon av et fartøys tyngdepunkt og en beregningsanordning for fartøyets virkende kraft for å beregne den virkende kraft og det virkende moment som virker på fartøyet ved å multiplisere akselerasjonen og vinkelakselerasjonen som beregnet av beregningsanordningen for fartøysakselerasjonen ved

hjelp av et skrogs virtuelle masse og et skrogs virtuelle inert moment og som blir konfigurert slik at den langtidsvaryerende krafts beregningsanordning subtraherer en styrekraft og et styremoment beregnet av den genererte fremdriftskrafts beregningsanordning ut fra den virkende kraft og det virkende moment som beregnet av fartøyets virkende krafts beregningsanordning for å beregne den langtidsvaryerende kraft og det kortidsvaryerende moment.

Videre blir ovennevnte automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding konfigurert slik at beregningsanordningen for fartøyets akselerasjon innhenter akselerasjonen og vinkelakselerasjonen av andre grads derivativ av tidsrekke data av fartøyets posisjon og fartøyets fremdrift som påvist av posisjonspåvisningsinnretningen for fartøyet.

Også ovennevnte automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding blir konfigurert slik at beregningsanordningen for fartøyets akselerasjon innhenter akselerasjon og vinkelakselerasjon av andre grads derivativ etter å ha ført tidsrekken av data for fartøysposisjon og fartøyets fremdrift gjennom et Kalman-filter.

Også ovennevnte automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding blir konfigurert slik at påvisningsanordningen for fartøysposisjon påviser fartøysposisjonen ved hjelp av GPS.

Ifølge ovennevnte automatiske styreenheter for fartøysposisjonsholding, kan den langtidsvaryerende kraft og det kortidsvaryerende moment, herunder enten minst den varierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment som virker på fartøyet, bli beregnet. Deretter blir forovermatestyringen utført for å kompensere for den langtidsvaryerende kraft og det langtidsvaryerende moment. Således kan posisjonsavvikelsen ytterligere reduseres sammenlignet med den konvensjonelle, automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding og den konvensjonelle automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding.

Oppfinnelsen skal beskrives nærmere i det følgende, der:

Fig. 1 er et blokkskjema som viser et dynamisk posisjoneringssystem forsynt med en automatisk styreenhet for fartøysposisjonsholding ifølge oppfinnelsen,

fig. 2 er et skjema som viser en konfigurasjon for en styreanordning for den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding ifølge oppfinnelsen,

fig. 3 er et skjema som viser en automatisk styrestrøm for fartøysposisjonsholding ifølge oppfinnelsen,

fig. 4 er et skjema som viser en forberedende strøm av hver tabell,

fig. 5 er et skjema som viser en beregningsstrøm for en bølgedriftskraft,

fig. 6 er et skjema som viser en konfigurasjon av en styreanordning for en automatisk styreenhet for fartøysposisjonsholding ifølge oppfinnelsen, og

fig. 7 er et skjema som viser en styrestrøm for en langtidsvaryerende kraftkompensering ifølge oppfinnelsen.

Først vil en automatisk styremetode for fartøysposisjoneringsholding, en beregningsmåte for bølgedriftskraft, en automatisk styreenhet for fartøysposisjoneringsholding og et dynamisk posisjoneringssystem ifølge en utførelse av oppfinnelsen bli beskrevet under henvisning til de vedføyde tegninger. Kraften, f.eks. en bølgedriftskraft skal omfatte et moment, f.eks. et driftsmoment, unntatt der hvor den er spesielt atskilt og en indikasjon om momentet vil bli utelatt i det følgende for å forenkle beskrivelsen. Dvs. at i stedet for "... kraft og ... moment", blir den indikert som "... kraft". Også fartøysposisjonen omfatter et fartøys fremdrift og posisjoneringssavvikelsen av et fartøy omfatter en fremdriftsavvikelse, unntatt der hvor det er atskilt.

Først vil et dynamisk posisjoneringssystem 1 forsynt med en automatisk styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 ifølge oppfinnelsen bli beskrevet. Som vist på fig. 1 omfatter det dynamiske posisjoneringssystem 1 en påvisningsinnretning for et fartøys posisjoneringsholddedata 10 for å påvise informasjon for fartøyets posisjonsholdestyring, en automatisk styreenhet for fartøysposisjonsholdingen 20 for å legge inn en påvist verdi for fartøyets posisjonsholddatapåvisningsinnretningen 10 og som gir en kommando til fremdriftskraftens genereringsinnretning 30 og fremdriftskraftens genereringsinnretning 30 for å gi en styrekraft til fartøyet ifølge et kommandosignal fra den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20.

Som fartøysposisjonsholddedataenes påvisningsinnretning 10, kan det være en posisjoneringføler, en hastighetsføler for å påvise eller detektere skipets hastighet (mot jord eller mot vann), en akselerasjonsføler, en holdningsføler (stampevinkel, rullevinkel, giringsvinkel), en vinkelhastighetsføler eller lignende. Også en vindkraftføler, en tidevannsbølgeføler eller lignende kan vurderes.

I denne utførelse blir en GPS-innretning 11 brukt som posisjoneringføler for et skrogs langsgående retning (bråttsjø) posisjon og et skrogs sideretning (duve)-posisjon. Et gyrokompass 12 blir brukt som en føler for et fartøys fremdrift (slingring). En elektromagnetisk logg 13 blir brukt som hastighetsføler for å påvise fartøyets hastighet. En føler for å påvise informasjon om en "seks graders frihet"-bevegelse av fartøyet (bråttsjø: langsgående retning av fartøyet, slingring: høyre og venstre retningen av fartøyet, stamping: vertikal retning av fartøyet, rulling: retningen rundt den langsgående koordinatakse av fartøyet, stamping: retningen rundt høyre og venstre koordinatakser av fartøyet, giringsvinkel: retningen rundt den vertikale koordinatakse av fartøyet), blir et akselerometer og et vinkelakselerometer brukt. Som vindkraftføler blir en vindretnings/vindindikator av skovltypen 14 brukt. Posisjoneringsnøyaktigheten ( $1\sigma$ ) av GPS (globalt posisjoneringssystem)-innretning 11 omtrent 5 m. Symbolet  $\sigma$  benevner en standardavvikelse fra en vilkårlig feil.

Som fremdriftskraftens genereringsinnretning 30 som kan gi en effektiv styrekraft til fartøyet, kan en hovedpropell, en styring, en tunnelstyrepropell, en

kursstyrepropell, en Schneider-propell, en jetpropell eller lignende generelt vurderes. I denne utførelse fins det to enheter av hovedpropellen 31 for en propell med variabel stigning, to enheter av styringen 32, to enheter av baugstyrepropellen 32 av en variabel tunneltype og to enheter av akterstyrepropell 34 av variabel tunneltype.

5 Den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 omfatter en operasjonsdel 21, en styredel 22 og en visningsdel 23. Operasjonsdelen 21 omfatter en treakset spake og forskjellige brytere. Gjennom operasjonsdelen 21 gir en operatør instruksjoner til styredelen 22 eller kjenner til styretilstanden ved å betrakte displaydelen 23.

10 Styredelen 22 er senter for den automatiske styreenhets fartøysposisjonsholding 20. I denne utførelse omfatter innretningen 2 enheter for beregning. Styredelen 20 blir brukt som beregningsenhet for styring og en beregningsenhet for overvåkning og utveksler data gjennom et felles minne. Moduler som konfigurerer beregningsinnretningen er konstruert med en tilstrekkelig støymargin mot variasjoner i  
15 krafttilførselen og elektromagnetisk induksjon. Inn/ut-grensesnitt forbundet til følere og aktuatorer er alle elektrisk isolert, slik at eksterne problemer ikke negativt påvirker innsiden av beregningsenheten. For å forbedre påliteligheten av beregningsenheten, blir det ikke brukt et eksternt hjelpeminne med en mekanisk drivdel. Alle programmer og data er skrevet inn i en ROM-modul.

20 Styredelen 22 sender/mottar data til/fra fartøyets påvisningsinnretning for posisjonsholddedata 10. Fra de påviste data og instruksdata hentet fra kommunikasjonen med operatøren, blir beregninger utført og en kommando til fremdriftskraftens genereringsinnretning 30 blir beregnet og sendt.

25 Visningsdelen 23 har en CRT-skjerm, en digital indikator, en indikatorlampe eller lignende og viser et fartøys posisjon i et målsenter med absolutt koordinatindikasjon eller et eget fartøysenters relative koordinatindikasjon. Indikasjonskalaen av koordinatet kan fritt endres og retninger av vind og beregnet stasjonær kraft kan vises øverst til venstre. Videre viser dataene funksjonene til en føler tilstand, en krafttilstand, en alarmtilstand og lignende. Også en digital skjermfunksjon for å vise en  
30 målposisjon, en målkurs, en posisjonsavvikelse, en kursavvikelse og en propellkommandos fremdriftskraft, en alarmfunksjon for å gi en alarm ved utstyrfeil, en generatoroverbelastning og unormal posisjonsholding og en registreringsfunksjon for å registrere operasjonstilstanden, operasjonsinnhold og alarminnhold på et kassettbånd, en skriver og lignende, er tilveiebrakt.

35 Det dynamiske posisjoneringssystem 1 har fire programvaredrivmoduser for en beredskapsmodus, en manuell modus, en halvautomatisk modus og en automatisk modus. Beredskapsmodus er en modus for å kommandere en null fremdriftskraft til hver propell for å gi skipsstyringen fleksibilitet. Den manuelle modus er en modus for å kommandere en fremdriftskraft i samsvar med bruken av den treskaftede

betjeningspakke. Den halvautomatiske modus er en modus som automatisk holder et fartøys kurs ved en innstilt kurs og muliggjør en alternativ skipsstyring ved bruk av den treskaftede betjeningspakke. Den automatiske modus er en modus hvor fartøysposisjonen og fartøyskursen blir automatisk holdt i en fast posisjon og en fast kurs og når en innstillingsverdi for fartøysposisjonen blir endret, blir fartøysposisjonen endret mens kursen blir holdt og når en innstillingsverdi for kurs blir endret, blir fartøyet dreiet rundt mens fartøysposisjonen blir holdt.

En styrelogikk for den automatiske fartøysposisjonsholding i en første utførelse vil nå bli beskrevet. Et fartøy på sjøen er utsatt for forstyrrelser, f.eks. vind, tidevann, bølger og en styrekraft, f.eks. en styrepropell (og et styremoment) blir generert mot disse. Fartøyet foretar en bevegelse og genererer en posisjonsavvikelse (og en kursavvikelse) mot en målposisjon (og en målkurs) innstilt på forhånd. Den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 beregner en styrekraft for å eliminere en slik posisjonsavvikelse og videre for å holde fartøysposisjonen stabilt selv under forstyrrelsen, og sender videre en kommando for å kompensere for denne til fremdriftskraftens genereringsinnretning 30 og frembringer en styrekraft som kreves for den automatiske fartøysposisjonsholding (heretter kalt en DPS-styrekraft).

DPS-styrekraften sendt fra den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 blir konfigurert av en kortidstilbakemeldingsstyrekraft (heretter kalt en FB-styrekraft med momentet) og en langtidsovermatestyrekraft (heretter kalt en FF-styrekraft med moment). Dvs. at  $DPS\text{-styrekraften} = FB\text{-styrekraften} + FF\text{-styrekraften}$ .

FB-styrekraften er en styrekraft som utøves basert på posisjonsavvikelsen og kursavvikelsen for fartøyet og en kraft for tilbakemeldingsstyring beregnet ved å bruke proporsjonal styring, derivativ styring, integrert styring eller lignende. Hvis det ikke fins noen posisjonsavvikelse for fartøyet, blir det følgelig ikke generert noen FB-styrekraft.

På en annen side tilsvarer FF-styrekraften en langtidsvaryerende kraft vesentlig nær en stasjonær kraft. FF-styrekraften er en kompenserende styrekraft for forovermatestyring kommandert for å realisere stabil kontroll mot en langtidsvaryerende kraft som virker på fartøyet uansett nærværet av posisjonsavvikelsen. FF-styrekraften omfatter en vindtrykkkompenseringsstyrekraft  $FFw2$  i forbindelse med vindtrykk, en tidevannskompenseringsstyrekraft  $FFc$  tilknyttet en tidevannskraft og en bølgedriftskraftkompenseringsstyrekraft  $FFd$ . Dvs. at  $FF\text{-styrekraften} = \text{vindtrykkkompenseringsstyrekraften} + \text{tidevannskompenseringskraften} + \text{bølgedriftskraftens kompenseringsstyrekraft}$ .

Når det gjelder vindtrykkkompenseringsstyrekraften  $FFw$  blant disse, og ved å beregne et vindtrykk som for tiden oppleves av fartøyet i sann tid basert på data for relativ vindretning og relativ vindkraft fra vindretnings/vindindikatoren, kan

vindtrykkskompenseringskontrollens kraft  $FF_w$  mot vindtrykket beregnes. For å beregne et nøyaktig vindtrykk, blir vindtunnelprøvedata utført ved å bruke en skalamodell av fartøyet.

Også tidevannskompenserings styrekraft  $FF_c$  blir sjelden generert unntatt i spesifikke sjøområder og tidevann kan måles direkte og lett i de spesifikke sjøområder. Følgelig kan tidevannskompenserings styrekraft  $FF_c$  beregnes på forhånd. Selv om en direkte beregning ikke er mulig siden tidevannskraften normalt blir vesentlig konstant over lang tid, kan tidevannskraften påvises fra påviste posisjonsdata for den automatiske styring av fartøysposisjonsholdingen og tidevannskompenseringskontrollens kraft  $FF_c$  som kompenserer for tidevannskraften, kan beregnes.

Ifølge oppfinnelsen og når det gjelder den gjenværende bølgedriftkraftens kompenseringsstyrekraft  $FF_d$ , blir bølger som faller inn på fartøyet fra fartøyet bevegelse, beregnet og bølgedriftkraftens kompenseringsstyrekraft  $FF_d$  blir beregnet ut fra de beregnede bølger.

Følgelig kan forovermatestyringen også utføres for bølgedriftkraftens kompenseringsstyrekraft  $FF_d$ .

For den automatiske styring av fartøyet posisjonsholding i den første utførelse, omfatter den automatiske styreanordning for fartøysposisjonsholding C20 av den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 som vist på fig. 2, fartøyet bevegelsesinformasjonsakkumuleringsanordning C21, fartøyet bevegelsesmåleinretning C22, bølgeinformasjonsberegninganordning C23, stamperesponskoeffisientberegninganordning C24, bølgetidsrekkeberegninganordning C25 og bølgedriftkraftsberegninganordning C26 og lignende.

For fartøyet bevegelsesinformasjonsakkumuleringsanordning C21, blir en tabell for bølgeinnfallingsvinklestimering T1, en stamperesponskoeffisienttabell for korte uregelmessige bølger T2 og en bølgedriftkraftskoeffisienttabell i vanlige bølger T3 forberedt og lagret. Disse tabellene blir utarbeidet basert på en responstabell i vanlige bølger T01 som innhenter en responsverdi for fartøysbevegelsen til vanlige bølger og en responstabell i korte, uregelmessige bølger T02.

Responstabellen i vanlige bølger T01 viser hvordan fartøyet foretar en bevegelse når vanlige bølger når fartøyet i en innfallingsvinkel i en retning. Ifølge kjente beregningsmetoder for fartøysresponsfunksjon i vanlige bølger, f.eks. en strippet metode og en tredimensjonal, enkel fordelingsmetode, blir beregningene utført for hver tilstand av fartøyet (dypgående eller et trim) basert på en bølgeinnfallingsvinkel som har en retning hvor bølgen ankommer og en bølgeperiode. Dataresponsen i en vanlig bølge blir avbildet i en tabell (avbildningsdata) for å få responstabellen i vanlige bølger T01.

Responstabellen i korte, uregelmessige bølger T02 viser hvordan fartøyet foretar en bevegelse når uregelmessige bølger ankommer fartøyet fra en bølges hovedretning. Bølgeretningsfordelingen og omfanget av uregelmessige bølger (som

kan defineres som en gjennomsnittlig bølgeperiode og en betydelig bølgehøyde) som møtes av fartøyet på sjøen, blir forutsagt, idet responsen i vanlige bølger hentet fra responstabellen i vanlige bølger T01 blir vektet og lagt til i forhold til bølgeretningsfordelingen og et responspektrum av fartøysbevegelsen for korte uregelmessige bølger blir hentet ved å multiplisere vekten av bølgeenergifordelingen i samsvar med bølgeperioden basert på det forutsatte bølgespektrum. Den betydelige bølgehøyde blir vist av to ganger standardavvikelsen  $\sigma$  av bølgenes tidsrekke og et kvadrat av standardavvikelsen  $\sigma$  er et område som omslutes av det korte, uregelmessige bølgeresponspektrum av bølger.

Fra det korte, uregelmessige bølgeresponspektrum av fartøybevegelsen, blir en responskoeffisient av bevegelsen (signifikant dobbel amplitude/signifikant bølgehøyde) og en gjennomsnittperiode av bevegelsen innhentet. Responskoeffisienten og den bevegelsesrepresentative periode av responsen i korte, uregelmessige bølger blir innhentet for hver tilstand av fartøyet basert på bølgeinnfallsvinkelen og den gjennomsnittlige bølgeperiode og de blir satt i rekkefølge for å oppnå responstabellen i korte, uregelmessige bølger T02. Den signifikante, dobbelamplitude blir representert ved to ganger standardavvikelsen av  $\sigma$  av bevegelsens tidsrekke og et kvadrat av standardavvikelsen  $\sigma$  er et område som omslutes av det korte, uregelmessige bølgeresponspektrum av bevegelsen.

Bølgeretningsfordelingen viser en fordeling av bølgeenergien i et område på 90 grader i urviseretretningen og 90 grader i mot urviseretretningen rundt innfallsretningen av bølgen (bølgeretningen med høyest bølgeenergi) til fartøyet. Bølgeretningsfordelingen forutsettes å ha normalt  $\chi^2$ -fordeling. Også det uregelmessige bølgespektrum JONSWAP-spektrum, ISSC-spektrum, ITTC-spektrum eller lignende, blir forutsatt normalt.

Bølgeinnfallsvinkelens beregningstabell T1 gjelder perioder, f.eks. en stamperepresentativ periode (spissperiode, gjennomsnittperiode), en gjennomsnittsbølgeperiode og en rullerepresentativ periode for hver tilstand av fartøyet og viser et forhold mellom et forhold mellom den stampesignifikante amplitude og rullesignifikante amplitude (her kalt et responsforhold mellom stamping og rulling) og en bølgeinnfallsvinkel. Bølgeinnfallsberegningstabellen T1 blir beregnet ut fra responskoeffisienten av en respons i korte, uregelmessige bølger av stamping og rulling. Et responsforhold mellom stamping og rulling blir innhentet for hver representative periode av stamping ifølge en bølgeinnfallsvinkel og forholdet blir satt i rekkefølge for å oppnå bølgeinnfallsvinkelens estimeringstabell T1 av et forhold mellom responsforholdet mellom stamping og rulling og bølgeinnfallsvinkelen ifølge en representativ periode av stamping. Tabellen T1 blir lagret i fartøyets bevegelsesinformasjonsoppsamlingsanordning C21.



Når bølgespektrumet forutsettes å være av JONSWAP-type bølgespektrum med en bratt spiss i bølgespektrumet, blir en periode av en spiss (spissperiode) av et stampebevegelsesspektrum innhentet fra bevegelsesspektrumet brukt som en representativ periode for stamping. Utenom dette kan en gjennomsnittperiode av stampebevegelsen også brukes. Ved beregning av denne bølgeinnfallsvinkel, kan en gjennomsnittsbølgeperiode eller en rullerepresentativ periode også brukes i stedet for den stamperepresentative periode.

Deretter viser stamperesponskoeffisienttabellen i korte, uregelmessige bølger T2 et forhold mellom bølgeinnfallsvinkelen og en stamperesponskoeffisient (stampesignifikant, dobbelamplitude/signifikant bølgehøyde) av en bevegelse i uregelmessige bølger tilknyttet den stamperepresentative periode i samsvar med fartøyets tilstand. Ut fra stamperesponsen i uregelmessige bølger, blir den stamperepresentative periode og stamperesponskoeffisienten beregnet ifølge en bølgeinnfallsvinkel og satt i rekkefølge for å oppnå stamperesponskoeffisienttabellen i korte uregelmessige bølger T2. Denne tabell T2 blir lagret i fartøyets bevegelsesinformasjonsoppsamlingsanordning C21.

Også basert på den innkommende bølge og bølgeinnfallsvinkelen ifølge fartøyets tilstand, blir en bølgedriftskraftkoeffisient oppnådd ved å gjøre bølgedriftskraften (stamping, duving, slingring) dimensjonsløs av den representative lengde (f.eks. skipslengde) eller bølgehøyde blir beregnet på kjent måte, f.eks. ved en tredimensjonal enhetsmetode. De beregnede resultater blir lagret i fartøyets bevegelsesinformasjonsoppsamlingsanordning C21 som tabell i vanlige bølger for bølgedriftskraftkoeffisient T3.

Måleanordningen for fartøysbevegelsen C22 er anordningen for å måle fartøyets bevegelse. Fartøybevegelsens måleanordning C22 måler vanligvis en seks graders bevegelsesfrihet, men her måler den minst stamping og rulling. Vinklene av stamping og rulling blir påvist av vinkelfølere eller vinkelakselerasjonsfølere. I stedet for vinkelakselerasjonsfølere, kan vinkelakselerasjonen påvises fra akselerasjonsføleren og en langsgående avstand eller sideavstand mellom den vertikale akselerasjonsføler og en posisjon av fartøyets tyngdepunkt. Ut fra disse deteksjonsresultater blir en stampetidsrekke og en rulletidsrekke innhentet. Dataene i løpet av den bestemte tidsrekke blir analysert ved frekvensanalyse (spektralanalyse), f.eks. Fast Fourier Transform-analyse og bevegelsesspektraene av stamping og rulling blir beregnet. Ut fra bevegelsesspektraene blir de målte verdier av responsforholdet mellom stamping og rulling innhentet.

Beregningsanordningen for bølgeinformasjon C23 er anordningen for å beregne en bølgeinnfallsvinkel og gjelder frekvensanalyse av den målte stampetidsrekke og rulletidsrekke. Dvs. at den stampesignifikante, doble amplitude og rullesignifikante, doble amplitude, ut fra det målte stampespektrum og det målte

rullespektrum blir beregnet. Ut fra forholdet til begge, blir det målte responsforholdet mellom stamping og rulling (forholdet mellom den stamesignifikante amplitude og rullesignifikante amplitude) innhentet. Også en representativ periode for en stampebevegelse blir beregnet ifølge den stamperepresentative periode av bølgeinnfallingsvinkelens beregningstabell T1 som er forberedt på forhånd for å gjøre den til en beregnet stamperepresentativ periode. Ut fra den beregnede stamperepresentative periode og responsforholdet mellom den målte stamping og rulling, blir bølgeinnfallsvinkelen beregnet ved å bruke bølgeinnfallsvinkelens beregningstabell T1 som er forberedt på forhånd.

Stamperesponskoeffisientberegningsanordningen C24 er anordningen for å beregne en stamperesponskoeffisient. Ut fra bølgeinnfallsvinkelen og den beregnede, representative bølgeperiode, blir stamperesponskoeffisienten beregnet ved å bruke stamperesponskoeffisienttabellen i korte, uregelmessige bølger T2 som er forberedt på forhånd.

Beregningsanordningen for bølgetidsrekken C25 er anordningen for å beregne en beregnet tidsrekke av bølger. Den beregnede tidsrekke av bølgene blir beregnet ved å multiplisere den målte stampetidsrekke med inversen av stamperesponskoeffisienten som beregnet av stamperesponskoeffisientens beregningsanordning C24.

Bølgedriftskraftens beregningsanordning C26 er anordningen for å beregne bølgedriftskraften. Bølgedriftskraftens beregningsanordning C26 beregner bølgedriftskraften med Hsu-metoden ut fra den beregnede, estimerte tidsrekke av bølger. Her blir bølgedriftskraften av uregelmessige bølger approksimert av en bølgedriftskraft i vanlige bølger. Først blir en null kryss posisjon av den beregnede tidsrekke av bølger påvist og en bølgeperiode blir beregnet ut fra tiden mellom to null kryss. En bølgehøyde blir innhentet fra en ekstrem verdi av null kryss perioden. Under null kryss perioden blir en konstant bølgedriftskraft vurdert til å virke på fartøyet, idet den beregnede bølgeinnfallsvinkel og to ganger null kryss perioden som blir satt som bølgeinnfallsvinkel og bølgeperioden av regelmessige bølger og en bølgedriftskraftkoeffisient blir innhentet hver halvperiode av bølgene, dvs. per null kryss periode som bruker bølgedriftskoeffisienttabellen i vanlige bølger T3 forberedt på forhånd. Ut fra denne bølgedriftskraftskoeffisient, blir bølgedriftskraften beregnet.

Den automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding vil nå bli beskrevet ifølge den automatiske styrestrøm for fartøysposisjonsholding som vist på fig. 3. Den automatiske styrestrøm for fartøysposisjonsholding vist på fig. 3 omfatter forberedelse for hver tabell ved trinn S10, beregning av en bølgedriftskraft ved trinn S20, beregning av et vindtrykk ved trinn S30, beregning av en tidevannskraft ved trinn S40, beregning av en FF-styre kraft (forovermatestyre kraft) ved trinn S50, beregning av en FB-styre kraft (tilbakemeldingsstyre kraft) ved trinn S60 og instruks for en DPS-styre kraft ved trinn S70.

Som forberedelse ved trinn S10, blir bølgeinnfallsvinkelens estimeringstabell T1, stamperesponskoeffisienttabellen i korte, uregelmessige bølger T2, bølgedriftskraftens koeffisienttabell i regelmessige bølger T3 og lignende forberedt av oppsamlingsanordningen for fartøysbevegelsesinformasjon C21. Utarbeidelsen av hver tabell ved trinn S10 blir vanligvis foretatt før fartøyet seiler. Ved trinn S10 som vist på fig. 4, blir fartøysbevegelsen i vanlige bølger beregnet av strippemetoden eller tredimensjonal singularitetsmetoden ved trinn S11 og responstabellen i vanlige bølger T01 viser fartøysbevegelsesdata for bølgeinnfallsvinkelen og bølgeperioden forberedt for hver fartøystilstand.

Ved det neste trinn S12, og basert på responsen i vanlige bølger, blir responstabellen i korte, uregelmessige bølger T02 fra den antatte bølgespektrumsgruppe forberedt basert på bølgeinnfallsvinkelen og den gjennomsnittlige bølgeperiode for hver tilstand av fartøyet. Responstabellen i korte, uregelmessige bølger T02 viser statiske data for fartøysbevegelsen i uregelmessige bølger for bølgeinnfallsvinkelen og den gjennomsnittlige bølgeperiode for hver tilstand av fartøyet.

Ved etterfølgende trinn S13, blir den stampesignifikante, doble amplitude/signifikante bølgehøyde og rullesignifikante, doble amplitude/signifikante bølgehøyde innhentet fra responstabellen i korte, uregelmessige bølger T02, idet responsforholdet mellom stamping og rulling som er forholdet mellom begge, beregnet og bølgeinnfallsvinkelens estimeringstabell T1 viser responsforholdet mellom stamping og rulling på bølgeinnfallsvinkelen og den stamperepresentative periode blir forberedt for hver tilstand av fartøyet. Tabellen T1 blir lagret i fartøyets bevegelsesinformasjonsoppsamlingsanordning C21 på forhånd. Også ved trinn S14, blir den stamperepresentative periode og den stampesignifikante, doble amplitude/signifikante bølgehøyde beregnet fra responstabellen i korte, uregelmessige bølger T02 og stamperesponskoeffisienten i korte, uregelmessige bølger T2 blir forberedt for hver tilstand av fartøyet. Tabellen T2 blir lagret i fartøyets bevegelsesinformasjonsoppsamlingsanordning C21 på forhånd.

Ved trinn S15, blir fartøyets bevegelse i regelmessige bølger beregnet ved strippemetoden eller den tredimensjonale singularitetsmetode og bølgedriftskraftkoeffisienttabellen T3 som viser bølgedriftskraftkoeffisienten for bølgeinnfallsvinkelen og bølgeperioden blir forberedt for hver tilstand av fartøyet. Tabellen T3 blir lagret i fartøyets bevegelsesinformasjonsoppsamlingsanordning C21 på forhånd. Ved etterfølgende S16, og ut fra en lufttunnelprøve eller lignende utført ved å bruke en skalamodell av skipet, blir en vindtrykkstabell T4 som viser vindtrykket for den relative vindretning og den relative vindkraft forberedt. Denne tabell T4 blir lagret i fartøyets bevegelsesinformasjonsoppsamlingsanordning C21 på forhånd. Også ved trinn S17, blir en tidevannskrafttabell T5 som viser tidevannskraften for tidevannsretningen og tidevannshastigheten, forberedt fra tankprøveresultatene eller

lignende utført ved å bruke skalamodellen av fartøyet. Denne tabell T5 blir lagret i fartøyets bevegelsesinformasjonsakkumuleringsanordning C21 på forhånd.

Beregningsstrømmen av bølgedriftskraften ved trinn S20 vil nå bli beskrevet. I hvert trinn i det følgende blir samme tilstand av fartøyet på sjøen brukt for fartøystilstanden i hver tabell. Ved trinn S20, som vist på fig. 5, blir fartøysbevegelsen (især stamping og rulling) målt av fartøysbevegelsesmåleanordningen C22 og den målte tidsrekke av fartøybevegelsen innhentet ved trinn S21. Også ved trinn S22, vil den målte tidsrekke av fartøybevegelsen gjennom en frekvensanalyse ved hjelp av Fast Fourier Transform-analysen eller lignende innenfor den bestemte periode, idet det målte fartøys bevegelsesspektrum blir beregnet og statiske data, f.eks. målt gjennomsnittsperiode, målt spissperiode, målt signifikant, dobbel amplitude og lignende blir beregnet.

Ved etterfølgende trinn S23, og ut fra de målte statiske data av bevegelsen, blir det målte responsforhold mellom stamping og rulling som er forholdet mellom stampe-målt, signifikant dobbeltamplitude og rulle-målt signifikant dobbeltamplitude innhentet av bølgeinformasjonsestimeringensanordningen C23. Ved trinn S24, og ut fra det målte responsforholdet mellom stamping og rulling, blir en bølgeinnfallsvinkel innhentet ved å bruke bølgeinnfallsvinkelens estimeringstabell T1 som er forberedt av fartøysbevegelsens informasjonsoppsamlingsanordning C21. Også den målte spissperiode av stampebevegelsen eller den målte gjennomsnittsperiode eller lignende blir satt som stamperrepresentativ periode.

Ved trinn S25, blir stamperesponskoeffisienten innhentet av stamperesponskoeffisientens beregningsanordning C24 ut fra den beregnede stamperrepresentative periode og bølgeinnfallsvinkelen ved å bruke stamperesponskoeffisienttabellen i korte, uregelmessige bølger T2 forberedt av fartøysbevegelsens informasjonsakkumuleringsanordning C21. Ved trinn S26 blir den beregnede tidsrekke av bølger innhentet av bølgetidsrekkenes beregningsanordning C25 ved å multiplisere den stampe-målte tidsrekke med inversen av stamperesponskoeffisienten. Ved det etterfølgende trinn S27, blir null kryss-perioden og bølgehøyden påvist fra den beregnede tidsrekke av bølger av bølgedriftskraftens beregningsanordning C26. To ganger null kryss periode blir satt som bølgeperiode og ved å bruke bølgedriftskoeffisienttabellen i regelmessige bølger til tre forberedt av fartøybevegelsens informasjonsoppsamlingsanordning C21, blir bølgedriftskraften beregnet per halvperiode, dvs. per null kryss-periode. Bølgedriftskraften virker i den trinnvise tilstand under null kryss-perioden.

I vindtrykkberegningstrømmen ved trinn S30 vist på fig. 3, og ut fra dataene om den relative vindretning og den relative vindkraft målt av vindretnings/vind-indikatoren blir vindtrykket som virker på fartøyet ved styring estimert i sanntid ved å

bruke vindtrykkstabellen T4 forberedt av fartøybevegelsens informasjonsoppsamlingsanordning C21.

Også for tidevannskraftberegningsstrømmen ved trinn S40, blir tidevannskraften sjeldent generert utenom ved spesifikke sjøområder. Hvis tidevannet er kjent på forhånd ved å bruke tidevannskrafttabellen T5 forberedt av fartøybevegelsens informasjonsoppsamlingsanordning C21, blir tidevannskraften som virker på fartøyet ved styring beregnet ut fra tidevannsretningen og tidevannshastigheten. Selv om tidevannsretningen og tidevannshastigheten ikke direkte kan måles eller beregnes siden tidevannskraften er en kraft som blir vesentlig konstant over en lengre periode, kan også tidevannskraften påvises fra posisjonens påvisningsdata for den automatiske fartøysposisjonsholdekontroll.

I beregningsstrømmen av FF-styre kraften (forovermate styre kraften) ved trinn S50, blir bølgedriftskraften beregnet ved trinn S20 og multiplisert med minus for å få en FFd-styre kraft (bølgedriftskraftskompenseringsstyre kraft). Også vindtrykket estimert ved trinn S30 blir multiplisert med minus for å oppnå en FFW styre kraft (vindtrykkskompenseringsstyre kraft). Videre blir tidevannskraften beregnet ved trinn S40 multiplisert med minus for å oppnå en FFc-styre kraft (tidevannskompenseringsstyre kraft). FFd-styre kraften, FFW-styre kraften og FFc-styre kraften blir lagt sammen for å oppnå FF-styre kraften. Dvs. at FF-styre kraften = FFd-styre kraft + FFW-styre kraft + FFc-styre kraft.

Også i beregningsstrømmen av FB-styre kraft (tilbakemeldingsstyre kraft) ved trinn S60, blir FB-styre kraften for tilbakemeldingsstyring hvor den proporsjonale styring, derivativstyringen, den integrerte styring og lignende blir kombinert og beregnet. En kjent styremetode blir brukt for denne tilbakemeldingsstyring og beskrivelsen vil følgelig bli utlagt.

I instruksstrømmen av DPS-styre kraften ved trinn S70, blir FF-styre kraften og FB-styre kraften lagt til for å oppnå DPS-styre kraften. Et instruksignal til fremdriftskraftens genereringsanordning 30 blir beregnet, slik at styre kraften generert av fremdriftskraftens genereringsanordning 30 blir denne DPS-styre kraft og dette instruksignal blir sendt til fremdriftskraftens genereringsinnretning 30.

Ifølge ovennevnte, konfigurerte automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding og den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20, kan følgende styring utføres. Bølger som faller inn på fartøyet blir estimert fra fartøysbevegelsen. Ut fra disse estimerte bølger blir bølgedriftskraft og et bølgedriftsmoment som virker på fartøyet i bølger, beregnet. En styring for å holde fartøysposisjonen omfatter en styring for forovermate styring for den beregnede bølgedriftskraft og det beregnede bølgedriftsmoment blir utført.

Også en stamperepresentativ periode blir beregnet ut fra den stampemålte tidsrekke. Basert på den stamperepresentative periode, blir en bølgeinnfallsvinkel

beregnet ut fra det målte responsforhold mellom det målte stamping og den målte rulling ved å bruke bølgeinnfallsvinkelens estimeringstabell T1. En stamperesponsverdi blir beregnet ut fra den stamperepresentative periode og bølgeinnfallsvinkelen som bruker stamperesponsverditabellen i korte, uregelmessige bølger T2. Ved å multiplisere den stampemålte tidsrekke med inversen av stamperesponsverdien, blir en estimert tidsrekke av bølger beregnet. Ut fra denne estimerte tidsrekke av bølger, kan bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet beregnes ved å bruke bølgedriftskraftens koeffisienttabell T3.

Ifølge den automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding, kan bølgedriftkraftens beregningsmetode, den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 og det dynamiske posisjoneringssystem 1 i ovennevnte første utførelse, en bølgedriftskraft og et bølgedriftsmoment som virker på fartøyet, bli estimert og en forovermatestyring for å kompensere for bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet blir utført. Som resultat kan posisjonsavvikelsen og kursavvikelsen av fartøyet bli redusert vesentlig sammenlignet med den konvensjonelle automatiske styring av fartøysposisjonsholdingen.

Siden et varierende bølgedriftsmoment generelt er svært lite og hvis det ikke er noe krav til å holde fartøyets kurs, blir beregningen og styringen om det varierende driftsmoment ikke utført i ovennevnte automatiske styremetode for fartøysposisjonsholdingen og den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholdingen men blir slik konfigurert at bare beregningen og styringen om varierende bølgedriftskraft blir utført. Denne konfigurasjon er å foretrekke siden styringen og systemet da blir enklere.

Styrelogikken for den automatiske fartøysposisjonsholding i en andre utførelse, vil nå bli beskrevet. Et fartøy på sjøen opplever en forstyrrelse, f.eks. vind, tidevann og bølger. En styrekraft, f.eks. en styrepropell og et styremoment kan genereres mot disse. Imidlertid foretar fartøyet alltid en bevegelse og en posisjonsavvikelse og en kursavvikelse mot en målposisjon og en målkurs satt på forhånd blir generert. Den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 beregner en styrekraft og et styremoment for å eliminere posisjonsavvikelse og kursavvikelse og videre for å holde fartøysposisjonen stabil selv under forstyrrelser. En kommando for å kompensere for dette blir sendt til fremdriftskraftens genereringsinnretning 30 og en styrekraft og et styremoment som kreves for automatisk fartøysposisjonsholding (heretter kalt en DPS-styrekraft med momentet) blir oppnådd.

DPS-styrekraften kommandert av den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 blir konfigurert av en kort tilbakemeldingsstyrekraft (heretter kalt en FB-styrekraft med moment) og en lang tilbakemeldingsstyrekraft (heretter kalt en FF-styrekraft med moment) (DPS-styrekraft = FB-styrekraft + FF-styrekraft).

FB-styre kraften er en styre kraft som utøves basert på posisjonsavvikelsen og kursavvikelsen av fartøyet og størrelsen av en beregnet fartøyshastighet. FB-styre kraften er en kraft og et moment for tilbakemeldingsstyring beregnet ved å bruke proporsjonal styring og derivativ styring. Hvis det ikke fins noen posisjonsavvikelse eller kursavvikelse av fartøyet, blir ingen FB-styre kraft generert.

På den annen side tilsvarer FF-styre kraften en langtidsvarierende kraft vesentlig nær en stasjonær kraft. FF-styre kraften er en kompensasjonsstyre kraft for forovermatestyring kommandert for å realisere stabil styring mot en langtidsvarierende kraft som virker på fartøyet av et vindtrykk, en tidevannskraft og en bølgedriftskraft uansett nærværet av posisjonsavvikelsen og kursavvikelsen.

FF-styre kraften omfatter en vindtrykkskompenseringsstyre kraft og et moment som er knyttet til et vindtrykk. For vindtrykkskompenseringskontrollkraften og momentet basert på dataene om relativ vindretning og relativ vindkraft fra vindretnings/vindindikatoren, blir vindtrykket som for tiden virker på fartøyet estimert i sann tid og vindtrykkskompenseringsstyre kraften mot vindtrykket kan beregnes. For å beregne et nøyaktig vindtrykk, blir det brukt en tunnelprøve med en skalamodell av fartøyet.

Med den automatiske styremetode for fartøysposisjonsholdingen i den andre utførelse, og siden det ikke fins behov for å separere vindtrykket, tidevannskraften og den varierende bølgedriftskraft i praksis, blir imidlertid slike som omfatter vindtrykk samt vindtrykksmoment, tidevannskraft samt tidevannsmoment og den varierende bølgedriftskraft samt varierende bølgedriftsmoment, kalt en langtidsvarierende kraft samt et langtidsvarierende moment. Den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment omfatter den varierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment. Siden informasjonen om bølgene for å estimere disse kreftene og momentene ikke nøyaktig kan påvises, vil den ikke direkte kunne beregnes ut fra de påviste data over bølgene og lignende med tilstrekkelig nøyaktighet.

I den andre utførelse blir den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment med den langtidsvarierende driftskraft og det langtidsvarierende driftsmoment beregnet ut fra tidsrekken av data om fartøyets posisjon ved å bruke Kalman-filter. Ved å bruke dette Kalman-filter, blir fartøysbevegelsen beregnet ut fra en tidsmessig endring i fartøyets posisjon og fartøyets kurs under hensyn til påvirkningen av fartøyets bevegelse av DPS-styre kraften som virker på fartøyet. Den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment blir beregnet ved å bruke fartøysbevegelsens estimerte verdi og den beregnede verdi av DPS-styre kraften generert av fremdriftskraftens genereringsinnretning 30.

Ved å beregne den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment, kan DPS-styre kraften utøves mot den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment, herunder den varierende bølgedriftskraft og det varierende

bølgedriftsmoment, uansett nærværet av posisjonsavvikelsen eller kursavvikelsen av fartøyet. Følgelig blir den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment beregnet og før posisjonsavvikelsen av kursavvikelsen blir generert, blir verdiene oppnådd ved å multiplisere den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment med minus, lagt til DPS-styrekraften som kompensasjonsstyrekraft og kompensasjonsstyremoment mot den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment, dvs. som FF-styrekraft.

Konfigurasjonen av den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 for forovermatestyring ved beregning av FF-styrekraften for den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment, herunder den varierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment, vil nå bli beskrevet. Siden tilbakemeldingsstyringen av den automatiske fartøysposisjonsholdestyring av gjeldende teknikk kan brukes som tilbakemeldingsstyring basert på en korttids FB-styrekraft og er kjent, blir denne ikke beskrevet her.

Styreanordningen C40 i den andre utførelse av den automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 omfatter som vist på fig. 6, fartøysposisjonspåvisningsanordning C41, fartøysakselerasjonsberegningsanordning C42, beregningsanordning for fartøyets bevirkende kraft C43, den genererte fremdriftskrafts beregningsanordning C44, den langtidsvarierende krafts beregningsanordning C45 og fremdriftkraftens genereringsstyreanordning C46.

Fartøysposisjonspåvisningsanordningen C41 påviser fartøysposisjonen med en GPS-innretning og påviser også fartøyets fremdrift eller kurs ved hjelp av et gyrokompass. Posisjonsavvikelsen og kursavvikelsen blir innhentet ved å subtrahere en målposisjon og en målkurs ut fra fartøysposisjonen og fartøyskursen. Fartøysakselerasjonens beregningsanordning C42 bruker andre grads derivativ til tidsrekke-dataene av posisjonsavvikelsen og kursavvikelsen etter å ha ført dem gjennom et Kalman-filter for å beregne akselerasjonen og vinkelakselerasjonen i fartøyets tyngdepunktposisjon.

Beregningsanordningen for fartøyets virkende kraft C43 beregner en virkende kraft og et virkende moment på fartøyet ved å multiplisere akselerasjonen og vinkelakselerasjonen påvist av fartøysakselerasjonspåvisningsanordningen C42 med skrogets virtuelle masse og skrogets virtuelle inertia moment. Den genererte fremdriftskrafts beregningsanordning C44 beregner en styrekraft og et styremoment generert av fremdriftskraftens genereringsanordning 30 i fartøyet.

Den langtidsvarierende kraftberegninganordning C45 beregner en langtidsvarierende kraft og et langtidsvarierende moment, herunder den varierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment fra bølger ved å subtrahere styrekraften og styremomentet beregnet av den generert fremdriftskrafts beregningsanordning C44 ut fra den virkende kraft og det virkende moment beregnet av fartøyets beregningsanordning for den virkende kraft C43. Fremdriftskraftens genereringsstyre-



anordning C46 utfører forovermatestyring av styrekraften og styremomentet (FF-styrekraften) generert av fremdriftskraftens genereringsanordning 30 for den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment beregnet av den langtidsvarierende krafts beregningsanordning C45.

5 En beregning av en kompensasjonsstyrkraft og et kompensasjonsstyremoment for den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment vil nå bli beskrevet ifølge den langtidsvarierende krafts kompenseringstyrestrom vist på fig. 7. Den langtidsvarierende krafts kompenseringstyrestrom blir beregnet i et tidsdomene og data blir håndtert som en tidsrekke av data. Også den langtidsvarierende krafts  
10 kompenseringstyrestrom blir formet av en virkende krafts beregningsstrom (trinn S110) for å beregne en kraft som virker på et fartøy, en styrekraftsberegningsstrom (trinn S120) og en langtidsvarierende krafts beregningsstrom (trinn S130).

I den virkende krafts beregningsstrom ved det første trinn S110, blir langsgående og sideposisjon av fartøyet (stamperetning, duveretning) påvist av GPS  
15 eller lignende ved trinn S111. Også fartøyets kurs (gireretning) blir påvist av et gyrokompass. Posisjonsavvikelsen og kursavvikelsen (forflytningen) oppnådd fra fartøysposisjonen og fartøyets kurs, blir ført gjennom Kalman-filteret ved trinn S112 for å eliminere frekvenskomponenter for å oppnå en lavfrekvent posisjonsavvikelse og en lavfrekvent kursavvikelse (lavfrekvensdisplasement).

20 Den lavfrekvente posisjonsavvikelse og den lavfrekvente kursavvikelse blir ført gjennom andre grads derivativfilteret ved trinn S113 for å beregne akselerasjon og vinkelakselerasjon. Ved trinn S114, og ut fra den beregnede akselerasjon ( $a$ ) og vinkelakselerasjonen ( $\alpha$ ), blir fartøyets virkende kraft ( $F_{total}$ ) og fartøyets virkende moment ( $M_{total}$ ) som virker på fartøyet, beregnet. Dette utføres ved å multiplisere  
25 akselerasjonen ( $a$ ) med en virtuell masse ( $M$ ) av skroget eller ved å multiplisere vinkelakselerasjonen ( $\alpha$ ) med et virtuelt inertiamoment ( $I$ ) av skroget. Ved dette blir fartøyets virkende kraft ( $F_{total}$ ) og fartøyets virkende moment ( $M_{total}$ ) oppnådd.

I styrekraftens beregningsstrom ved trinn S120, blir på en annen side responser fra aktuatorene 21-24 av fremdriftskraftens genereringsinnretning 20 påvist og data  
30 med bladvinkler  $\delta_1, \delta_2$  av propell med variabel av hovedpropellene 21, 22, rotasjonstillene  $n_1, n_2$ , styrevinklene  $\delta_3, \delta_4$ , bladvinklene  $\delta_5$ - $\delta_8$  av propellene med variabel stigning av styrepropellene 25-28, og dreiningstillene  $n_5$ - $n_8$  og lignende sendt til trinn S122. Ved trinn S122, blir en styrekraft ( $F_{cmd} (= \sum f_i(n_i, \delta_i))$ ), som er en totalsum av kreftene generert ved de respektive aktuatorer av fremdriftskraftens genereringsinnretning 20 beregnet som funksjoner ( $f_i(n_i, \delta_i)$ ,  $m_i(n_i, \delta_i)$ ) av  
35 bladvinklene (eller styrevinklene)  $\delta_i$ , rotasjonstillene  $n_i$  og styremomentet ( $M_{cmd} (= \sum m_i(n_i, \delta_i))$ ), beregnet. Ved dette kan styrekraften ( $F_{cmd}$ ) og styremomentet ( $M_{cmd}$ ) som er krefter generert av fremdriftskraftens genereringsinnretning 20, oppnås.

Ved trinn S131 av den langtidsvarierende kraftberegningsstrøm av trinn S130, blir styrekraften ( $F_{cmd}$ ) og styremomentet ( $M_{cmd}$ ) subtrahert fra fartøyets virkende kraft ( $F_{total}$ ) og fartøyets virkende moment ( $M_{total}$ ) beregnet i den virkende krafts beregningsstrøm. Gjennom dette blir den langtidsvarierende kraft ( $F_{cw}$  ( $=F_{total} \cdot$   
 5  $F_{cmd}$ )) og det langtidsvarierende moment ( $M_{cw}$  ( $=M_{total} \cdot M_{cmd}$ )) beregnet. Ved trinn S132 blir kraften og momentet oppnådd ved å multiplisere den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment med minus, satt inn i den automatiske fartøysposisjonsholdestyring som FF-styrekraft (herunder momentet) og gitt forovermatestyringen.

10 Også FF-styrekraften omfatter vindtrykkskompensasjonsstyrekraften og styremomentet i forbindelse med vindtrykket. Basert på dataene for den relative vindretning og den relative vindkraft ut fra vindretnings/vindindikatoren, kan vindtrykket og vindtrykksmomentet som for tiden virker på fartøyet estimere i sann tid. Følgelig blir tidevannskraften, tidevannsmomentet, den varierende bølgedriftskraft og  
 15 det varierende bølgedriftsmomentet igjen ved å subtrahere det estimerte vindtrykk og vindtrykksmomentet fra FF-styrekraften. Når tidevannskraften og tidevannsmomentet ikke behøver å vurderes, kan alternativt den varierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment bli igjen.

Ifølge den automatiske styremetode for fartøysposisjonsholdingen og den  
 20 automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding 20 i den andre utførelse, blir den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment som virker på fartøyet, bli påvist på et tidlig tidspunkt og forovermatestyringen for å kompensere for den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment, herunder den langtidsvarierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment generert av bølger, bli  
 25 utført. Følgelig kan posisjonsavvikelsen og kursavvikelsen gjøres meget mindre enn med den konvensjonelle, automatiske styreenhet for fartøysposisjonsholding.

Den automatiske styremetode for fartøysposisjonsholding og det automatiske styresystem for fartøysposisjonsholding ifølge oppfinnelsen har ovennevnte utmerkede virkning og kan gjøre posisjonsavvikelsen og kursavvikelsen meget mindre enn den  
 30 konvensjonelle, automatiske styring for fartøysposisjonsholding ved å utføre forovermatestyring for å kompensere for minst enten bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet gjennom estimering av minst enten bølgedriftskraften eller bølgedriftsmomentet som virker på fartøyet. Alternativt kan posisjonsavvikelsen gjøres svært meget mindre enn den konvensjonelle automatiske styreenhet for fartøysposisjons-  
 35 holding ved å utføre forovermatestyring for å kompensere for den langtidsvarierende kraft gjennom estimering av den langtidsvarierende kraft og det langtidsvarierende moment, herunder minst enten den varierende bølgedriftskraft og det varierende bølgedriftsmoment som virker på fartøyet. Følgelig kan oppfinnelsen svært effektivt brukes som en automatisk styremetode for fartøysposisjonsholding og et dynamisk

posisjoneringssystem for skip, f.eks. arbeidsbåter og forskningskip og marine strukturer.

## P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for automatisk styring for fartøysposisjonsholding (20), for å holde en fartøysposisjon og en fartøyskurs for et fartøy på sjøen, hvor en styring av  
 5 fartøysposisjonsholdingen (20) utføres med en styring hvor minst én av bølgedriftskraft (S20) og et bølgedriftsmoment forårsaket av bølger blir beregnet, og en forovermatestyring blir utført for minst én av den beregnede bølgedriftskraft (S20) og bølgedriftsmoment, hvor bølgene som faller inn på fartøyet blir estimert fra en bevegelse av fartøyet (S21), og minst én av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet  
 10 blir beregnet fra de estimerte bølger hvor,

en stamperepresentativ periode blir beregnet fra en stampemålt tidsrekke,

en bølgeinnfallsvinkel blir estimert (S24) fra et målt responsforhold mellom en målt stamp og en målt rulling (S23) basert på den stamperepresentative periode ved å bruke en bølgeinnfallsvinklestimeringstabell forberedt på forhånd,

15       en stamperesponsverdi blir beregnet (S25) fra den stamperepresentative periode og bølgeinnfallsvinkelen ved å bruke en stamperesponsverditabell (T2) i korte, uregelmessige bølger med liten høyde forberedt på forhånd,

**karakterisert ved at** en estimert tidsrekke av bølger (S26) blir beregnet ved å multiplisere den stampemålte tidsrekke med den inverse av stamperesponsverdien, og

20       minst én av bølgedriftskraften (S27) og bølgedriftsmomentet blir beregnet ut fra den estimerte tidsrekke av bølger (S26).

2. Fremgangsmåte for automatisk styring av fartøysposisjonsholding ifølge krav 1, **karakterisert ved at** når minst en av bølgedriftskraften (S27) og bølgedriftsmomentet blir beregnet fra den estimerte tidsrekke av bølger (S26), fra en  
 25 periode mellom null krysninger av den estimerte tidsrekke av bølger og bølgehøyden mellom null krysninger, blir minst én av bølgedriftskraft en/og bølgedriftsmomentet i vanlige bølger tilsvarende perioden og bølgehøyden per halve bølgelengde beregnet, og minst én av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet i de vanlige bølger blir satt som minst én av bølgedriftskraft og bølgedriftsmomentet.

30       3. Fremgangsmåte for estimeringen av bølgedriftskraft for å estimere minst en av bølgedriftskraft og et bølgedriftsmoment som virker på et fartøy på sjøen, **karakterisert ved at**

en stamperepresentativ periode blir beregnet ut fra en stampemålt tidsrekke,

35       en bølgeinnfallsvinkel blir estimert fra et målt responsforhold mellom et målt stamping og en målt rulling (S23) basert på den stamperepresentative periode ved å bruke en bølgeinnfallsvinkels estimeringstabell forberedt på forhånd,

en stamperesponsverdi blir beregnet (DD) ut fra den stamperepresentative periode og bølgeinnfallsvinkelen ved å bruke en stamperesponskoeffisienttabell (T2) i en kort, uregelmessig bølge forberedt på forhånd,

estimert tidsrekke av bølger (26) blir beregnet ved å multiplisere den stampemålte tidsrekke med den inverse av stamperesponsverdien, og

minst en av bølgedriftskraften (S20) og bølgedriftsmomentet blir beregnet ut fra den estimerte tidsrekke av bølger (S26).

5 4. Styreenhet for automatisk fartøysposisjonsholding for å holde en fartøysposisjon og en fartøyskurs på sjøen, **karakterisert ved** at styreenheten for fartøysposisjonsholding omfatter:

måleanordning for fartøysposisjonen for å måle en bevegelse av fartøyet omfatter minst stamping og rulling,

10 bølgeinformasjonsestimeringsanordning for å beregne en stamperepresentativ periode fra den stampemålte tidsrekke og estimere en bølgeinnfallsvinkel CC fra et målt responsforhold mellom et målt stamping og en målt rulling basert på den stamperepresentative periode ved å bruke en bølgeinnfallsvinkels estimeringstabell (T1)forberedt på forhånd,

15 stamperesponsverdiberegningsanordning for å beregne en stamperesponsverdi (DD) fra den stamperepresentative periode og bølgeinnfallsvinkelen ved å bruke en stamperesponskoeffisienttabell (T2) i en kort, uregelmessig bølge forberedt på forhånd,

beregningsanordning for bølgetidsrekken for å beregne estimert tidsrekke av bølger ved å multiplisere den stampemålte tidsrekke med den inverse av stamperesponsverdien og

20 beregningsanordning for bølgedriftskraft for å beregne minst en av bølgedriftskraften (EE) og bølgedriftsmomentet fra den estimerte tidsrekke av bølger.

5. Styreenhet for automatisk fartøysposisjonsholding ifølge krav 4, **karakterisert ved** at når bølgedriftskraftens beregningsanordning beregner minst én av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet fra den estimerte tidsrekke av bølger, fra en periode mellom null krysninger av den estimerte tidsrekke av bølger og en bølgehøyde mellom de null krysninger, blir minst én av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet i vanlige bølger tilsvarende perioden og bølgehøyden per halve bølgelengde beregnet, og minst én av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet i den vanlige bølge blir satt som minst én av bølgedriftskraften og bølgedriftsmomentet.

6. Dynamisk posisjoneringssystem for å holde en fartøysposisjon og en fartøyskurs for et fartøy på sjøen, **karakterisert ved** at det dynamiske posisjoneringssystem omfatter:

styreenhet for automatisk fartøysposisjonsholding ifølge krav 4 eller 5.

Fig.1

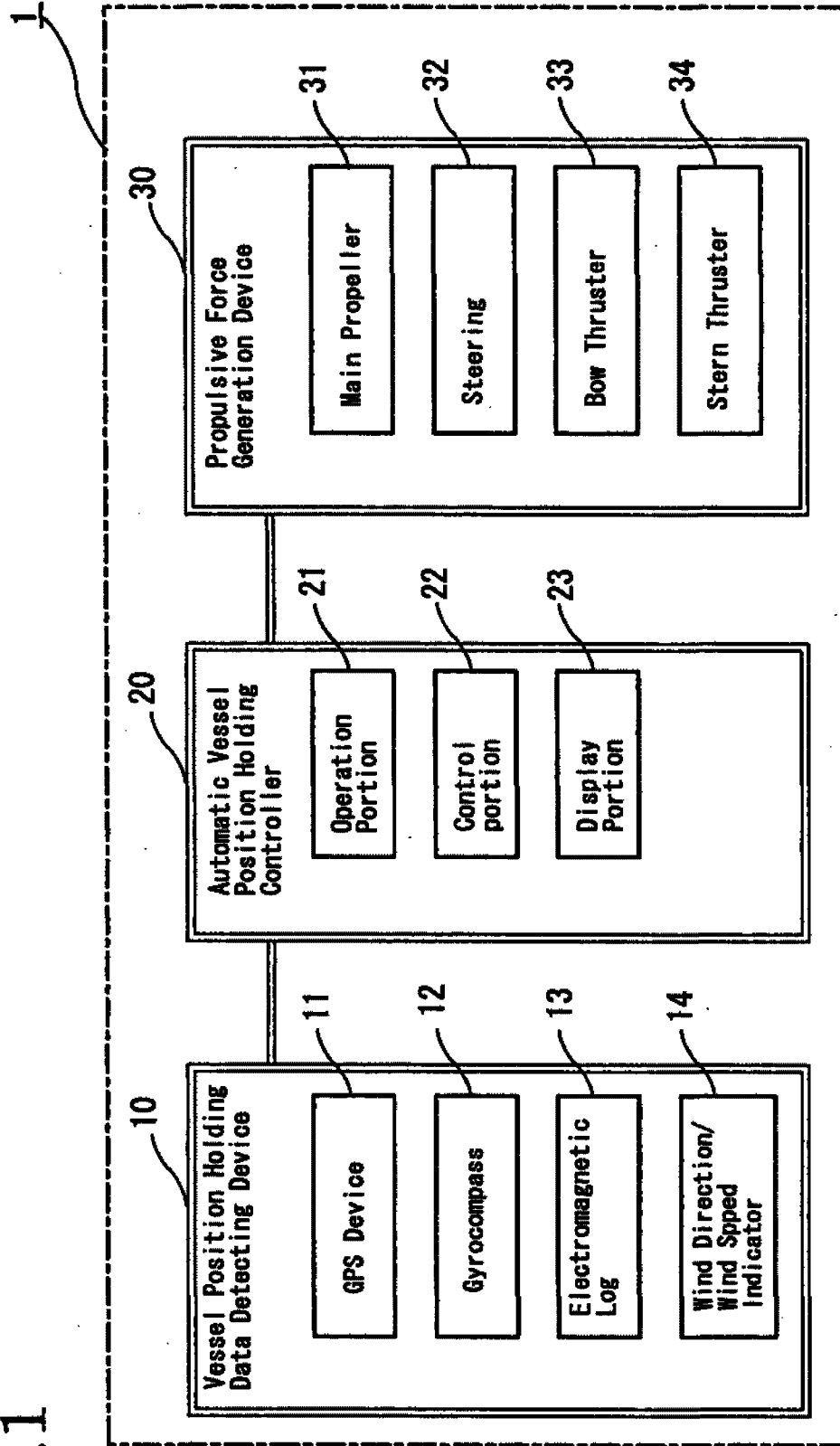


Fig.2

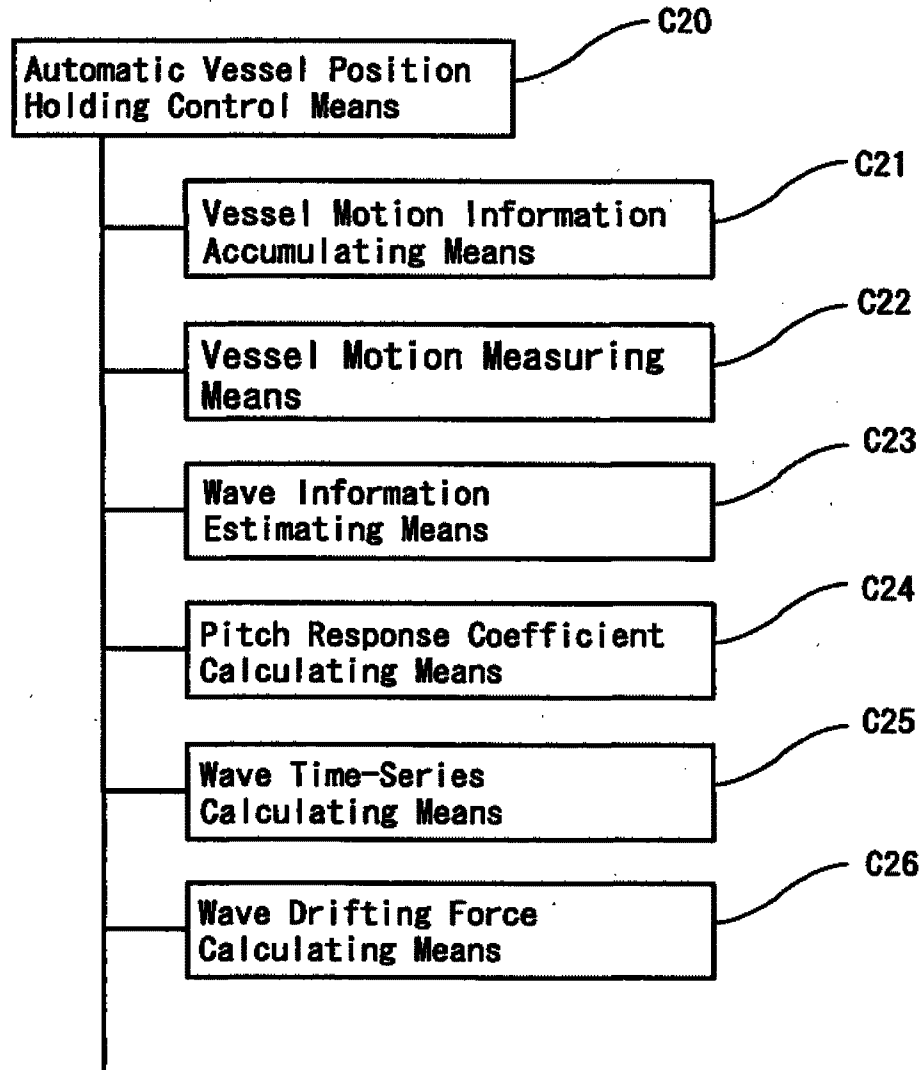


Fig.3

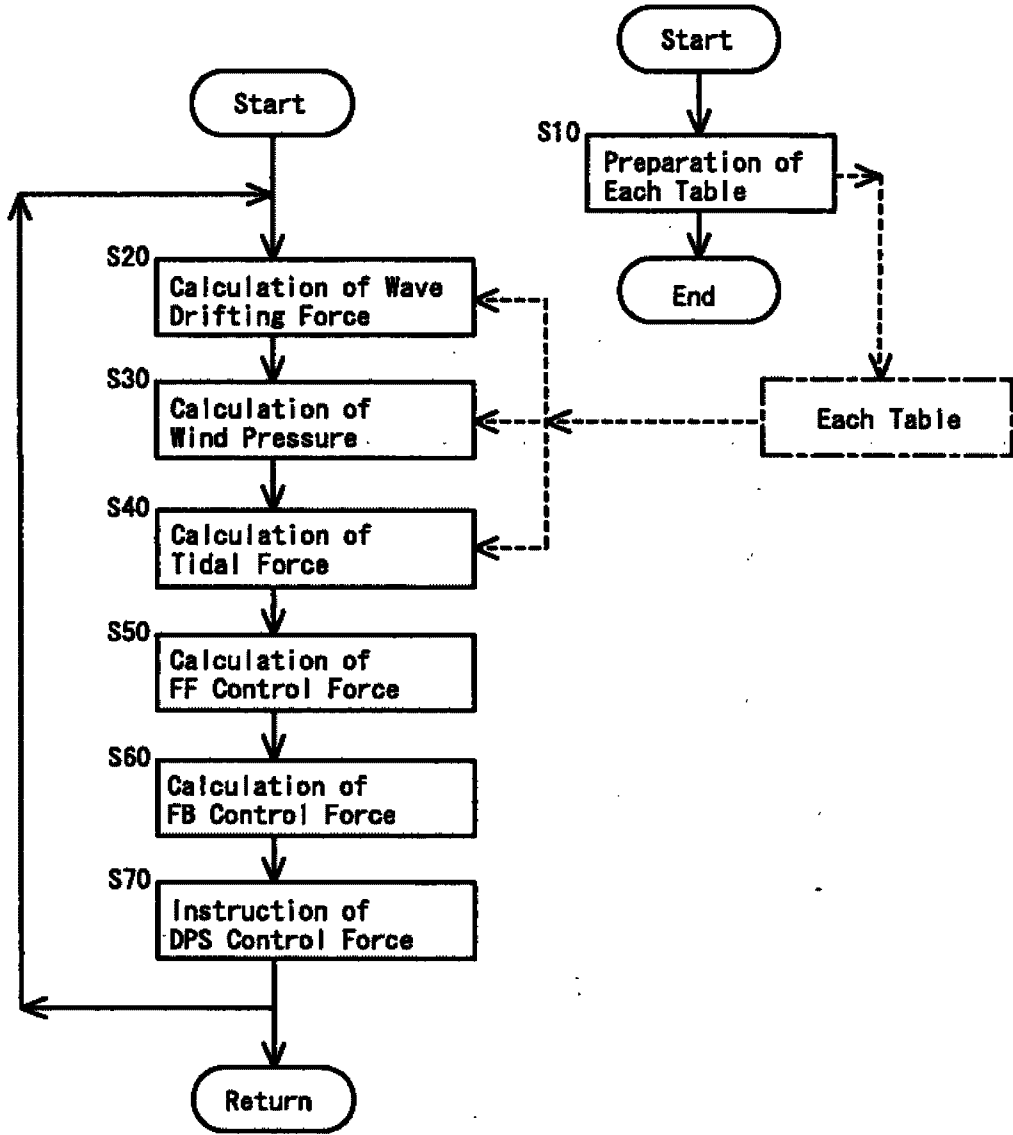




Fig.4

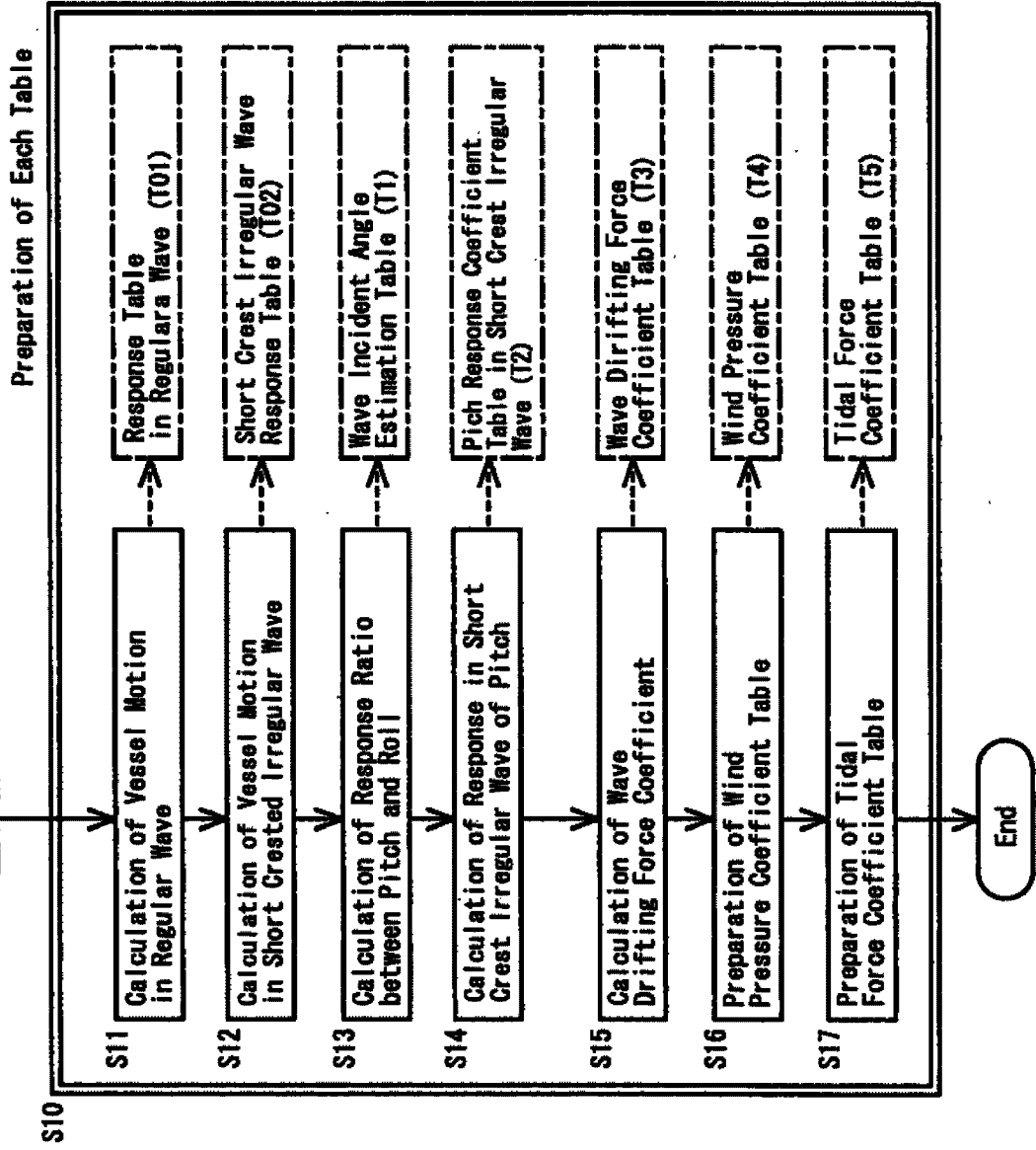
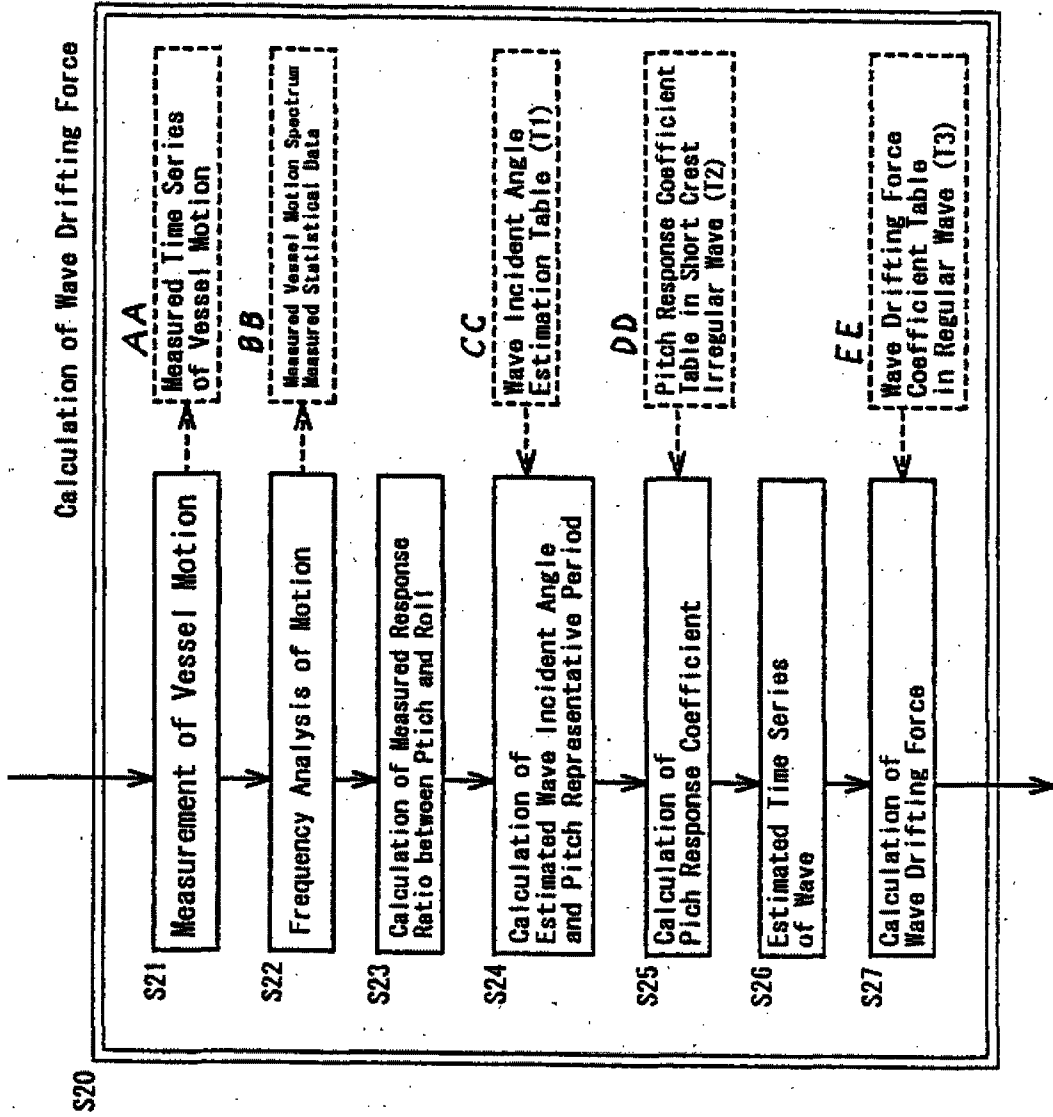


Fig. 5



S20

**Tekst figur 5:**

- S20 Beregning av bølgedriftskraft
- S21 Måling av skrogbevegelse
- S22 Frekvensanalyse av bevegelse
- S23 Beregning av målt responsforhold mellom hiv og rulling
- S24 Beregning av estimert bølgeinnfallsvinkel og representativ hivperiode
- S25 Beregning av responskoeffisient for hiv
- S26 Estimert tidsrekke av bølge
- S27 Beregning av bølgedriftskraft
  
- AA Målt tidsrekke av skrogbevegelse
- BB Målt spektrum av skrogbevegelse  
Målte statistiske data
- CC Estimering av bølgeinnfallsvinkel (T1)
- DD Hivresponskoeffisienttabell i uregelmessig  
Bølge med kort bølgetopp (T2)
- EE Bølgedriftskraftkoeffisienttabell  
i regulemessig bølge (T3)

Fig.6

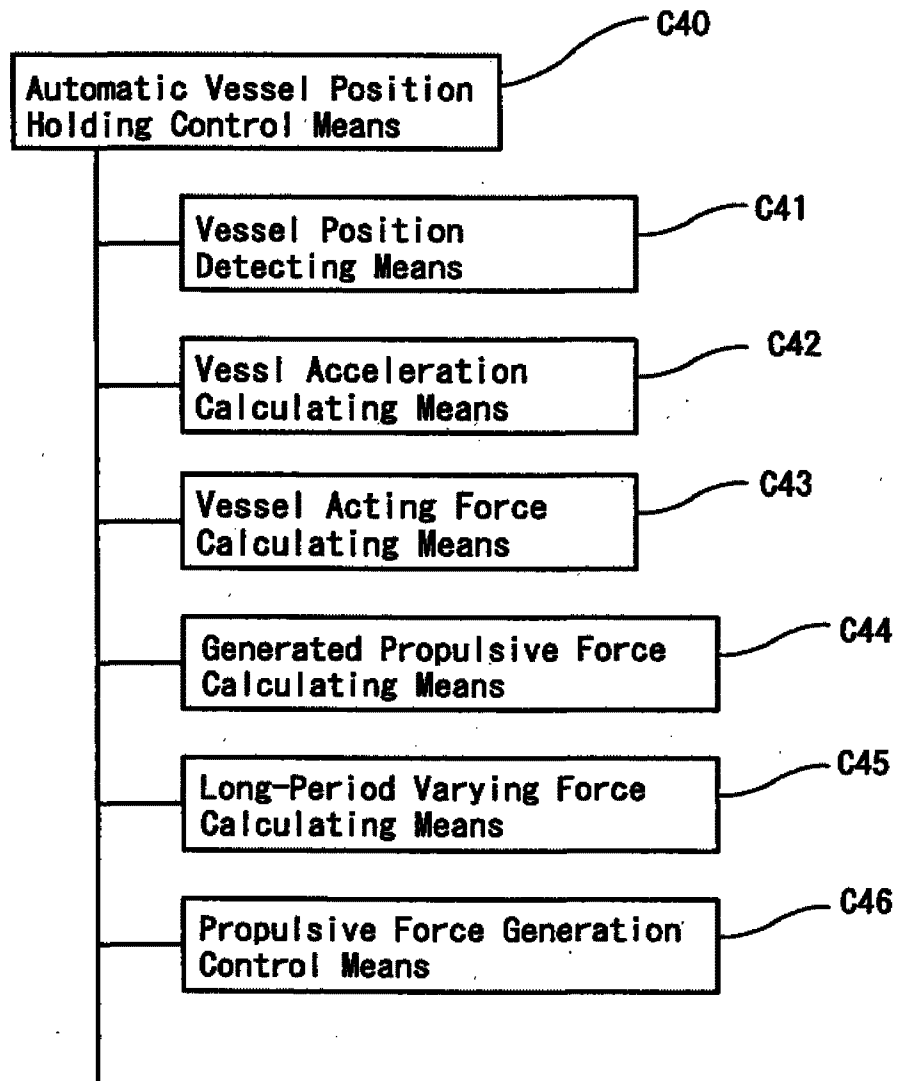


Fig.7

