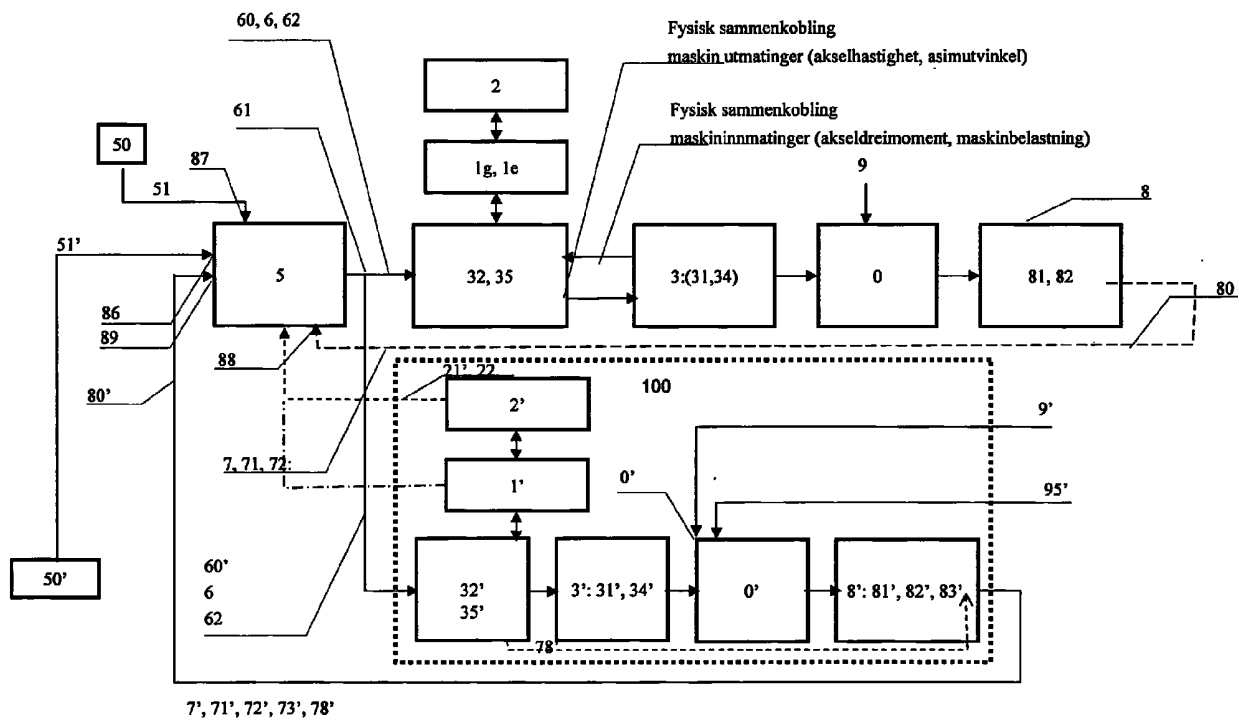






NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **320841**

(13) **B1**

(51) Int Cl.

G05B 23/02 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20042415	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2004.06.08	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	2004.06.08	(30)	Prioritet	Ingen
(41)	Alm.tilgj	2005.12.09			
(45)	Meddelt	2006.01.30			
(73)	Innehaver	Marine Cybernetics AS, Vestre Rosten 77, 7075 TILLER, NO			
(72)	Oppfinner	Tor Arne Johansen, Rådyrvegen 10, 7560 VIKHAMMER, NO			
		Roger Skjetne, Ingermann Torpsvei 15D, 7040 TRONDHEIM, NO			
(74)	Fullmektig	Fluge & Omdal Patent AS, Postboks 214, 1601 FREDRIKSTAD, NO			
(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for testing av et kombinert dynamisk posisjonerings- og kraftreguleringssystem			
(56)	Anførte publikasjoner	SU 508713 A SU 1298781 A SU 708312 A US-A 5023891 US-A 5260874			
(57)	Sammendrag				

Oppfinnelsen omhandler en fremgangsmåte for testing av et reguleringssystem (5) til et marint fartøy (0). Reguleringssystemet (5) mottar innmatingskommandoer (51) som ønsket posisjon, kurs og hastighet fra en innmatingskommandoinnretning (50). Reguleringssystemet sender pådrag (6, 62) til aktuatorer (3). Slike aktuatorer (3) kan være elektriske thrustermotorer (32) for thrustere (31) og elektriske propellmotorer (35) for fast-akselpropeller (34). Fartøyet (0) omfatter sensorer (8) som posisjonsreferansesensorer (81, 82, ...) som forsyner sensorsignaler (7, 71, 72, tilbake til reguleringssystemet (5). Aktuatorene (3) mottar elektrisk energi forsynt av et om bord kraftsystem (1) som styres av et kraftreguleringssystem (2). Den oppfinneriske fremgangsmåten omfatter de følgende stegene: - en simulator (1 00) mottar signaler (6, 7) fra fartøyet (0); - simulatoren omfatter en simulert aktuatormodul (3') som forsyner simulerte aktuatorkrefter til en simulert fartøymodul (0') som omfatter en algoritme for beregning av den dynamiske oppførsel til det simulerte fartøyet (0'), og en simulert sensormodul (8') som forsyner sensorsignaler (T) som beskriver den beregnede dynamiske tilstand til det simulerte fartøyet (0'). Sensormodulene (8') returnerer de simulerte sensorsignalerne (T) modellert under simulerte forstyrrelser (9') som simulert vind, strøm og bølger til reguleringssystemet (5). Reguleringssystemet (5) fortsetter å sende pådrag (6, 62) til de reelle aktuatorene (3), for å teste korrekt og feiltolerant funksjon av reguleringssystemet (5) og kraftreguleringssystemet (2) underlagt reguleringssystemet (5) stimulert av simulerte sensorsignaler (T) og simulerte forstyrrelser (9').

En fremgangsmåte for testing av et kombinert dynamisk posisjonerings- og kraftreguleringssystem.

Introduksjon

5 Et fartøy (0) med et dynamisk posisjoneringssystem (eng: Dynamic Positioning (DP) system) (5) for opprettholdelse av posisjon eller andre anvendelser vil i mange tilfeller ha diesel-elektrisk strømtilforsyning til propeller (34) og thrustere (31), se Fig. 1 for en skjematisk illustrasjon av kjent teknikk. Som videre illustrert i Fig. 1, produseres elektrisk energi om bord fartøyet (0) av en kraftstasjon (1) som omfatter elektriske generatorer (1g) som er drevet av dieselmotorer og / eller gassturbiner (1e), og et marint automasjonssystem, som omfatter et kraftreguleringssystem (eng: Power Management System, PMS) (2). Den elektriske kraften som forbrukes av de elektriske motorene til propellene (34) og thrusterene (31) kan utgjøre en vesentlig del av den produserte elektriske kraften som forbrukes om bord. Dermed kan, om pådragene fra et dynamisk posisjonerings "DP"-reguleringssystem (5) til de elektriske motorene (35, 32) til propeller eller thrustere (34, 31) forårsaker et høyt og hurtig endrende kraftforbruk, resultatet bli elektrisk kraftoverbelastning, store kraftvariasjoner, eller ikke konstruksjonsmessig forutsatt drift av kraftgenereringsanlegget. Dette kan føre til at kraftstasjonen (1) stenges ned, noe som kalles blackout, som er kostbart og potensielt farlig, og kan føre til at man ikke klarer å gjennomføre operasjonen, skader på utstyr, alvorlige ulykker og fartøyhavari. På denne bakgrunnen fremstår det viktig å teste samspillet mellom DP-reguleringssystemet (5) og kraftstasjonen (1) omfattende kraftreguleringssystemet (2) og deler av det marine automasjonssystemet for å forsikre at blackouts, uakseptable kraftfluktuasjoner, eller andre ikke-korrekte hendelser eller tilstander ikke oppstår under DP drift av fartøyet (0). Nåværende benyttede testprosedyrer tillater ikke systematisk testing av DP-systemet i kombinasjon med en elektrisk kraftstasjon under krevende simulerte men realistiske forhold. Dette betyr at det er et behov for testfremgangsmåter og systemer som kan teste og verifisere hvorvidt DP-systemet vil operere korrekt under krevende men realistiske driftsbetingelser eller ikke. Dette innebærer både miljøtilstander som vær, og feiltoleranse mot en enkelt eller flere feil i mekanisk, elektrisk og elektronisk utstyr slik som sensorer, aktuatorer eller signaloverføring.

Enkelte eksempler på kjent teknikk.

SU 508713 A beskriver en metode for testing av fartøyers styrings og posisjoneringssystem ved hjelp av en simulator som forsynes med filtrerte tilfeldige signaler via en gyrokompassimulator. Metoden tillater en modellering av grov sjø idet den innbefatter det tilfeldige elementet som finnes ved grov sjø. Metoden tillater i tillegg å undersøke hvordan reguleringssystemet vil håndtere en slik situasjon. Foreliggende oppfinnelse beskriver imidlertid en metode for testing av et fartøys posisjoneringssystem og kraftforsyningssystem, og særlig hvorvidt kraftforsyningssystemet (power system) kan forsyne nok elektrisk energi ved forskjellige situasjoner som man forventer kan oppstå, heri inkludert, men ikke begrenset til grov sjø.

SU 1298781 beskriver likeledes en metode for evaluering av et skips sjødyktighet ved hjelp av en rorsimulator. Metoden beskriver følgelig heller ikke hvorvidt et fartøys kraftforsyning vil være tilstrekkelig i forskjellige simulerte situasjoner.

SU 708312 A beskriver elektroniske komponenter som kan brukes i reguleringssystemer på skip, samt en metode som tillater forbedret opplæring av personell som skal overvåke auto-reset reguleringssystemer. Metoden beskriver følgelig ikke hvorvidt et fartøys kraftforsyning vil være tilstrekkelig i forskjellige simulerte situasjoner.

US 5023891 A beskriver et system for testing av et flys reguleringssystem, omfattende generering av signaler som mates inn i reguleringssystemet samt lagring av de resulterende pådragene fra reguleringssystemet. Pådragene som beregnes i reguleringssystemet tar derimot ikke hensyn til hvorvidt det finnes nok elektrisk energi til aktuatorene, eller andre elementer, til å oppfylle de kommandoene som pådragene innebærer. Om det ikke er nok elektrisk energi til å forsyne en aktuator, vil denne være ute av stand til å adlyde kommandoen den mottar, og sensorene vil vise et fortsatt avvik, og dermed resultere i nye pådrag som heller ikke kan adlydes. Et slikt beordret overforbruk av energi, vil vanligvis resultere i en prioritert "load shedding" slik at mindre viktige funksjoner om bord nedprioriteres fra å forbruke energi. Den motholdte publikasjonen omhandler ikke testing av kraftforsyningens tilstrekkelighet i et fartøy ved pådrag fra reguleringssystemet i simulerte situasjoner. Enn videre omhandler publikasjonen luftfart og ikke sjøfart.

US 5260874 -A beskriver et system for testing av hvordan et fly reagerer på situasjoner den kan forvente å møte i luften.

Kort sammendrag av oppfinnelsen.

- 5 Med denne oppfinnelsen er frembrakt en fremgangsmåte for testing av et reguleringsystem på et marint fartøy. Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen omfatter at reguleringsystemet mottar kommandoer, som ønsket posisjon, kurs og hastighet fra en kommandoinnretning, og sender pådrag til aktuatorer, som elektriske thrustermotorer for thrustere, og elektriske propellmotorer for fastaksel-propeller.
- 10 Fartøyet omfatter sensorer som posisjonsreferansesensorer som gir sensorsignaler tilbake til reguleringsystemet. Aktuatorene mottar elektrisk energi forsynt fra et om bord kraftsystem som styres av et kraftreguleringsystem. Fremgangsmåten er karakterisert ved at fremgangsmåten omfatter følgende steg:
- en simulator mottar ett eller flere signaler fra fartøyet;
 - 15 - hvor simulatoren omfatter
 - en aktuatormodul i simulatoren som forsyner simulerte aktuatorkrefter til
 - en fartøymodul i simulatoren som omfatter en algoritme for beregning av den dynamiske oppførsel til det simulerte fartøyet og
 - en sensormodul i simulatoren som sender simulerte sensorsignaler som
- 20 beskriver den beregnede dynamiske tilstand til det simulerte fartøyet. Sensormodulen sender tilbake ett eller flere av de simulerte sensorsignalene modellert ved simulerte forstyrrelser som simulert vind, strøm, og bølger til reguleringsystemet mens reguleringsystemet sender pådrag til aktuatorene,
- for testing av hvorvidt det reelle kraftforsyningssystemet er i stand til å forsyne
- 25 nok kraft når det blir styrt av kraftreguleringsystemet, når det styres av reguleringsystemet underlagt de simulerte sensorsignalene og de simulerte forstyrrelsene.
- Oppfinnelsen frembringer videre et system for testing av et reguleringsystem på et marint fartøy. Reguleringsystemet er innrettet til å motta kommandoer som ønsket
- 30 posisjon, kurs, og hastighet fra en kommandoinnretning og er innrettet til å sende pådrag til aktuatorer som elektriske thruster-drivende motorer for thrustere og elektriske propellmotorer for fastakselpropeller. Fartøyet omfatter sensorer som posisjonsreferansesensorer som er innrettet til å forsyne sensorsignaler tilbake til

reguleringssystemet. Aktuatorene er innrettet til å motta elektrisk kraft forsynt av et kraftsystem om bord styrt av et kraftreguleringssystem.

Det nye og kjennetegnende ved systemet er karakterisert ved følgende trekk:

- en simulator innrettet til å motta ett eller flere signaler fra fartøyet ;

5 - hvor simulatoren omfatter

en aktuatormodul i simulatoren innrettet til å forsyne simulerte aktuatorkrefter til

en fartøymodul i simulatoren som omfatter en algoritme for beregning av den

dynamiske oppførsel av det simulerte fartøyet og

en sensormodul i simulatoren innrettet til å beregne simulerte sensorsignaler for

10 beskrivelse av den beregnede dynamiske tilstand til det simulerte fartøyet.

Sensormodulen er innrettet til å sende tilbake et eller flere av simulerte sensorsignaler

modellert ved simulerte forstyrrelser som simulert vind, strøm og bølger til

reguleringssystemet mens reguleringssystemet er innrettet til kontinuerlig å sende

pådrag til aktuatorene. Systemet er innrettet til å teste hvorvidt det reelle

15 kraftforsyningssystemet er istand til å forsyne tilstrekkelig kraft styrt av det reelle

kraftreguleringssystemet når kraftreguleringssystemet styres av reguleringssystemet ved

de simulerte sensorsignalene og de simulerte forstyrrelsene.

Ytterligere fordelaktige trekk er gitt i de underordnede krav.

20 **Korte figuroverskrifter med enkelte kommentarer til tegningene.**

Den kjente teknikk er illustrert i vedlagte figurer. Tegningene er kun ment å illustrere oppfinnelsen, og skal ikke tolkes som begrensende for oppfinnelsen som kun skal være begrenset av de vedlagte patentkrav.

I hovedsak viser tegningene i Fig. 1 til Fig. 5 signalgangblokkdiagrammer hvor

25 hver blokk er en funksjonell del av systemet som enten er mekanisk og / eller logisk

forbundet, og som har et sett innmatingsignaler og et sett utmatingsignaler. Disse

signalene kan være analoge og / eller digitale, og kan overføres over en eller flere

signallinjer som kan omfatte en databuss eller nettverk. Tegningene viser signalgangen

mellom de funksjonelle blokkene hvor signalene overføres langs linjer med piler som

30 indikerer signalretningen fra en blokk til en annen.

I henhold til vanlig terminologi refereres det til sensorer som måler posisjon og

kurs som "posisjonsreferansesensorer", mens alle andre målinger samles under

"sensorer". I tillegg er fartøyets ror omfattet under "thrusterne" når disse brukes aktivt av DP-systemet for å generere skyv i kombinasjon med hovedpropellene.

Fig. 1 illustrerer kjent teknikk for et reguleringssystem for et marint fartøy, hvor reguleringssystemet mottar innmatingskommandoer fra en korresponderende innmatingskommandoinnretning og målinger fra såkalte posisjonsreferansesensorer. Reguleringssystemet som kan være et dynamisk posisjoneringssystem, som sender pådrag til elektriske motorer for aktuatorer hvor kreftene kombinert med eksterne krefter resulterer i en dynamisk fartøyoppførsel som føles av sensorene og forårsaker at reguleringssystemet reagerer videre. Aktuatorene er forsynt med elektrisk energi fra en kraftgenerator med en kraftmaskin om bord. Kraftgeneratoren og maskinen er styrt av et kraftreguleringssystem.

Figur 2 illustrerer en første utførelse ifølge oppfinnelsen hvor en fartøysimulator (100) er tilkoblet for å motta thrusterfremdriftssignaler (78) fra sensorer (88) ved elektriske thrustermotorer (32, 35).

Fig. 3 illustrerer en andre utførelse ifølge oppfinnelsen. Den andre utførelsen er en modifikasjon av den første utførelsen illustrert i Fig. 2, hvor forskjellen er at thrusterfremdrifts-sensorsignalerne (78) mates tilbake til reguleringssystemet (5) og kraftreguleringssystem-feedbacksignaler (22) fra kraftreguleringssystemet (2) blir sendt til reguleringssystemet (5).

Fig. 4 illustrerer en tredje utførelse ifølge oppfinnelsen. Den tredje utførelsen ifølge oppfinnelsen ligner den første og den andre utførelsen vist i Fig. 2 og Fig. 3, men flere elementer er simulert, og dermed utføres mer ekstensiv simulering i simulatoren (100): Simulerte elektriske motorer (32', 35') som korresponderer til de reelle elektriske thrustermotorene (32, 35) er omfattet i simulatoren (100). Denne utførelsen omfatter thrusterfeedback'en (78') fra simulatoren (100) til DP-reguleringssystemet (5).

Fig. 5 illustrerer en fjerde utførelse ifølge oppfinnelsen, litt forskjellig fra den tredje utførelsen vist i Fig. 4, hvor forskjellen består i at den reelle PMS (2) er innrettet til å forsyne reelle PMS-feedbacksignaler (22) til reguleringssystemet (5). Denne utførelsen omfatter videre thrusterfeedback'en (78') fra simulator til DP-reguleringssystemet (5)

Fig. 6 illustrerer de mulige rotasjonelle bevegelsene til et fartøy til sjøs: rull om den longitudinale aksen, stamp om tverrskipsakse, og gir om en vertikal akse med jag, svai og hiv langs de samme aksene.

Fig. 7 illustrerer jag, svai og gir i det horisontale x-y planet.

Fig. 8 er et tilsvarende snitt som den foregående figuren av en boreplattform som skal innrettes til en boreoperasjon med dynamisk posisjons-oppretholdelse ved bruk av thrusterpropeller.

5

Beskrivelse av foretrukne utførelser ifølge oppfinnelsen

Fig. 1 illustrerer kjent teknikk med et reguleringssystem (5) for et marint fartøy (0). Reguleringssystemet (5) er innrettet til å motta analoge eller digitale målinger (7) fra posisjonsreferansesensorer og en rekke andre sensorer som har et felles henvisningstall (8). Reguleringssystemet (5) mottar videre innmatingskommandoer fra en kommandoenhet (50), som en styrespak, en posisjonskommandoinnretning for et DP-system, en styreinnetning for å sette en ønsket kurs, eller ror eller thrustervinkel, en hastighetsinnretning for å sette en ønsket hastighet, osv. På bakgrunn av målingene og innmatingskommandoene forsyner reguleringssystemet (5) pådrag til flere innretninger om bord, viktigst av disse er pådrag til aktuatorer (3) som thrustere (31) eller propeller (34) som kan drives av elektriske thrustermotorer (32) og elektriske propellmotorer (35). Dette omfatter vanligvis elektriske kraftomformere slik som frekvensomformere. Kraftgeneratorer (1g) drevet av kraftmotorer (1e) som dieselmotorer blir styrt av et kraftreguleringssystem (2) slik at kraftgeneratorene (1g) kan forsyne tilstrekkelig og stabil kraft til strømfordelingstavler etter etterspørsel fra aktuatorene (3) når aktuatorene (3) blir styrt fra reguleringssystemet (5). Det marine fartøyet (0) påvirkes av vind, strøm og bølger som kan forstyrre fartøyet (0) posisjon, kurs eller hastighet. Kraftreguleringssystemet (2) kan ha en kraftreguleringssystem-feedbacklinje (21) for PMS-feedbacksignaler (22) til reguleringssystemet (5). PMS'en kan være anordnet uten en slik feedbacklinje, og kun operere direkte på kraftgeneratoren og kraftmotorene (1g, 1e) etter etterspørsel fra kraftkonsumenter som aktuatorer (3) og andre kraftkonsumenter og strømforsyninger om bord fartøyet (0).

Kommunikasjonen og signalene er typisk av følgende art:

- Fra sensorer og posisjons- og kursreferansesensorer (8) til DP-reguleringssystemet (5) er signalene (7) typisk en kombinasjon av analoge signaler og ASCII telegrammer overført på signallinjer (80) som RS485 serielinjer som tilfredsstillende standarder slik som NMEA 0183, eller nettverks-signalformater som definert av forhandlerne.

30

- Fra DP-reguleringssystemet (5) til thrustermotorene (32), som elektriske thrustermotorer (32) for thrustere, og elektriske fremdriftsmotorer (35) til fremdriftspropeller (34) er signalene enten analoge signaler sendt på analoge linjer, eller digitale signaler, eller beskjeder sendt på Fieldbus eller kommunikasjonsnettverk som bruker forhandlerdefinerte signalformater i kommunikasjonsprotokoller slik som CAN eller UDP.

- Fra kraftreguleringssystemet (PMS) (2) og marine automasjons-systemer (inklusive kraftsystemet (1)) til DP-reguleringssystemet (5) eller andre reguleringssystem er signalene enten analoge / digitale linjer, eller beskjeder sendt på Fieldbus eller kommunikasjonsnettverk ved bruk av forhandlerdefinerte signalformater i kommunikasjonsprotokoller som CAN eller UDP.

Kraftreguleringssystemer (2).

Oppfinnelsen vedrører et marint fartøy (0) med helt eller delvis elektrisk drift til motorer (35, 32) for propeller (34) og thrustere (31). Et fartøy (0) vil ha et elektrisk kraftsystem (1) med generatorer (1g) som typisk er drevet av dieselmotorer og / eller gassturbiner (1e). Generatorene (1g) produserer elektrisk kraft som forsynes til enhetene i fartøyet (0) som forbruker elektrisk kraft. Kraften forsynes fra generatorene (1g) over en elektrisk kraftbuss (1b) som i vanlig drift vil forsyne den nødvendige strøm ved en påkrevet spenning til elektriske enheter som propellmotorer (35) og thrustermotorer (32) på fartøyet (0). Det er en kritisk betingelse for den trygge drift av fartøyet (0) at det elektriske kraftsystemet (1) ikke bryter sammen og å unngå en situasjon hvor kritiske komponenter i fartøyet (0) mister sin elektriske forsyning. I særdeleshet må det unngås at thrusterene (31) mister sin elektriske kraft. Videre må en situasjon som kalles "blackout" eller "svart skip" (eng: black vessel) unngås, en situasjon karakterisert av det totale sammenbrudd av den elektriske kraftforsyningen til fartøyet (0).

Kraftsystemet (1) er styrt av marin automatikk, eller fartøystyring, systemer som vanligvis omfatter et kraftreguleringssystem (PMS) (2). PMS-systemet (2) er en spesiell type reguleringssystem som omfatter en dataprogram med en algoritme som utføres av en dataprosessor som mottar innmatingssignaler fra det elektriske kraftsystemet (1), og som utmater pådrag til det elektriske kraftsystemet (1). PMS systemet (2) omfatter flere funksjoner som beskrevet nedenfor.

PMS systemet (2) styrer det elektriske kraftsystemet (1) slik at den elektriske energi forsynt fra det elektriske kraftsystemet (1) oppnår en spesifisert nødvendig strømstyrke, spenning og frekvens. Kraftbehovet kan, avhengig av fartøyet (0) driftstilstand, variere sterkt, med lavt kraftbehov når fartøyet (0) er i havn, og høyt

5 kraftbehov når fartøyet (0) er i overfart, eller når fartøyet (0) manøvrerer i store bølger og forhold med sterk vind. Et fartøy (0) kan ha flere elektriske generatorer (1g) drevet av f.eks. dieselmotorer (1e). Når kraftbehovet er lavt kan det være energioekonomisk å kjøre kun en generator og den tilhørende dieselmotoren, og å stanse de gjenværende generatorer og dieselmotorer. Når kraftbehovet er nært opptil det maksimale nivået vil

10 det være nødvendig å kjøre alle generatorene og tilhørende dieselmotorer. I det intermediære kraftområdet kan det være ønskelig å kjøre enkelte av generatorene og de tilhørende dieselmotorene. PMS-systemet (2) vil typisk bli brukt til automatisk å styre oppstarten og avstengningen av det nødvendige antallet generatormotorer (1e) for å forsyne tilstrekkelig kraft og å tilfredsstille de økonomiske behovene for drivstoffeffektiv

15 kraftgenerasjon og PMS-systemet (2) vil i denne forbindelse synkronisere systemet i løpet av oppstart og nedstengning av generatorens motorer (1e).

PMS-systemet (2) vil omfatte sikkerhetsinnretninger (2d) med funksjoner som forsikrer at komponentene i det elektriske kraftsystemet (1) ikke skades under forhold som ligger utenfor konstruksjonsbetingelsene og i løpet av sammenbrudd.

20 PMS-systemet (2) arbeider i sanntid for å analysere tilstanden til kraftsystemet (1e, 1g) og kraftbehovet fra enhetene (32, 35) som forbruker elektrisk kraft. Vi forestiller oss en situasjon hvor PMS systemet (2) fastslår at kraftbehovet er for høyt i forhold til den nåværende produksjonstilstand for kraftsystemet (1). PMS systemene (2) har da flere muligheter:

- 25 - PMS systemet (2) kan starte ytterligere en generator (1g, 1e) om det finnes tilgjengelige generatorer som ikke kjører.
- PMS systemet (2) kan signalere til en kraftforbrukende elektrisk enhet (32, 35 eller annen) som forbruker elektrisk kraft at denne må redusere sitt kraftforbruk, f.eks med en gitt prosentats eller en angitt kraftmengde. Dette kalles "load shedding".
- 30 Denne "load shedding" kan være midlertidig og kan være forbundet med den nødvendige oppstartstiden for å starte flere generatorer. Uavhengige blackoutforhindringsfunksjoner i form av load-shedding er ofte også innebygd i DP-systemet (5).

- PMS systemet (2) kan også beslutte å stenge av kraftforsyningen til en enhet som forbruker elektrisk kraft. Dette kalles "load tripping". Load tripping kan være en uønsket operasjon som kan forårsake alvorlige problemer. Dog kan load-tripping tilslutt være nødvendig i enkelte situasjoner hvor alternativet er sammenbrudd av det de elektriske kraftsystemene.

PMS systemet (2) vil vanligvis omfatte en prioriteringsfunksjon som har til hensikt å gi prioritet for tilstrekkelig kraftforsyning til enkelte enheter. Dette betyr at om kraftbehovet er for høyt vil load shedding og load tripping hovedsaklig bli utført på enheter som ikke er ansett for å være kritiske for fartøyets (0) drift.

Underbelastning kan være et problem for eksempel i fartøy (0) med en hiv kompensator som er konstruert for å midlertidig forsyne store mengder kraft inn i det elektriske kraftnettverket. I tillegg kan generatorene ha en laveste mengde kraft som de forsyner, slik at underbelastning kan oppstå om thrusterene (31) ikke forbruker nok kraft i for eksempel svært rolige sjøtilstander. Dette kan også føre til blackout.

For enkelte fartøy (0) er det elektriske kraftsystemet (1) delt inn i flere uavhengige kraftsystemer (1A, 1B, ...), slik at et første (1A) vil ha ett sett av første kraftmotorer (1eA) med korresponderende første elektriske generatorer (1gA) og en først kraftbuss (1bA), ett andre kraftsystem (1B) vil ha ett sett av andre kraftmotorer (1eB) med andre elektriske generatorer (1gB) og en andre kraftbuss (1bB) osv.

Motivasjonen for dette er at om det første kraftsystemet (1A) bryter sammen, vil elektrisk kraft ennå være tilgjengelig fra det andre kraftsystemet (1B). Kraftbussene (1bA, 1bB) til to separate kraftsystem (1A, 1B) kan være tilkoblet eller frakoblet med kraftsvitsjer (1A) som kalles bryter (eng: tie breaker) (1T). I enkelte tilstander med høyt kraftforbruk kan det være fordelaktig å koble sammen flere uavhengige kraftsystemer (1A, 1B, ...) med de tilhørende bryterne (1T) for å oppnå en tilstrekkelig kraftkapasitet, mens i andre tilstander bør bryterne (1T) være frakoblet slik at de uavhengige kraftsystemene (1A, 1B, ...) opererer separat slik at om et kraftsystem bryter sammen grunnet en feilsituasjon, slik som et dieselmotorsammenbrudd, generatorsammenbrudd, eller problemer med kraftbussen, så er det ennå elektrisk kraft tilgjengelig fra andre kraftsystemer, og en situasjon med svart skip unngås. Bryterne (1T) styres av PMS-systemet (2). Åpningen og lukkingen av brytere (1T) er kritiske operasjoner ettersom tilkoblingen eller frakoblingen av uavhengige kraftbusser tilhørende to separate kraftsystemer (1) kan forårsake store og hurtige variasjoner i strømstyrke og spenning

på de to kraftbussene. Om disse variasjonene i strømstyrke og spenning blir for store, kan dette resultere i sammenbrudd i ett eller flere av de uavhengige kraftsystemene(1). Dette medfører at det er viktig at PMS systemet (2) er konstruert slik at åpningen og lukkingen avbrytere (1T) ikke forårsaker sammenbrudd eller andre operasjonelle uregelmessigheter.

Første utførelse av oppfinnelsen.

Figur 2 illustrerer en første utførelse ifølge oppfinnelsen hvor en fartøysimulator (100) er tilkoblet for å motta thrusterkjøringssignaler fra sensorene (88) ved elektriske thrustermotorer (32, 35). Fartøysimulatoren (100) omfattet i den første utførelsen av oppfinnelsen har simulerte aktuatorer (3') som forsyner simulerte krefter til et simulert fartøy (0') som forsyner simulerte målinger (7') fra simulerte sensorer (8') slik som simulert posisjon (71') fra en simulert posisjonssensor (82'), simulert kurs (73') fra et simulert gyrokompass (83') osv. Det simulerte fartøyet (0') påvirkes også av simulerte forstyrrelser (9') slik som simulert vind, simulert strøm, simulerte bølger, osv beskrevet i et separat avsnitt i denne beskrivelsen. Det simulerte fartøyet (0') kan også bli utsatt for simulerte feilmodi (95') slik som funksjonsfeil i en sensor (8), funksjonsfeil av et ror, funksjonsfeil i en thruster (31), funksjonsfeil i en ballastpumpe, signalfeil grunnet elektromagnetiske forstyrrelser og lignende. De reelle målingene fra sensorene (8) blokkeres ut fra reguleringssystemet (5). De simulerte målingene (7') mates inn i reguleringssystemet (5) som stadig er tilkoblet til de reelle thrustermotorerene (32, 35) for å sende reelle pådrag til aktuatorene (3). Videre kan kommandoinnmatingsinnretningene (50) være frakoblet fra reguleringssystemet (5) og en simulert kommandoinnmatingsenhet (50') kan mate en serie av simulerte innmatingskommandoer til reguleringssystemet (5). Slik kan reguleringssystemet (5) styre thrustermotorene (32, 35) til å svare reelt på en serie simulerte innmatingskommandoer, kombinert med en serie simulerte forstyrrelser, mens fartøyets (0) dynamikk er ellers simulert, med unntak av responsen fra thrustermotorene (32, 35). På denne måten kan en god test av hvorvidt kraftsystemet (1) kan forsyne den nødvendige elektrisk kraft under simulerte, realistiske, men sjeldent forekommende tilstander oppnås. De simulerte tilstandene kan omfatte kjente strøm-, vind-, og bølgespektra eller enhver annen interessant testtilstand slik som signalfeil eller komponentfeil.

Andre utførelse av oppfinnelsen.

Fig. 3 illustrerer en andre utførelse av oppfinnelsen. Den andre utførelsen er en modifikasjon av den første utførelsen ifølge oppfinnelsen illustrert i Fig. 2, hvor forskjellen er at thrusterfremdrifts-sensorsignaler (78) mates tilbake til reguleringssystemet (5) og kraftreguleringfeedbacksignaler (22) fra kraftreguleringssystemet (2) sendes til reguleringssystemet (5) over en PMS feedbacklinje (21). Den elektriske kraftgeneratoren (1g) og motoren (1e) som driver kraftgeneratoren (1g) er kombinert i en boks for å forenkle tegningen.

Tredje utførelse av oppfinnelsen.

Fig. 4 illustrerer en tredje utførelse av oppfinnelsen. Den tredje utførelsen ifølge oppfinnelsen tilsvarer den første og den andre utførelsen ifølge oppfinnelsen vist i Fig. 2 og Fig. 3 men omfattende flere elementer i simulatoren, og dermed utføres mer ekstensiv simulering i simulatoren (100): Simulerte elektriske drivmotorer (32', 35') som korresponderer til reelle elektriske thrustermotorer (32, 35) er omfattet i simulatoren (100), hvor de simulerte motorene (32', 35') mottar de samme pådragene (6) fra reguleringssystemet (5) som blir forsynt til de reelle thrustermotorene (32, 35). Statusen til de simulerte motorene (32', 35') måles av simulerte thrusterfremdrifts-sensorer (88') og mates tilbake til reguleringssystemet (5) på feedbacklinjen (80'). De simulerte drivmotorene (32', 35') er i simulatoren (100) simulert å være fysisk tilkoblet simulerte aktuatorer (3') som omfatter simulerte thrustere (31') samt simulerte propeller (34'), men i tillegg omfatter simulatoren (100) en simulert kraftgenerator (1') med et simulert kraftreguleringssystem (2'). Som de ovenfor nevnte utførelsene av oppfinnelsen overfører simulatoren de simulerte målingene (7') fra fartøysimulatoren (100) tilbake til det reelle reguleringssystemet (5) som fortsetter å sende pådrag (6) også til de reelle thrustermotorene (32, 35) og fortrinnsvis alle andre aktuatorer (3) som om fartøyet (0) var i normal drift, men påvirket av simulerte forstyrrelser (9') og simulerte feil (95').

Fjerde utførelse av oppfinnelsen.

Fig. 5 illustrerer en fjerde utførelse ifølge oppfinnelsen, litt forskjellig fra den tredje utførelsen vist i Fig. 4, hvor forskjellen består i at det reelle PMS (2) er innrettet til å forsyne reelle PMS feedbacksignaler (22) til reguleringssystemet (5), hvor det

simulerte PMS systemet (2') ikke er tilkoblet reguleringssystemet (5) og overlates til å simulere styring av kraftproduksjonen internt i simulatoren (100). Simulatoren forsyner stadig sensorsignaler (7') til reguleringssystemet (5) og det reelle fartøyet (0) reagerer ennå på den reelle aksjonen til aktuatorene (3) styrt gjennom reguleringssystemet (5).

5

PMS, kraftsystem, maskineri og thrustere.

Vi forestiller oss en situasjon med et fartøy (0) som er drevet av elektrisk drevne thrustere (31). DP-systemet (5) vil da utmate pådrag (6) til thrustere, vennligst referer til alle Fig. 1, 2, 3, 4 og 5. Pådragene (6), som kan være i form av ønsket akselomdreiningshastighet, ønsket propellbladvinkel eller en ønsket akselkraft for hver thruster (31). Ideelt vil thrusteren (31) nesten umiddelbart forsyne den ønsket akselhastighet, propellbladvinkel eller akselkraft. På grunn av at thrusteren (31) er elektrisk drevet vil en endring i akselomdreiningshastighet eller akselkraft for thrusteren (31) innbefatte en endring i den elektriske kraften som forbrukes av den elektriske thrustermotoren (32). Hvis denne endringen i elektrisk kraft fører til en stor endring i den forbrukte elektriske kraft, kan det skje at det elektriske kraftsystemet (1), under styring av kraftreguleringssystemet (2), må gjennomgå en sekvens av operasjoner som kan involvere en eller flere av load shedding, load tripping, stengning og / eller åpning av brytere (1T) og oppstart av motorer (1e2, 1e3, ...), samt annet subsidært maskineri slik som pumper og kompressorer som er nødvendige for å drive generatorer (1g2, 1g3, ...) som har vært inaktive. Etter en slik sekvens hendelser vil kraftsystemet (1) være i stand til å forsyne den nødvendige elektriske kraft til thrusteren (31). (Man kan til og med forestille seg situasjoner hvor den forespurte økning i thrusterkraft er ganske liten, men hvor kraftforbruket vil ligge nær en grense hvor en ytterligere generator vil være nødvendig å starte opp.) Om den nødvendige endring i elektrisk kraft til thrusteren (31) er stor kan det være en signifikant forsinkelse inntil kraftsystemet (1) og kraftreguleringssystemet (2) ikke er i stand til å forsyne den nødvendige kraft. Dette kan ha en kritisk effekt på ytelsen av DP-systemdriften. Operatøren vil vanligvis motta advarsler og alarmer for å kunne foreta intervensjon og planlegge fartøyets (0) operasjon.

30

Thrustermotorene.

Et fartøy (0) drevet av elektriskmotor- (32) drevne thruster (31) er vurdert. En thruster (31) er en spesiell type propellenhet for marine fartøy (0) hvor propellen er montert på en aksling ofte i en tunnel eller kanal. Thruster-retningen, som er den retningen hvor skyv forsynes av thrusteren (31), kan for enkelte thruster (31) roteres om en hovedsaklig vertikal akse. Slike thruster (31) kalles asimutthruster.

Innledningsvis vil en thruster (31) med en fast retning bli diskutert. En thruster (31) kan anses å omfatte to undersystem : Thrustermotoren (32) og thrusterenheten (31). Thrusterenheten (31) omfatter propellbladene og thrusterens (31) propellaksling som er en del av thrusteren (31) som forsyner skyvkraft mot vannet når propellakslingen roterer. Thrusterenheten (31) vil forsyne en skyvkraft som avhenger av akselomdreiningshastighet. Thrustermotoren omfatter motoren (32) som driver propellakslingen og den tilhørende elektronikken og styringsprogramvaren. Innmatingssignalet (61) til thrusteren (31) vil typisk være ønsket akselhastighet, men kan i noen tilfeller være akselkraft. Elektronikken og styringsprogramvaren til thrustermotoren (32) vil så styre den elektriske motoren (32) til thrustermotoren (31) med den hensikt å oppnå ønsket akselhastighet. For å oppnå de ønskede verdier for thrusterens (31) akselhastighet vil thrustermotoren (32) kreve en adekvat elektrisk kraftforsyning fra det elektriske kraftsystemet (1) som er styrt av kraftreguleringssystemet (2).

I thrusterens (31) beskrivelsesdynamikk, f.eks i forbindelse med simulatordesign er det fordelaktig å beskrive thrusteren (31) som en kombinasjon av to undersystemer: Det første undersystemet er thrustermotoren (32) som er gitt den ønskede akselhastighet som innmatingssignal, og som vil styre den elektriske motoren (32) av skyvet slik at den målte akselhastighet konvergerer mot den ønskede hastighet etter en viss innsvingningstid om tilstrekkelig kraft forsynes fra kraftsystemet (1). Det andre undersystemet er thrusterenheten (31) som vil gi thrusterkraft som en funksjon av akselhastigheten.

Den ideelle situasjonen for design og innstilling av DP-reguleringssystemet (5) er at thrusterfremdriftssystemet (32) vil drive akselhastigheten til en ønsket verdi instantant, altså med innsvingningstid null, ettersom dette vil gjøre konstruksjonen av DP-reguleringssystemet (5) enklere. Imidlertid vil i praktiske anvendelser thrusterfremdrifts-systemet (31) behøve noe innsvingningstid for å få akselhastigheten til å konvergere mot den ønskede verdien, og det kan være nødvendig å ta dette med i

beregningen i konstruksjonen av DP-reguleringssystemet (5). I særdeleshet vil DP-reguleringssystemet (5) behøve feedbacksignaler (78) fra sensorer (88) i thrusterfremdrifts-systemet (32) som måler akselhastighet, kraftforbruk, og i tillegg kan DP-reguleringssystemet (5) behøve feedbacksignaler (22) fra kraftreguleringssystemet (2) fra sensorer som måler tilstanden til kraftreguleringssystemet (2), særlig spenningen, frekvensen, og den logiske tilstanden til kraftsystemet (1). Med slike feedbacksignaler (22) kan DP-reguleringssystemet (5) justere de ønskede akselhastighetssignalene (62) som blir sendt til thrusterfremdriftsmotorene (32) slik at kraftsystemet (1) ikke overbelastes, og slik at thrusterfremdriftsmotorens (32) innsvingningstid tas i betraktning i DP-reguleringssystemet (5) når det er hurtige endringer i ønsket akselhastighet.

Tilstedeværelsen av feedbacksignaler (78) fra thrusterfremdrifts-systemet (32) til DP-systemet, og feedbacksignaler (22) fra kraftreguleringssystemet (2) til DP-reguleringssystemet (5) er nyttig som indikert ovenfor, men den har potensialet til å introdusere uventete stabilitetsproblemer som kan føre til uønskede svingninger i elektrisk kraft og drivkraft, og kan til og med føre til load tripping og selv blackout i alvorlige tilfeller.

På grunn av de potensielle problemene som kan resultere fra interaksjonene mellom DP-systemet (5), kraftreguleringen og thrusterfremdriften er det viktig å kjøre systematiske tester av det kombinerte systemet med DP, kraftregulering og thrustermotorer. Dessuten bør slik testing utføres i et bredt spekter av driftsbetingelser i form av operasjonelle modi, værtilstander, sjøtilstander, og feilmodi. Testteknologien som finnes idag er ikke tilstrekkelig for å kjøre slike tester på en systematisk måte uten uønsket endring av program- og maskinvare.

Alternative fremdriftskonfigurasjoner.

I en alternativ thrustkonfigurasjon benyttes en asimut-thruster (32). Da vil thrusterfremdriftssystemet (32) omfatte en asimutmotor (36) som roterer thrusterretningen ved en asimutvinkel om den vertikale aksel, og de tilhørende elektronikk- og reguleringssystemene. Retningen til skyvkraften vil da avhenge av asimutvinkelen til tunnelretningen. I dette tilfelle vil innmatingssignalene (62) til asimutthrusteren omfatte ønsket akselhastighet og ønsket asimutvinkel. Thrustermotoren (32) vil da styre akselhastigheten til den ønskede akselhastighet etter

en første innsvingningstid, og den vil styre asimutmotoren slik at retningen til propellvinkelen om den vertikale aksen rettes mot den ønskede asimutvinkel etter en andre innsvingningstid.

I en andre alternativ thrustkonfigurasjon kan propellen være en variabelbladvinkelpropell som har varierbare bladvinkler for propellbladene. I denne typen propell vil skyvkraften avhenge av akselhastigheten og propellbladenes bladvinkel. I dette tilfellet vil thrusterfremdriftssystemet (32) omfatte en motor som stiller propellbladenes bladvinkel. Innmatingsignalene til thrusterfremdriftssystemet (32) er da den ønskede akselhastighet og den ønskede bladvinkel til propellbladene.

Thrustermotoren (32) vil da styre akselhastigheten til en ønsket akselhastighet etter en første innsvingningstid, og den vil styre bladvinklene til propellbladene til de ønskete bladvinklene til propellbladene etter en andre innsvingningstid.

I en tredje alternativ thrustkonfigurasjon vil det være en eller flere mekanisk drevne propeller som hver styres av en dieselmotor, muligens med hydraulisk kraftoverføring og / eller en eller flere elektriske thrustere (31) drevet av elektriske motorer. I dette tilfelle vil fartøyets (0) thrusterfremdriftssystem (32) omfatte dieselmotorer til de mekanisk drevne propellene og thrustermotoren til de elektriske thrusterene(31). Fartøyets (0) thrusterfremdriftssystem vil da ha som innmatings signaler de ønskete akselhastighetene til propellene, de ønskete bladvinklene til variabelbladvinkelpropellene, samt de ønskede asimutvinklene til asimutthrusterene. Fartøyets(0) thrusterfremdriftssystem (32) vil da benytte thrusterfremdriftssystemets (32) maskiner og motorer for å styre akselhastighetene til de ønskede verdier med de tilhørende innsvingningstider, bladvinklene til de ønskede verdier med de tilhørende innsvingningstider, og asimutvinklene til de ønskede verdier med de tilhørende innsvingningstider.

Et fartøys (0) bevegelse og simulering av denne bevegelsen

Bevegelsen til et fartøy (0) er beskrevet i begrep som fartøyhastighet i jag, svai og hiv, ved massesenterets posisjon, og ved vinkler i rull, stamp og gir, se Fig. 6. Et fartøy (0) vil være utsatt for krefter og momenter som påvirker fartøyets (0) bevegelse. Disse kreftene og momentene skyldes påvirkning fra vind, strøm og bølger, fra bruken av aktuatorer (3) som propeller (34), thrustere (31) og ror, fra hydrostatisk krefter som korresponderer til springfjærbevegelser grunnet vinkler i rull og pitch samt hivposisjon,

og fra hydrodynamiske krefter som er relatert til hastighet og akselerasjon til fartøyet (0). Krefter og momenter som kan påvirke fartøyet (0) avhenger av fartøybevegelsen, mens fartøybevegelsen kan som sees på som en konsekvens av kreftene og momentene som virker på fartøyet (0). For et fartøy (0) eller skip vil skrogets geometri, massen og massefordelingen være kjent. Når fartøybevegelsen er gitt, kan krefter og momenter som virker på fartøyet (0) beregnes i en simulator (100) for eksempel ved bruk av en algoritme. Akselerasjonen og vinkelakselerasjonen til fartøyet (0) kan da beregnes fra fartøyets (0) bevegelsesligninger som finnes i Newtons og Eulers lover. Slike bevegelsesligninger er beskrevet i lærebøker. I bevegelsesligningene opptrer de følgende parametre:

- Fartøyets (0) masse,
- massesenterets posisjon,
- oppdriftssenterets posisjon,
- fartøyets (0) treghetsmomenter,
- skroggeometrien, omfattende lengde, skipsbredde og dybde,
- hydrodynamisk tillagt masse,
- hydrodynamisk potensiell dempning,
- viskøs dempning,
- parametre relatert til gjenoppretting av krefter og momenter på skroget grunnet bevegelse i hiv, pitch og rull,
- parametre som forbinder amplitude, frekvens og retning av bølgekomponenter til resulterende krefter og momenter på skroget,
- Dessuten omfatter bevegelsesligningene matematiske modeller for aktuatorkrefter fra propeller som funksjon (0) av propellhastighet og pitch, krefter fra ror som en funksjon (0) av rorvinkel og fartøyhastighet, og krefter fra thrustere som en funksjon av thrusterhastighet og retning.

Den følgende prosedyren kan benyttes til å beregne bevegelsen til et fartøy (0, 0') over et tidsintervall fra T_0 til T_N :

Anta at fartøyets (0, 0') bevegelse er gitt i det initiale tidspunktet T_0 og at krefter og momenter beregnes i dette tidspunktet. Akselerasjonen og vinkelakselerasjonene til fartøyet (0, 0') kan da beregnes fra fartøyets (0, 0') bevegelsesligninger. Da kan numeriske integrasjonsalgoritmer benyttes til å beregne fartøyets (0, 0') bevegelse ved

tiden $T_1 = T_0 + h$, hvor h er tidsinkrementet i integrasjonsalgoritmen. For et fartøy (0, 0') vil h typisk ligge i intervallet 0,1- 1 s. Idet fartøyets (0, 0') bevegelse ved tidspunktet T_1 er beregnet, kan kreftene og momentene ved tidspunktet T_1 beregnes og akselerasjonen og vinkelakselerasjonen ved T_1 finnes fra bevegelsesligningene. Igjen, ved benyttelse av numerisk integrasjon beregnes fartøyets (0, 0') bevegelse ved $T_2 = T_1 + h$. Denne prosedyren kan gjentas ved hvert tidspunkt $T_K = T_0 + h \cdot K$ inntil tidspunktet T_N nås.

Bølgene som virker på et fartøy (0) kan beskrives som summen av bølgekomponentene hvor en bølgekomponent er en sinusoidal langtoppet bølge med en gitt frekvens amplitude og retning. For et gitt område på sjøen kan den rådende fordelig av amplitude og frekvens av bølgekomponentene være gitt av kjente bølgespektra som JONSWAP eller ITTC spektra, hvor intensiteten av bølgespekteret er parametrisert i form av signifikant bølgehøyde. De resulterende krefter og momenter som virker på fartøyet (0) vil da være en funksjon av amplituden, frekvensen og retningen til bølgene samt av fartøyets (0) hastighet og kurs. Krefter og momenter fra vind vil være gitt av vindhastighet, vindretning, fartøyhastighet og det projiserte arealet av fartøyet (0) over havoverflaten som funksjon av fartøykurs relativt til vindretningen. Krefter og momenter fra strøm vil være gitt av strømhastighet, strømretning, det projiserte arealet av skroget under havoverflaten samt av fartøyhastighet og kurs relativt til strømretningen.

Dynamisk posisjonering - DP

I dynamisk posisjonering, såkalt DP, styres fartøyet (0) i tre frihetsgrader. Den ønskede posisjonen i x og y og i kurs er gitt som innmatinger fra en operatør som benytter tastatur, rullekule, mus eller styrespak på en innmatingskommandoinnretning eller kontrollpanel (50). Et reguleringssystem (5) benyttes til å beregne de nødvendige aktuatorkreftene i jag og svaietningene, og aktuatormomentet om gir-aksen slik at fartøyet (0) oppnår ønsket posisjon og kurs. Reguleringssystemet (5) innbefatter også aktuatortildeling som omfatter beregning av propellkrefter, rorkrefter og thrusterkrefter som korresponderer til de styrte ønskede aktuatorkrefter- og momenter.

Reguleringssystemet (5) implementeres gjennom kjøring av en algoritme i en datamaskin om bord i fartøyet (0). Denne reguleringssystemalgoritmen sammenligner ønsket posisjon og kurs med målt posisjon og kurs, og på bakgrunn av dette beregner

algoritmen de nødvendige aktuatorkreftene og momentene ved hjelp av reguleringsteknikkteori som finnes i lærebøker. I tillegg omfatter algoritmen en tildelingsmodul hvor propellkrefter, rorkrefter og thrusterkrefter beregnes. Posisjonen og kursen måles av DGPS-sensorer, gyrokompass, hydroakustiske sensorsystemer hvor transpondere er anbrakt på havbunnen, laser- eller radarbaserte posisjonsreferansesensorer og stramliner hvor vinkelen til en stramline som er festet til sjøbunnen måles.

Styrespaksystem

Slike systemer ligner DP-systemer (5) og er ofte innebygd i DP-systemer (5), med unntak for at det ikke finnes noen posisjonsfeedback. Operatøren vil manuelt posisjonere fartøyet (0) ved å styre en total thrustretning og kraftstørrelse med styrespaken. Slike systemer avhenger av thrustere (31), kraftsystemer (1), og kraftreguleringssystemer (2) på nøyaktig samme måte som DP-reguleringssystemer (5). Enkelte styrespaksystemer kan også omfatte automatiske kurskontrollfunksjoner og kompensasjon for vind- eller strømkrefter.

Kraftreguleringssystemer (2) (eng: Power Management Systems PMS) i kombinasjon med Dynamisk Posisjonering (DP) systemer (5).

Det mest problematiske fenomenet for et PMS- (2) og kraftsystem (1) er forekomsten av store og hurtig varierende fluktuasjoner i det elektriske kraftsystemet (1). Særlig store og plutselige kraftøkninger er potensielt problematiske, og kan føre til kraft-tripping eller blackout. Slike plutselige og store økninger i kraftbehov kan forårsakes av en stor og plutselig økning i kraften til en elektrisk thruster (31) som kan forekomme i store bølger eller vindkast under DP-operasjon, eller som en konsekvens av en komponentfeil som kan føre til midlertidig tap av posisjon eller kurs. Det elektriske kraftforbruket til en thruster i et fartøy (0) som kjøres under et DP-system (5) vil avhenge av de detaljerte karakteristikker og ytelser til DP-systemet (5). Dette betyr at ytelsen til et PMS-system (2) på et fartøy (0) med elektriske thrustere (31) og DP vil avhenge sterkt av DP-systemet (5).

Et blokkdiagram er vist i Figur 1 av et DP-system (5) i sin operative tilstand på et fartøy (0) med elektrisk drevne thrustere (31). DP-reguleringssystemet (5) sender pådrag til et thrustersystem. Thrustersystemet er drevet av det elektriske kraftsystemet (1) som i sin tur er styrt av den marine automatikk og PMS-systemet (2). DP-reguleringssystemet (5) mottar feedbacksignaler fra PMS-systemet (2) slik at DP-reguleringssystemet (5) kan tilpasse sine pådrag i den hensikt å unngå potensielt problematiske situasjoner som kan føre til blackout av det elektriske kraftsystemet (1). Dette er vanligvis referert til som blackoutforhindrings-funksjonalitet i DP-systemet. Ettersom de marine automatikk- og PMS-systemer (2) er kompliserte systemer med mange logiske forbindelser og regelbasert styring, kan feedbacksammenkoblingen fra kraft- (1) og PMS-systemene (2) til DP-reguleringssystemet (5) være vanskelig å analysere og kan dermed forårsake uforutsette stabilitetsproblemer som kan føre til uønskete hendelser som uakseptable kraftvariasjoner eller kraftblackout.

Testing av PMS for fartøy (0) med DP.

Et PMS-system (2) er et komplekst system og den vellykkede drift av PMS systemet (2) er kritisk for at driften av fartøyet (0) med elektrisk drevne thrustere (31) og propeller. Dette introduserer tydelig behovet for ekstensiv testing av funksjonen til et PMS-system (2). Med de nåværende tilgjengelige testsystemene kan PMS-systemet (2) testes ved anleggene til fabrikantene av PMS-systemet (2) i en FAT-test (eng: Factory Acceptance Test) og det kan testes om bord fartøyet (0) i sjøtesting etter at det har blitt installert. Imidlertid vil ytelsen til et PMS-system (2) nært avhenge av karakteristikkene til det spesifikke kraftsystemet (1) som det kontrollerer. Særlig vil de elektriske kraftbehovene til propeller og thrustere som styrt av DP-systemet (5) utgjøre en vesentlig del av den totale elektriske kraften. På grunn av dette bør et PMS-system (2) testes i kombinasjon med DP-systemet (5) for å se hvorvidt PMS-systemet (2) fungerer ordentlig når det forsyner den nødvendige kraft til DP-systemet (5). Videre bør slik testing kunne gi svar over et bredt spekter av driftstilstander som med forskjellige sjøtilstander, forskjellige strømmer, forskjellige sensor- og aktuatorfeil og forskjellige operatørfeil.

Dette impliserer at testing av PMS-systemer (2) som en selvstendig enhet i en FAT test ved anlegget til fabrikanten av PMS-systemet (2) ikke vil være tilstrekkelig. I tillegg er det nødvendig å teste PMS-systemet (2) i sjøtesting etter at det har blitt

installert om bord fartøyet (0). Imidlertid, for å lage en fullstendig realistisk test av PMS (2) og DP-systemet (5) i tilstander som kan forventes ville det være nødvendig å vente på eller søke etter værtilstander og sjøtilstander som er forventete, men som sjelden oppstår, eller å vente på eller provosere frem tilstander som kunne oppstå om visse feil oppsto, men som ville være farlige om slike tilstander oppsto ved et uhell eller ble provosert frem. Det kan neppe være en mulighet å eksponere fartøyet (0) for ekstreme situasjoner, slik som å skade maskiner eller generatorer, for å undersøke hvorvidt reguleringssystemet (5) gir pådrag for korrekt kompensasjon av feilen. Slike tester vil vanligvis ikke bli utført.

Kjent teknikk: Lukket sløyfe DP reguleringssystem (5) HIL-testing. (eng:Hardware In the Loop, HIL).

Figur 1 viser et blokkdiagram av et DP-system (5) i sin operative tilstand.

Innmatingene til DP-systemet (5) er sensorsignaler (7) fra posisjonsreferansesensorer (81) samt andre sensorer, feedbacksignaler fra de marine automatikk- og PMS-systemene (2), og innmatingskommandoer fra innmatingskommandoinnretninger.

Utmatingene fra DP-systemet (5) er pådrag til aktuatorene (3) som omfatter propeller og / eller thrustere.

I Figur 2 er det illustrert hvordan et DP-reguleringssystem (5) kan testes dynamisk ifølge oppfinnelsen i en lukket sløyfe med en simulator (100). Denne typen testing kalles hardware-in-the-loop testing (HIL testing). Simulatoren (100) omfatter en aktuatorsimuleringsmodul (3'), et simulert diesel-elektrisk kraftsystem (1') med simulert sentral kraftreguleringssystemfunksjonalitet (2'), en simulert fartøymodul (0'), og en simulert sensor- og posisjonsreferansem modul (8'). Den simulerte aktuatormodulen (3') produserer simulerte krefter og momenter som virker på det simulerte fartøyet (0'), og en simulert fartøybevegelse (0') beregnes så i sanntid. I ordinær HIL-testing i den kjente teknikk er innmatingene til DP-reguleringssystemet (5) simulerte sensorsignaler (7') fra simulatoren (100) og muligens simulerte innmatingskommandoer (51') fra en simulert innmatingskommandoinnretning (50') som kan være en del av en simulator (100). Utmatingskommandoene fra DP-systemet (5) er pådrag (6, 62) som sendes til simulerte aktuatorer (31', 24') i simulatoren (100). I vanlig HIL-testing er utmatingspådragene (6, 62) fra DP-reguleringssystemet (5) ikke tilkoblet aktuatorene (3)

til fartøyet (0) og innmatingssignalene fra DP-reguleringssystemet (5) kommer ikke fra reelle posisjonsreferansesensorer (81) og andre sensorer (8).

Denne typen HIL-testing vist i Figur 2 vil være ganske nyttig for å teste DP-systemet (5) over et bredt spekter av driftsbetingelser iform av sjøtilstander og værtilstander, samt for et bredt spekter av feilsituasjoner, ved å sette opp en relevant situasjon i simulatoren (100). Dette er mulig ettersom det er mulig å utvikle detaljerte og nøyaktige dynamiske simulatorer av fartøybevegelse som respons på aktuator signaler og av sensorsignalene (7) som respons på fartøybevegelsen. I motsetning til dette er det ikke enkelt å utvikle nøyaktige simulatorer for kraftsystemet (1') og simulatorer (2') for PMS-systemet (2) ettersom disse systemene er svært komplekse og vanskelige å modellere i tilstrekkelig detalj, og kan omfatte et stort antall svitsjelementer med diskontinuerlige utmatninger som gjør det vanskelig å simulere PMS-systemet (2) nøyaktig med tilgjengelige metoder og teknologi. Dette betyr at denne type HIL testing ikke vil kunne tillate en systematisk og grundig testing av funksjonaliteten og ytelsen til kraftsystemet (1) og PMS-systemet (2).

I ordinær HIL-testing er innmatingene til DP-reguleringssystemet (5) simulerte sensorsignaler (7') fra en simulator (100) samt muligens simulerte innmatingskommandoer fra et simulert kraft- (1) og PMS-system (2) og simulerte innmatingskommandoer fra simulatoren (100). Utmatingene fra DP-reguleringssystemet (5) er pådrag som sendes til simulerte aktuatorer (3') i simulatoren (100). I ordinær HIL-testing er ikke utmatingene fra DP-reguleringssystemet (5) tilkoblet fartøyets (0) aktuatorer (3) og innmatingene til DP-reguleringssystemet (5) kommer ikke fra reelle posisjonsreferansesensorer (81) og sensorer (8).

Beskrivelse av oppfinnelsen.

Første utførelse av oppfinnelsen.

Den første utførelsen av oppfinnelsen er illustrert i Fig. 2 relatert til et nytt HIL-testsystem for testing av et system som omfatter følgende sammenkoblede moduler: Et DP-system (5), et thrusterfremdriftssystem (32), et elektrisk kraftsystem (1), og et kraftreguleringssystem (2).

I sin operative tilstand er disse modulene anordnet som følger:

* Utmatingssignalene fra DP-reguleringssystemet (5) er pådragene (6, 62) til thrusterfremdriftssystemet (32). Thrusterfremdriftssystemet (32) forbruker elektrisk

energi som forsynes fra det elektriske kraftsystemet (1, 1g, 1e) som styres av kraftreguleringssystemet (2). Thrusterfremdriftssystemet (32) driver thrustenheter (31) i form av propeller med ønsket styrt akselhastigheter, bladvinkler og asimutvinkler, og som respons på dette vil thrustenheterne (31) sette opp fremdriftskrefter som sammen med forstyrrende krefter som vind og bølger skyver fartøyet (0) i bevegelser hvorav sving, svai og gir er mer viktige i forhold til dynamisk posisjonering av fartøyet (0). Bevegelsen til fartøyet (0) måles av posisjonsreferansesensorer (81), og sensorsignalene (7) fra posisjonsreferansesensorene (81) er innmatinger til DP-reguleringssystemet (5) som i sin tur beregner de egnete thrusterfremdriftssignalene (6, 62) som vil føre til at fartøyet (0) oppnår en ønsket spesifisert bevegelse i sving, svai og gir.

Den første grunnleggende utførelsen ifølge oppfinnelsen omfatter de følgende stegene:

* Akselhastighetene, bladvinklene og asimutvinklene som settes opp av thrusterfremdriftssystemet (32) måles med kommersielt tilgjengelige thrustersensorer (88) som forsyner thrusterfremdriftssignaler (78).

* Thrusterfremdrifts-sensorsignalene (78) fra thrusterfremdriftssystemet (32) blir brukt som innmatingssignaler til en simulator (100). Simulatoren (100) har en algoritme som i sanntid beregner de simulerte variablene (7') som beskriver det simulerte fartøyet (0') bevegelse som respons på akselhastigheter, bladvinkler og asimutvinkler, det vil si thrusterfremdrifts-signal (78) innmatet til simulatoren (100).

* Simulatoren (100) omfatter simulatormoduler (8') for posisjonsreferansesensorene (81) som i sanntid beregner de simulerte posisjonsreferanse-sensorsignalene (7') som korresponderer til den simulerte bevegelsen til fartøyet (0') ved simulerte forstyrrelser (9') som omfatter mulige simulerte feilmodi (95').

* De reelle sensorsignalene (7) fra posisjonsreferansesensorene (81) blir frakoblet fra DP reguleringssystemet (5) under driften av oppfinnelsen, og isteden innmates de simulerte posisjonsreferansesignalene (7') til DP-reguleringssystemet (5).

I løpet av den første og andre utførelse frakobles thrusterfremdrifts-sensorsignalene (78) fra å bli innmatet til DP-reguleringssystemet (5) og erstattes av simulerte thrusterfremdrifts-sensorsignaler (78') brukt som innmatinger til DP-reguleringssystemet (5).

Systemet ifølge oppfinnelsen er innrettet til å teste hvorvidt reguleringssystemet (5) og kraftreguleringssystemet (2) vil fungere korrekt sammen og være feiltolerent underlagt de simulerte sensorsignalene (7') og de simulerte forstyrrelsene (9'). De simulerte forstyrrelsene (95') kan være simulerte enkle eller multiple feil i mekanisk, elektrisk og elektronisk utstyr som sensorer (8), aktuatorer (3) og signaloverføring. Testingen av systemet ifølge oppfinnelsen kan omfatte hvorvidt reguleringssystemet (5), det reelle kraftsystemet (1) samt kraftreguleringssystemet (2) forsyner feiltoleranse mot de simulerte enkle eller multiple feilene i mekaniske, elektriske eller elektroniske komponenter.

Andre utførelse ifølge oppfinnelsen. ("Alt. 3")

I en andre utførelse av oppfinnelsen er systemet i sin operative tilstand mye likt som i den første utførelsen, men i tillegg er trekket med at systemet omfatter thrusterfremdriftssensorer (88) som måler akselhastighet, kraftforbruk, bladvinkler og asimutvinkler og at sensorsignalene (78) fra thrustersensorene er innmatninger til DP-reguleringssystemet (5), er reelle PMS-feedbacksignaler (22) fra kraftreguleringssystemet (2) innmatninger til DP-reguleringssystemet (5). Oppfinnelsen omfatter de samme stegene som i den grunnleggende utførelsen av oppfinnelsen.

Tredje utførelse ifølge oppfinnelsen (Alt. 2)

I en tredje utførelse av oppfinnelsen illustrert i Fig. 4 er systemet i sin operative tilstand relativt lik den andre utførelsen, men har enkelte mindre men vesentlige forskjeller. Den tredje utførelsen ifølge oppfinnelsen omfatter de følgende steg:

* Utmatningssignalene (6, 62) fra DP-reguleringssystemet (5) omfatter pådrag (62) til thrusterfremdriftssystemet (32, 31) som i den første og andre utførelsen.

* Utmatningssignalene (6) fra DP-reguleringssystemet (5), hvor utmatningssignalene (6) omfatter pådrag (62) til thrusterfremdriftssystemet (32), er i tillegg brukt som reelle innmatningssignaler (62) til de simulerte motorene (32') i simulatoren (100), vennligst se Fig. 4.

* Simulatoren (100) har en simulatormodul (32') med en algoritme som i sanntid beregner de simulerte variablene som beskriver dynamikken til den simulerte elektriske fremdriftsmotoren (32') for thrusteren (31'). Ytterligere, simulatormoduler omfattende simulerte elektriske kraftsystem (1') og simulerte kraftreguleringssystem (2'), inklusive

de simulerte akselhastigheter, kraftforbruk, bladvinkler og asimutvinkler for det simulerte thrusteren (31').

* Algoritmemodulen for fartøydynamikk i simulatoren (100) beregner i sanntid de simulerte variablene som beskriver bevegelsen til det simulerte fartøyet (0') som
5 respons på de simulerte akselhastighetene, bladvinklene og asimutvinklene, under simulerte forstyrrelser (9') og muligens under simulerte feilmodi (95').

* Simulatoren omfatter en simulatormodul (8') som beregner de simulerte sensorsignalene korresponderende til variabelen som beskriver dynamikken til thrusterfremdriftssystemet (32).

10 * Simulatoren (100) omfatter en simulatormodul (8') for posisjonsreferanse-sensorene som beregner i sanntid de simulerte posisjonsreferansesensorsignalene (7') som korresponderer til den simulerte bevegelsen til det simulerte fartøyet (0').

* Sensorsignalene (7) fra posisjonsreferansesensorene (81) er koblet fra DP-reguleringssystemet (5) og isteden innmates de simulerte posisjonsreferansesignalene
15 (7') til DP-reguleringssystemet (5).

Feedbackmålesignalene (22') utmatet fra det simulerte kraftreguleringssystemet (2') kan overføres tilbake til DP-reguleringssystemet (5) som illustrert i Fig. 4, mens det simulerte PMS-(2') utmatingssignalet (22') kan registreres for sammenligning med et reelt målesignal (22) utmatet fra det reelle kraftreguleringssystemet (2) for å undersøke
20 kvaliteten av simuleringen av det simulerte kraftreguleringssystemet (2'). Om tilstrekkelig lik, er den modellerte eller simulerte PMS (2') verifisert som en realistisk simuleringsmodul for den reelle PMS (2) underlagt de simulerte tilstandene, og kan benyttes i senere modellering. Som beskrevet ovenfor er det ikke enkelt å utvikle nøyaktige simulatorer for kraftsystemet (1) og simulatorerene (2') for PMS-systemet (2)
25 ettersom disse systemene er svært komplekse og vanskelige å modellere i nødvendig detalj, og kan omfatte et stort antall svitsj-elementer med diskontinuerlige utmatninger som gjør det vanskelig å simulere PMS-systemet (2) nøyaktig med tilgjengelige metoder og teknologi hvorpå feedback fra et utilstrekkelig modellert kraftreguleringssystem (2') kan ikke praktisk gjennomføres.

30 Fjerde utførelse ifølge oppfinnesen.

I en fjerde utførelse ifølge oppfinnelsen illustrert i Fig. 5, er systemet i sin operative tilstand ganske lik den tredje utførelsen. Den fjerde utførelsen ifølge

oppfinnelsen omfatter stegene til den tredje utførelsen ifølge oppfinnelsen med det følgende ytterligere steg:

* Signalene (22) fra det reelle kraftreguleringssystemet (2) tilkobles via en PMS-feedbacklinje (21) til DP-reguleringssystemet (5). Simulerte signal fra det simulerte kraftreguleringssystemet (2') innmattes ikke til DP reguleringssystemet (5).

Fordeler ved de ulike utførelsene av oppfinnelsen.

Første utførelse av oppfinnelsen.

Den første utførelsen av oppfinnelsen illustrert i Fig. 2 er en "hardware-in-the-loop" ("HIL") test av et system som omfatter DP-reguleringssystemet (5), thrusterfremdriftssystemet (32), det elektriske kraftsystemet (1) og kraftreguleringssystemet (2). Ettersom thrusterfremdriftssystemet (32) driver de reelle thruster- (31) enhetene som i sin tur driver fartøyet (0), kan belastningen på thrusterfremdriftssystemet (32) være realistisk. Sammenlignet med kjent teknikk hvor DP-reguleringssystemet (5) også har blitt testet i HIL-testing er fordelen med den foreliggende oppfinnelse at thrusterfremdriftssystemet (32), det elektriske kraftsystemet (1) og kraftreguleringssystemet (2) også testes i en hardware-in-the-loop konfigurasjon i kombinasjon med DP-reguleringssystemet (5). Dette er viktig ettersom koblingen mellom DP-reguleringssystemet (5) og kraftreguleringssystemet (2) kan føre til uforutsette problemer som kan føre til potensielt farlige eller kostbare situasjoner som omfatter load tripping og blackout.

Omfattelsen av at fartøysimulatoren (100) mottar thruster-sensorsignaler (78) som innmatinger, tillater testing av systemet for et bredt spekter av simulerte tilstander med simulerte forstyrrelser (9') i form av værtilstander, sjøtilstander, og driftsscenarioer samt simulerte feilmodi (95'). Det er mulig, men det ville ikke vært gjennomførbart, å teste systemet over et slikt bredt spekter av reelle tilstander i vanlige sjøtester, ettersom dette ville innbefatte anbringelsen av fartøyet (0) i potensielt farlige feilsituasjoner som ville føre til uakseptabel testetid og urimelige utgifter for et sivilt fartøy og potensiell fare for fartøyet (0).

Andre utførelse av oppfinnelsen.

Den andre utførelsen av oppfinnelsen som illustrert i Fig. 3 har de samme fordeler som den grunnleggende utførelsen, men i tillegg vil feedbacksignaler (72) fra

thruster motoren (32) og feedbacksignaler (22) fra det reelle kraftreguleringssystemet (2) til DP-reguleringssystemet (5) omfattes i testen. Omfattelsen av disse feedback-sammenkoblingene er vanlig i DP-systemer (5) og øker kompleksiteten til den kombinerte dynamikken til DP-systemet (5) og kraftreguleringssystemet (2), og testing av det kombinerte systemet i en HIL konfigurasjon kan være av stor verdi.

Tredje utførelse ifølge oppfinnelsen.

Den tredje utførelsen av oppfinnelsen illustrert i Fig. 4 er en hardware-in-the-loop test av et system som omfatter DP-reguleringssystemet (5), thrusterfremdriftssystemet (32), det elektriske kraftsystemet (1) og det elektriske kraftreguleringssystemet (2). I denne utførelsen omfatter simulatoren (100) modeller av thrusterfremdriftssystemet (32'), det elektriske kraftsystemet (1') og kraftreguleringssystemet (2). Fordelen med denne løsningen er at det ikke er behov for å ha tilgang til thrusterfremdriftssensorene (88), som betyr at denne løsningen kan føre til en enklere sammenkobling slik at forberedelsene før testing kan ta kortere tid enn i den første utførelsen og den andre utførelsen hvor testsystemet må være sammenkoblet thruster motorsensorene.

Sammenlignet med den første utførelsen og den andre utførelsen har denne tredje utførelsen den mulige ulempe og måtte omfatte simuleringsmoduler for det elektrisk thrusterfremdriftssystemet (32'), det elektriske kraftsystemet (1') og kraftreguleringssystemet (2'). Som nevnt ovenfor er disse modulene vanskelige å modellere nøyaktig. Imidlertid vil i denne utførelsen av oppfinnelsen det reelle thrusterfremdriftssystemet (32, 31), det reelle elektriske kraftsystemet (1) og det reelle kraftreguleringssystemet (2) bli grundig testet selv om simuleringsmodulene for thrusterfremdriftssystemet (32'), det elektriske kraftsystemet (1') og kraftreguleringssystemet (2') kan være unøyaktige. Årsaken til dette er at det reelle thrusterfremdriftssystemet (32), det reelle elektriske kraftsystemet (1), og det reelle kraftreguleringssystemet (2) blir drevet av DP-systemet (5) i testene, og om testscenarier medfører feil og sammenbrudd av disse reelle modulene vil dette bli oppdaget i testene.

Også i denne utførelsen av oppfinnelsen driver thrusterfremdriftssystemet (32) de virkelige thruster enhetene (31) som i sin tur driver fartøyet (0), og det medfølger at belastningen på thrusterfremdriftssystemet (32) vil være relativt realistisk. Dette betyr også at denne utførelsen har en fordel sammenlignet med kjent teknikk hvor DP-

systemet har blitt testet i HIL-testing, det at thrusterfremdriftssystemet (32), det elektriske kraftsystemet (1), og kraftreguleringssystemet (2) også testes i kombinasjon med DP-systemet (5) over et bredt spekter av driftsbetingelser som satt opp i simulatoren (100).

5

Fjerde utførelse ifølge oppfinnelsen.

Den fjerde utførelsen ifølge oppfinnelsen har mer eller mindre de samme fordeler som den tredje utførelsen ifølge oppfinnelsen. Ved ikke å ha feedback fra det simulerte kraftreguleringssystemet (2') og heller motta feedback fra det reelle kraftreguleringssystemet (2), blir forstyrrelser grunnet unøyaktigheter eller feil i simuleringen unngått. Dessuten kan funksjonsfeil grunnet koblingen mellom PMS (2) og reguleringssystemene (5) under sjeldne men mulig påtrufne simulerte situasjoner bli oppdaget. De detaljerte karakteristikene til systemene som skal testes, i særdeleshet feedback fra kraftreguleringssystemet (2) til DP-systemet (5), vil avgjøre hvorvidt utførelse tre eller fire bør brukes.

10

15

Patentkrav

1. En fremgangsmåte for testing av et reguleringsystem (5) på et marint fartøy (0),
 - hvor reguleringsystemet (5) mottar kommandoer (51), som ønsket posisjon, kurs og hastighet fra en kommandoinnretning (50), og sender pådrag (6, 62) til aktuatorer (3), som elektriske thrustermotorer (32) for thrustere (31), og elektriske propellmotorer (35) for fastaksel-propeller (34),
 - hvor fartøyet (0) omfatter sensorer (8) som posisjonsreferansesensorer (81, 82, ...)
 - som gir sensorsignaler (7, 71, 72) tilbake til reguleringsystemet (5),
 - hvor aktuatorene (3) mottar elektrisk energi forsynt fra et om bord kraftsystem (1) som styres av et kraftreguleringsystem (2),
 k a r a k t e r i s e r t v e d at fremgangsmåten omfatter følgende steg:
 - en simulator (100) mottar ett eller flere signaler (6, 7) fra fartøyet (0);
 - hvor simulatoren (100) omfatter
 - en simulert aktuatormodul (3') som forsyner simulerte aktuatorkrefter til
 - en fartøymodul (0') i simulatoren (100) som omfatter en algoritme for beregning av den dynamiske oppførsel til det simulerte fartøyet (0') og
 - en sensormodul (8') i simulatoren (100) som sender simulerte sensorsignaler (7')
 som beskriver den beregnede dynamiske tilstand til det simulerte fartøyet (0'),
 - hvor sensormodulen (8') sender tilbake ett eller flere av de simulerte sensorsignalene (7') modellert ved simulerte forstyrrelser (9') som simulert vind, strøm, og bølger til reguleringsystemet (5) mens reguleringsystemet (5) sender pådrag (6, 62) til aktuatorene (3),
 - for testing av hvorvidt det reelle kraftforsyningssystemet (1) er i stand til å forsyne nok kraft når det blir styrt av kraftreguleringsystemet (2), når kraftreguleringsystemet (2) styres av reguleringsystemet (5) underlagt de simulerte sensorsignalene (7') og de simulerte forstyrrelsene (9').

2. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor forstyrrelsene (9'), signalene (7'), sensorene (8') og aktuatorene (3') omfatter simulerte feiltilstander (95') til det simulerte fartøyet (0').

3. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor signalene (6) sendt fra fartøyet (0) til simulatoren (100) omfatter signaler (78) fra sensorer (88) i thrustermotorsystemet (32) som måler akselehastighet, bladvinkel, kraftforbruk, eller thruster-asimutvinkel.

4. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor reguleringssystemet (5) er et dynamisk posisjonerings-, eller "DP"-system.
5. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor miljøtilstandene omfatter værtilstander.
6. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor de simulerte forstyrrelsene (9') omfatter en eller flere simulerte feil i mekanisk, elektrisk eller elektronisk utstyr som sensorer (8), aktuatorer (3) og signaloverføring.
7. Fremgangsmåten ifølge krav 6, hvor testingen omfatter testing av hvorvidt det reelle kraftforsyningssystemet (1) har feiltoleranse overfor den ene eller de flere simulerte feil i mekaniske, elektriske og elektroniske komponenter.
8. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor fartøyet (0) er en petroleumsplattform innrettet til dynamisk opprettholdelse av posisjon.
9. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor sensorene (8) sender sensorsignaler (7) som omfatter posisjonssensorer (81) som forsyner posisjonssignaler (71), hastighetssensorer (82) som forsyner hastighetssignaler (72), og et kompass (83), som en gyro, som forsyner kurssignaler (73):
10. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor de simulerte sensorsignalene (7') omfatter simulerte posisjonssignaler (71'), simulerte hastighetssignaler (72'), og simulerte kurssignaler (73'), og hvor fartøysimulatoren (0') reagerer på eksterne eller interne simulerte forstyrrelser (9'), som et eller flere av simulert vind, simulert strøm, simulerte bølger,
11. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor en tilkoblingsinnretning (61) på en linje (60) for pådrag brukes til å avgrene pådragene (6) til en linje (60') for simulerte pådrag, for pådrag til simulatoren (100), og som omfatter en simulert elektrisk aktuatormotor (32', 35') som samhandler med en simulert kraftgenerator (1'), med et simulert

kraftreguleringssystem (2'), og en aktuator simulator (3') som omfatter thrustersimulatorer (31', 34').

12. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor det er lagt til en feedbacklinje (21) fra kraftreguleringssystemet (2), for overføring av kraftreguleringssystem-feedbacksignaler (22), fra kraftreguleringssystemet (2) til reguleringssystemet (5).

13. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor simulatoren (100) omfatter et simulert kraftsystem (1') med et simulert kraftreguleringssystem (2') som bruker en feedbacklinje (21') for simulerte feedbacksignaler (22') til reguleringssystemet (5).

14. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor simulatoren (100) omfatter et simulert kraftsystem (1') med et simulert kraftreguleringssystem (2'); og en feedbacklinje (21) fra kraftreguleringssystemet (2) for overføring av kraftreguleringssystem-feedbacksignaler fra (22) fra det reelle kraftreguleringssystemet (2) til reguleringssystemet (5).

15. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor kraftforsyningssystemet (1) omfatter elektriske kraftgenerator (1g) som drives av generatormotorer (1e).

16. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor en eller flere av propellene (33) drives av elektriske propellmotorer (34);

17. Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor reguleringssystemet (5) har en signallinjetilkobler (88) som kobler fra sensorsignallinjen (80), og en tilkobler (89) for de simulerte signalene som kobler til en linje for simulerte signaler simulert (80') for å mate inn de simulerte sensorsignalene (7') til reguleringssystemet (5) som fremdeles holdes tilkoblet for å forsyne pådrag (6) til de nevnte hovedkraftforbrukende aktuatormotorene (32, 35).

18. Et system for testing av et reguleringssystem (5) på et marint fartøy (0),
- hvor reguleringssystemet (5) er innrettet til å motta kommandoer (51) som ønsket posisjon, kurs, og hastighet fra en kommandoinnretning (50) og innrettet til å sende

pådrag (6, 62) til aktuatorer (3) som elektriske thruster-drivende motorer (32) for thrustere (31) og elektriske propellmotorer (35) for fastakselpropeller (34),

- hvor fartøyet (0) omfatter sensorer (8) som posisjonsreferansesensorer (81, 82, ...)

innrettet til å forsyne sensorsignaler (7, 71, 72) tilbake til reguleringsystemet (5),

- hvor aktuatorene (3) er innrettet til å motta elektrisk kraft forsynt av et om bord-kraftsystem (1) styrt av et kraftreguleringsystem (2),

hvor systemet er

karakterisert ved følgende trekk:

- en simulator (100) innrettet til å motta ett eller flere signaler (6, 7) fra fartøyet (0);

- hvor simulatoren omfatter

en aktuatormodul (3') i simulatoren (100) innrettet til å forsyne simulerte aktuatorkrefter til

en fartøymodul (0') i simulatoren (100) som omfatter en algoritme for beregning av den dynamiske oppførsel av det simulerte fartøyet (0') og

en sensormodul (8') i simulatoren (100) innrettet til å beregne simulerte sensorsignaler (7') for beskrivelse av den beregnede dynamiske tilstand til det simulerte fartøyet (0'),

hvor sensormodulen (8') er innrettet til å sende tilbake et eller flere av simulerte sensorsignaler (7') modellert ved simulerte forstyrrelser (9') som simulert vind, strøm og bølger til reguleringsystemet (5) mens reguleringsystemet (5) er innrettet til kontinuerlig å sende pådrag (6, 62) til aktuatorene (3),

hvor systemet er innrettet til å teste hvorvidt det reelle kraftforsyningssystemet (1) er istand til å forsyne tilstrekkelig kraft styrt av det reelle kraftreguleringsystemet (2) når kraftreguleringsystemet (2) styres av reguleringsystemet (5) ved de simulerte sensorsignalene (7') og de simulerte forstyrrelsene (9').

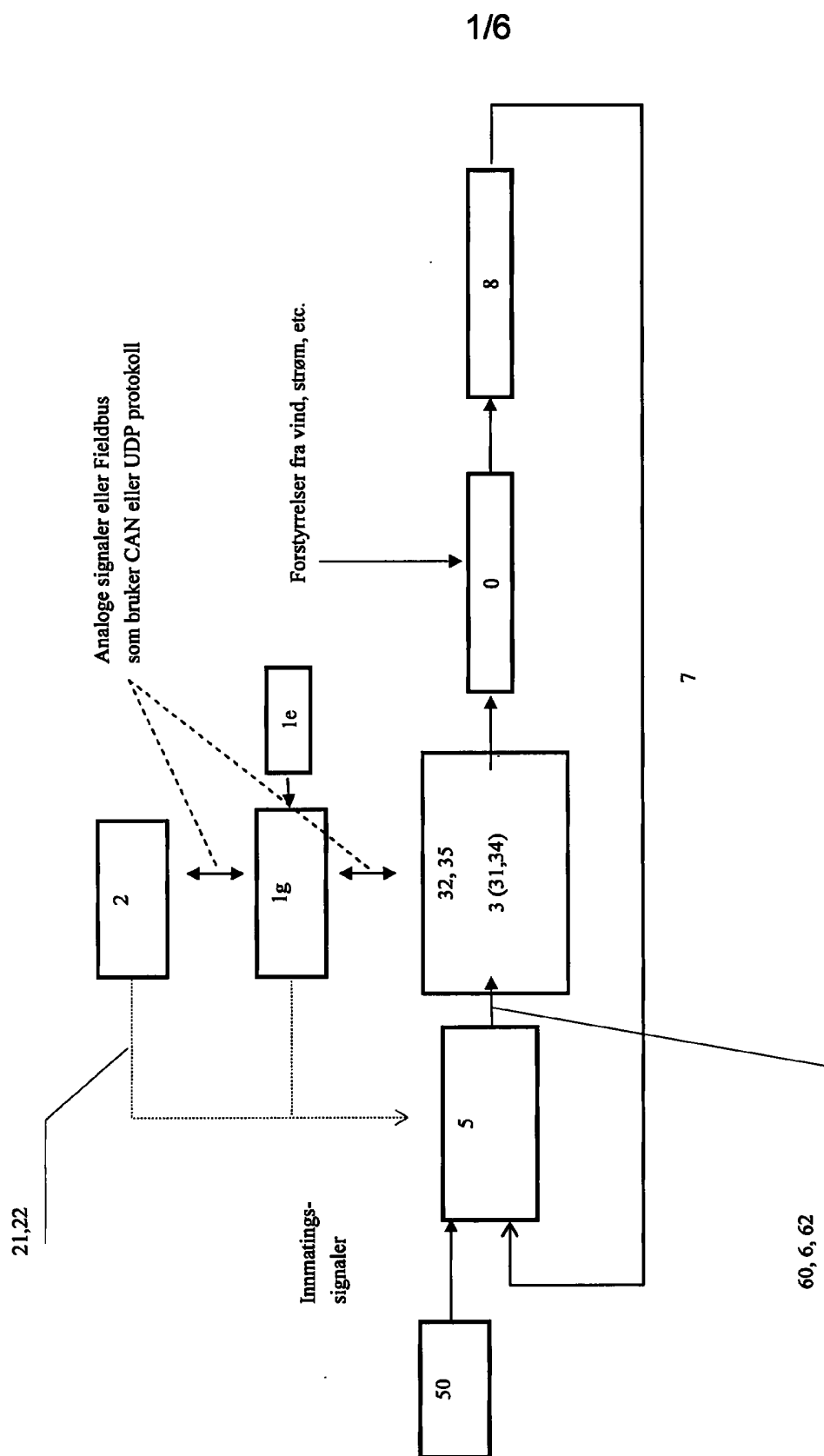
19. Systemet ifølge krav 18, hvor systemet er innrettet til å teste hvorvidt reguleringsystemet (5) og kraftreguleringsystemet (2) samvirker på en korrekt måte og er feiltolerante, under påvirkning av de simulerte sensorsignalene (7') og de simulerte forstyrrelsene (9').

19. Systemet ifølge krav 18, hvor reguleringsystemet (5) har en signallinjetilkobler (88) for frakobling av nevnte sensorsignallinje (80') for mating av simulerte

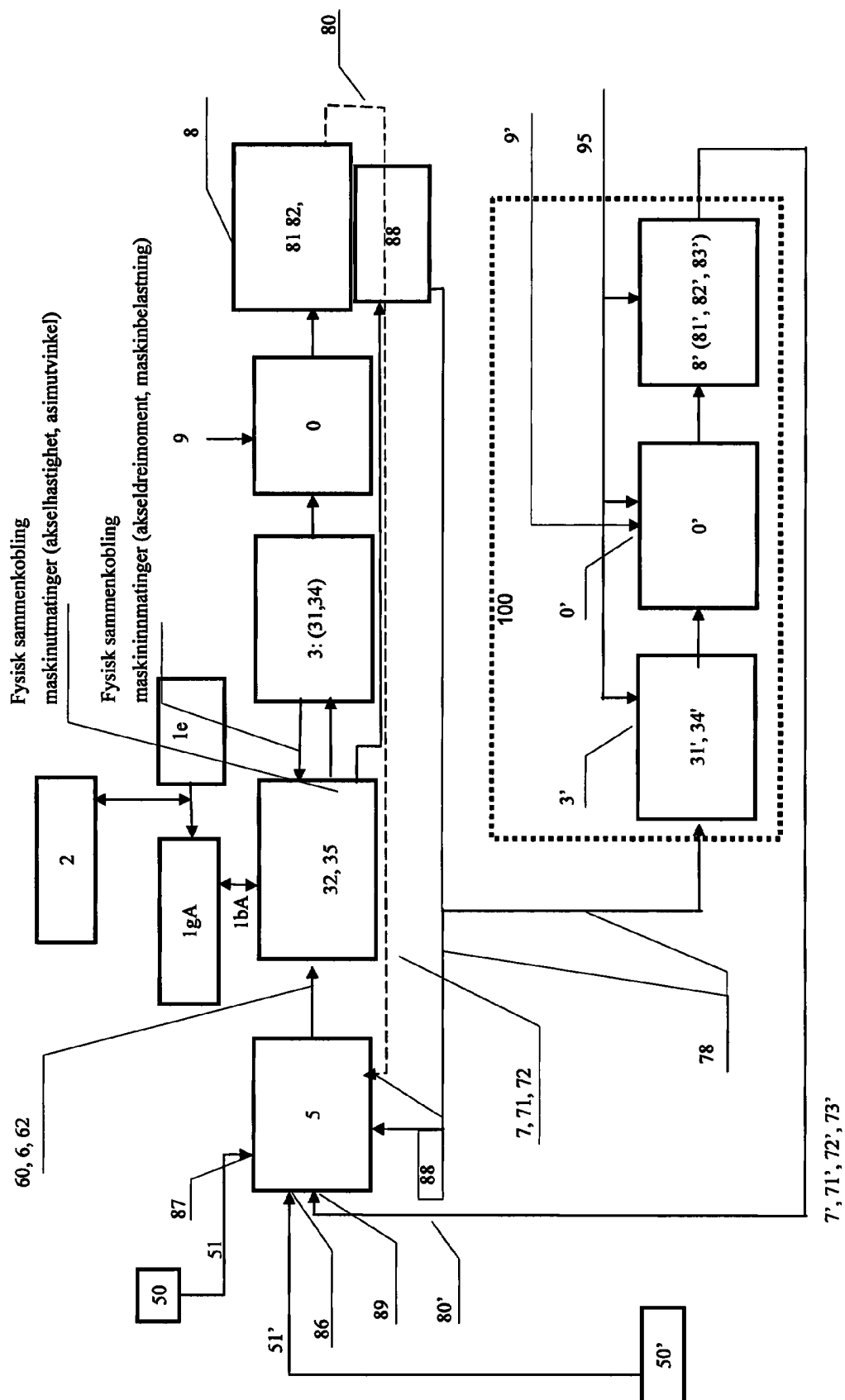
sensorsignaler (7') inn i reguleringssystemet (5) som fortsatt er tilkoblet for å forsyne pådrag (6) til de hovedkraftforbrukende aktuatormotorene (32, 35);

20. Systemet ifølge krav 18, hvor reguleringssystemet (5) har en kommando-innmatingsilkobling (87) for frakobling av kommandoer (51) og en tilkobling (86) for simulerte kommandoer for tilkobling av en simulert kommandoinnretning (50').

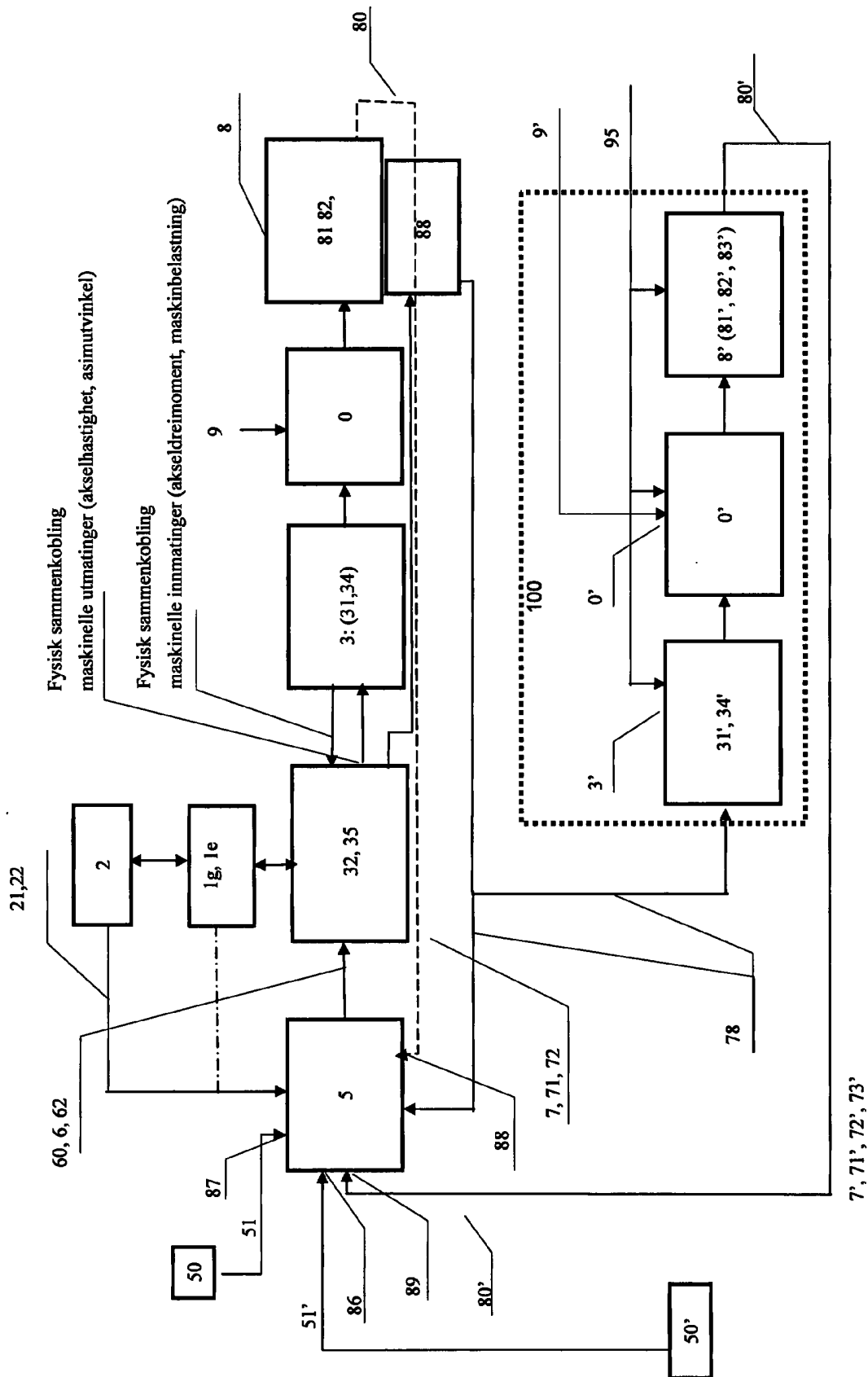
21. Systemet ifølge krav 18, hvor reguleringssystemet (5) har en kommando-innmatingsilkobling for frakobling av kommandoinnmateringer (51) og en simulert kommando-innmatingsilkobling (86) for tilkobling av en simulert kommandoinnretning (50').



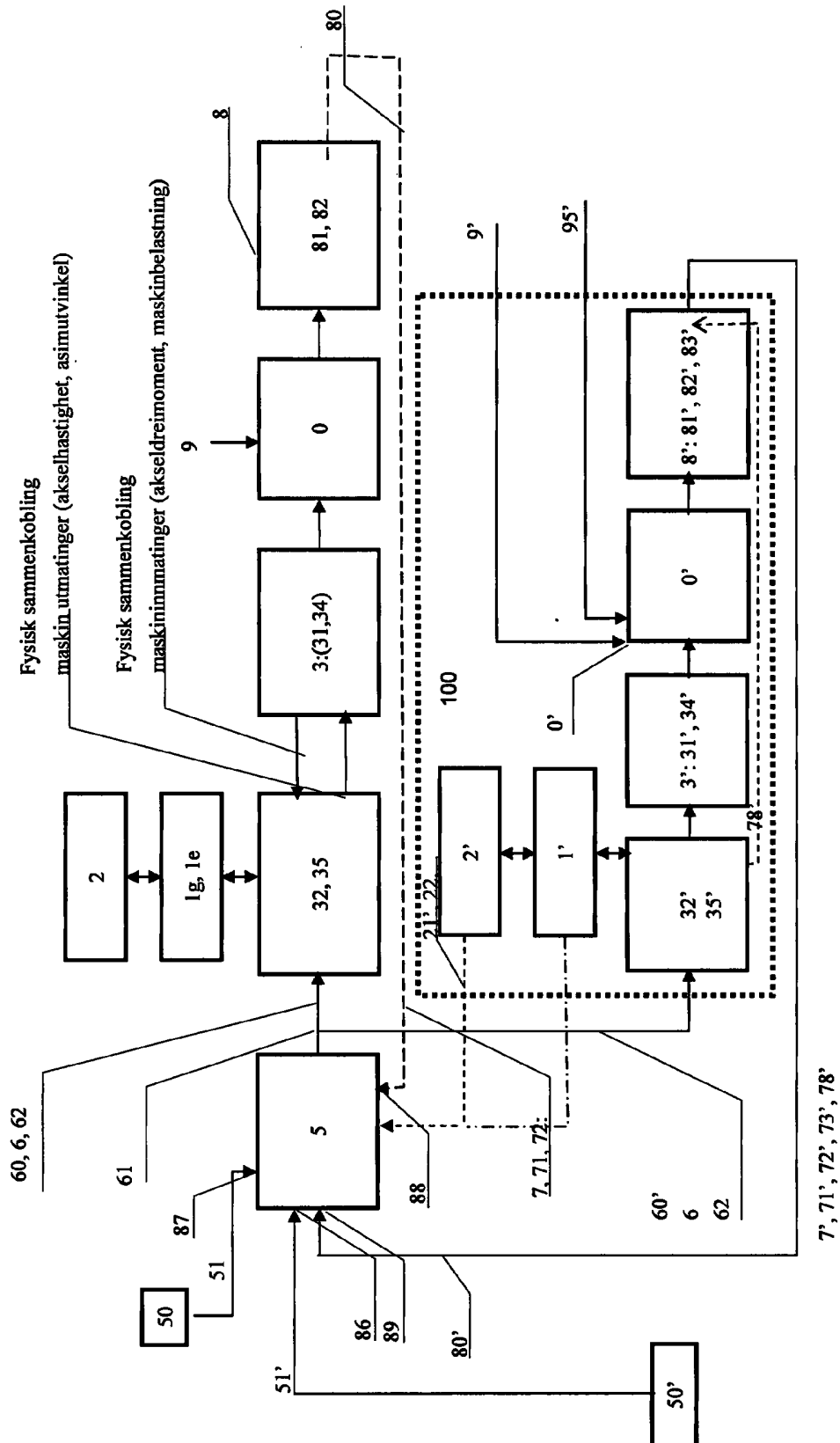
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

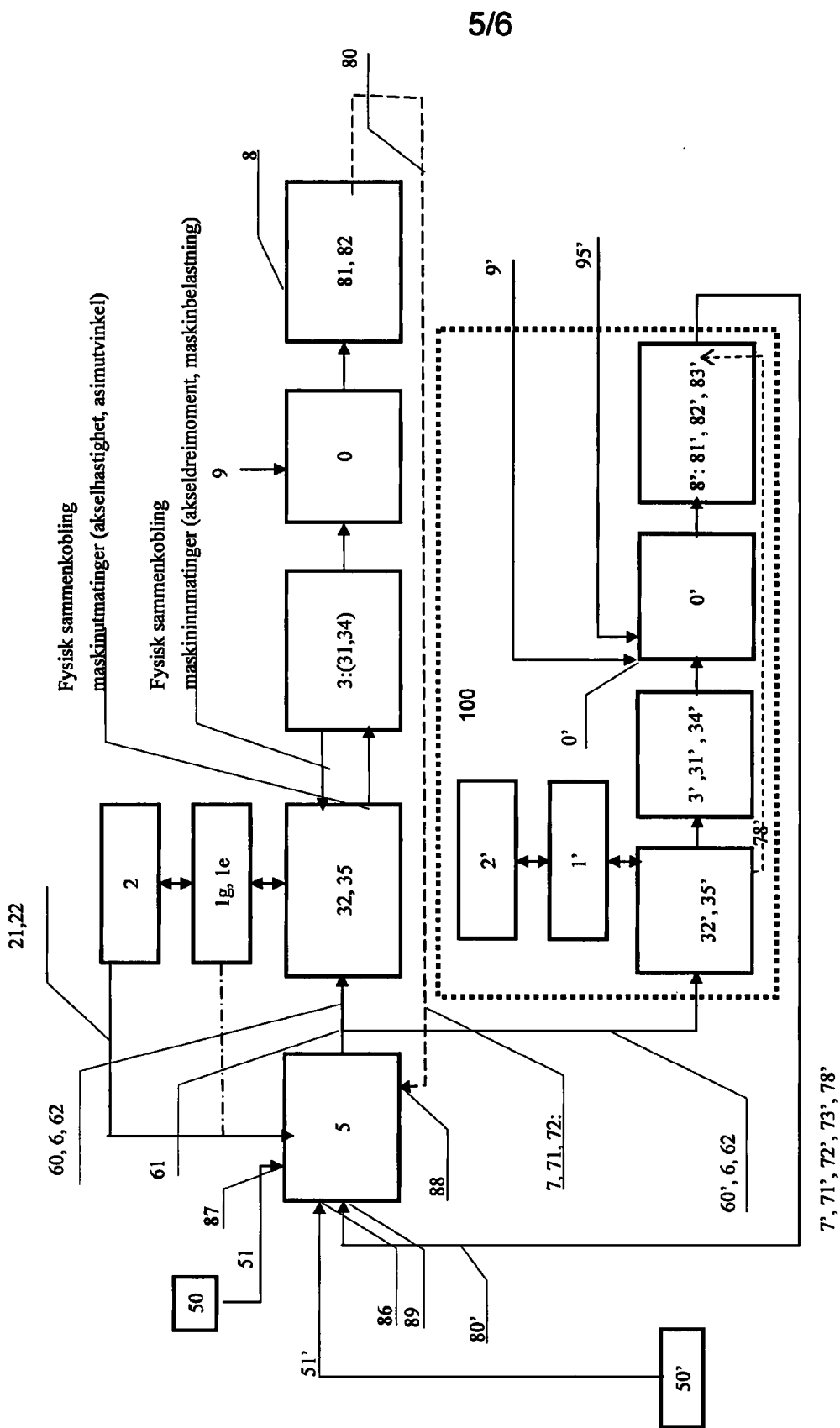


Figure 5

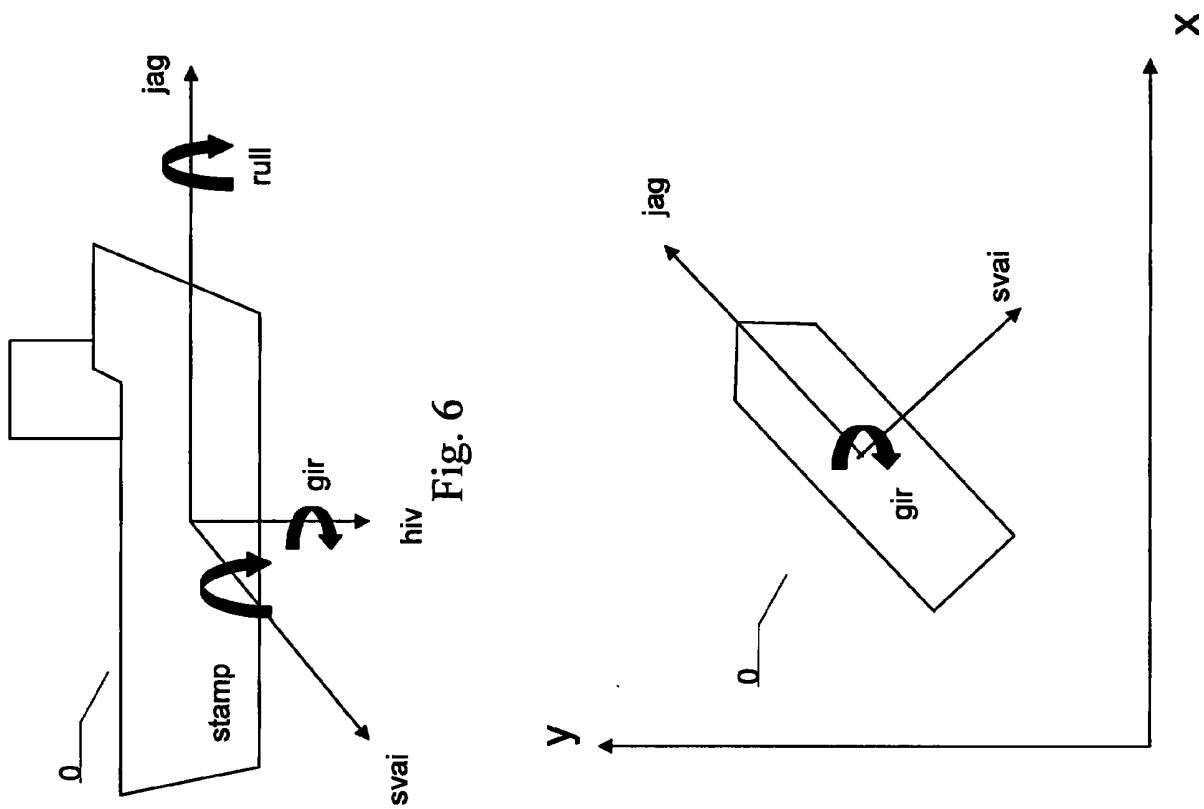


Fig. 7

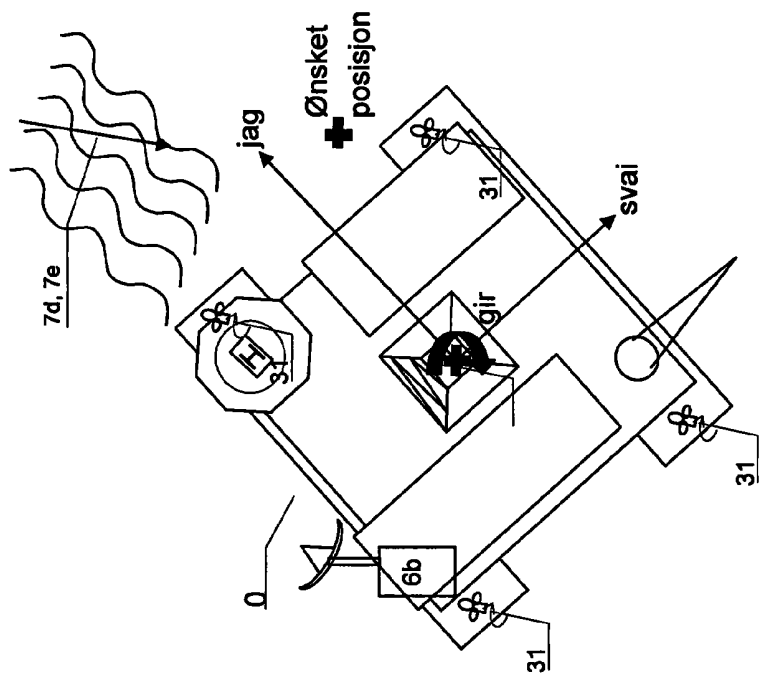


Fig. 8