



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 138465

(51) Int. Cl.² G 05 D 1/00, G 05 B 11/14

(21) Patentsøknad nr. 2167/73
(22) Inngitt 25.05.73
(23) Løpedag 25.05.73

(41) Alment tilgjengelig fra 28.11.73
(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 29.05.78
(30) Prioritet begjært 27.05.72, Japan, nr. 52736/72

(54) Oppfinnelsens benevnelse Servoutrustning for skipsautopilot.

(71)(73) Søker/Patenthaver KABUSHIKIKAI SHA TOKYO KEIKI (TOKYO KEIKI CO., LTD.),
16-46, Minamikamata 2-chome, Ohta-ku,
Tokyo,
Japan.

(72) Oppfinner ISAO MASUZAWA, Kuki-shi, Saitama-ken,
TSUNEO AWANO, Asahi-ku, Yokohama-shi, Kanagawa-ken,
KAZUTOSHI ONISHI, Asahi-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa-ken,
Japan.

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

(56) Anførte publikasjoner Ingen.

Oppfinnelsen angår en servoutrustning for en skipsautopilot, omfattende en servosløyfe som inneholder en servoforsterker, en reléliknende manøvreringsanordning, en kraftenhet, en omformer og en tilbakekoplingskrets.

En servoutrustning for en skipsautopilot er vanligvis en såkalt kontaktorservoutrustning som forrest i servosløyfen inneholder en reléliknende manøvreringsanordning, såsom et relé, en reléforsterker med en transistor, et halvlederelement som utfører en reléliknende funksjon, en hydraulisk eller pneumatisk solenoidventil, en klaffbryter eller en sammensatt anordning av disse. En sådan kontaktorservoutrustning har følgende to egenskaper. Den gjør det mulig å styre hvilken som helst type av servomotorer, såsom elektriske (likestrøms- eller vekselstrømsmotorer), hydrauliske og pneumatiske motorer, som en kraftenhet ved hjelp av den reléliknende manøvreringsanordning, og å oppnå en billig, pålitelig og forholdsvis varig utrustning ved å benytte en kraftig, reléliknende manøvreringsanordning som middel til å styre kraftenheten. I kraft av disse egenskaper benyttes kontaktorservoutrustningen i skipsautopiloter.

Dersom man ifølge den kjente teknikk varierer proporsjonalitetskonstanten for en servoutrustning over et vidt område med tilbakekoplingsbanen for en servosløyfe, forringes servosløyfens stabilitet eller oscillasjon opptrer i servosløyfen.

Det er således et hovedformål med oppfinnelsen å tilveiebringe en servoutrustning for anvendelse i en skipsautopilot som er uten de foran omtalte mangler som er til stede i de tidligere kjente anordninger, og som er tilpasset for automatisk sperring av en rorvinkelinnstillingsmekanisme og en oscillasjonshindrende krets ved hjelp av en enkel kretskonstruksjon.

uten at det spesielt tilveiebringes en sperremekanisme for disse.

Ovennevnte formål oppnås ved hjelp av en servoutrustning av den innledningsvis angitte type, som ifølge oppfinnelsen er kjennetegnet ved at tilbakekoplingskretsen inneholder en første seriekopling av en fast motstand og en variabel motstand og en andre seriekopling parallelt med nevnte faste motstand, bestående av en motstand og en kondensator for stabilisering, idet stabiliseringsvirkningen på servosløyfen av den andre seriekopling varieres ved endring av motstandsverdien for den nevnte variable motstand.

I servoutrustningen ifølge oppfinnelsen blir tidskonstanten for den servosløyfestabiliserende krets, dvs. den oscillasjonshindrende krets, automatisk endret i forbindelse med den såkalte rorvinkelforholds-innstillingsmekanisme for innstilling av servoutrustningens proporsjonalitetskonstant, og således sikres stabiliteten for servosystemet ved alle innstillingsverdier for innstillingsmekanismen med en rorvinkel over et vidt område.

Oppfinnelsen skal beskrives nærmere i det følgende i forbindelse med et antall utførelseseksempler under henvisning til tegningene, der fig. 1 er et kopleingsskjema som viser kretsen og konstruksjonen av en konvensjonell servoutrustning for bruk i en skipsautopilot, fig. 2 er et kopleingsskjema som viser et utførelseseksempel på en konstruksjon ifølge oppfinnelsen av en servoutrustning for bruk i en skipsautopilot, og fig. 3 og 4 er kopleingsskjemaer som viser ytterligere eksempler på konstruksjoner av servoutrustningen ifølge oppfinnelsen.

Før det gis en spesiell beskrivelse av oppfinnelsen, skal et eksempel på en konvensjonell servoutrustning for bruk i en autopilot beskrives i forbindelse med fig. 1. Et inngangssignal θ_e til en inngangsklemme 1 er differansen $(\theta_i - \theta)$ mellom en innstilt kurs θ_i og et skips retning θ . Denne avviksvinkel θ_e omformes ved hjelp av en omformer 2 til et elektrisk signal E_θ . Omformeren 2 er et potensiometer eller en kombinasjon av en synkro med en demodulator eller en elektromagnetisk pick-up-krets. Ved hjelp av en rorordre-beregningskrets 3 omformes signalet E_θ til et elektrisk signal E_0 som tilføres som inngangssignal til en servoforsterker 4 over en motstand R_0 . Samtidig tilveiebringes en rorordre δ på utgangsenden 8

og omformes ved hjelp av en omformer 7 til et elektrisk signal E_δ . Omformer 7 er et potensiometer eller en kombinasjon av en synkro og en demodulator. Signalet E_δ tilføres til servoforsterkeren 4 over en tilbakekoplingskrets 9. Servoforsterkeren 4 forsterker de to inngangssignaler for å tilveiebringe en utgangsspenning E_e som tilføres til en reléliknende manøvreringsanordning 5 av den type som er beskrevet foran, for å bringe denne til å aktivere en kraftenhet 6. Kraftenheten 6 har som vist overføringsfunksjonen $\frac{K_M}{S(T_M S + 1)}$, hvor S er Laplace-operatoren. Utgangssignalet fra kraftenheten 6 er rorordren δ som er en mekanisk stillingsforskyvning. Når det dreier seg om en autopilot for store skip, tilføres rorordren δ som et inngangssignal til en styremaskin, og den virkelige rorvinkel tas ved utgangen fra styremaskinen. Når det derimot gjelder en autopilot for små skip, beveges roret direkte av utgangen fra kraftenheten 6, og rorordren δ viser den virkelige rorvinkel. Tilbakekoplingskretsen 9 i servoutrustningens tilbakekopplingsbane omfatter en parallellkopling av en tilbakekoplingsmotstand R_δ og en seriekopling av en motstand R og en kondensator C . Seriekoplingen av motstanden R og kondensatoren C er den såkalte oscillasjonshindrende krets som frembringer et foranliggende signal av tilbakekoplingssignalet E_δ , for således å stabilisere servosløyfen. Den oscillasjonshindrende krets har følgelig ingen relasjon til inngangs-utgangskaraktistikken for den på fig. 1 viste utrustning. Forutsatt at følsomheten for servoutrustningen på fig. 1 i praksis er tilstrekkelig høy, er dens inngangs-utgangskaraktistikk gitt ved følgende likning:

$$\frac{\delta(S)}{\theta_e(S)} = \frac{k_\theta}{k_\delta} \cdot \frac{R_\delta}{R_\theta} F(S) \dots \dots (1)$$

hvor k_θ og k_δ er konstanter for omformerne 2 henholdsvis 7, og $F(S)$ er karakteristikken for rorordreberegningskretsen 3. Når det f.eks. gjelder en "proporsjonal pluss derivat pluss integral"-regulering, er et eksempel på denne karakteristik gitt ved følgende likning:

$$F(S) = k \left(1 + \frac{T_D S}{T_F S + 1} \right) \left(1 + \frac{1}{T_I S} \right) \dots \dots (2)$$

hvor k er en proporsjonalitetskonstant, T_D er derivattiden, T_F er en filtertidskonstant og T_I er integraltiden.

Inngangs-utgangskaraktistikken for utrustningen på fig. 1 kan følgelig uttrykkes ved følgende likning:

$$-\frac{\delta(S)}{\theta_e(S)} = k \frac{k_\theta}{k_\delta} \cdot \frac{R_\delta}{R_\theta} \left(1 + \frac{T_D S}{T_I S + 1}\right) \left(1 + \frac{1}{T_I S}\right) \dots (3)$$

Når det gjelder "proporsjonal"-regulering, "proporsjonal pluss derivat"-regulering eller "proporsjonal pluss integral"-regulering, svarer karakteristikene til de som oppnås ved innsetning av henholdsvis $T_D = 1/T_I = 0$, $1/T_I = 0$ og $T_D = 0$ i likning (3). Proporsjonalitetskonstanten i likning (3) er et rorvinkelforhold K_p gitt ved følgende likning:

$$K_p = \left(k \frac{k_\theta}{R_\theta}\right) \cdot \left(\frac{R_\delta}{k_\delta}\right) \dots (4)$$

Proporsjonalitetskonstanten representerer verdien av den proporsjonale rorvinkel pr. enhet avviksvinkel. Innstilling eller regulering av rorvinkelforholdet K_p kan oppnås ved endring av noen av størrelsene k , k_θ , k_δ , R_δ og R_θ som vist i likning (4). Med systemer av den type hvor rorvinkelen justeres ved endring av k , k_θ og R_θ , har man imidlertid at dersom følsomheten β for den reléliknende manøvreringsanordning 5 for eksempel er 1° uttrykt ved inngangsavviket θ_e når rorvinkelforholdet $K_p = 1$, blir følsomheten β for den reléliknende manøvreringsanordning 5 lik 3° uttrykt ved avviket θ_e når rorvinkelforholdet $K_p = 1/3$, slik at nøyaktigheten for servoutrustningen blir meget dårlig. I det tilfelle at rorvinkelforholdet $K_p = 3$, blir videre følsomheten β for den reléliknende manøvreringsanordning 5 lik $1/3^\circ$ uttrykt ved avviket θ_e , og blir unødvendig høy, i hvilket tilfelle antall operasjoner for den reléliknende manøvreringsanordning 5 øker og resulterer i kortere levetid for anordningen 5 og kraftenheten 6. Man vil følgelig innse at rorvinkeljusteringssystemer som benytter k , k_θ og R_θ , er upraktiske. På den annen side er rorvinkeljusteringssystemer som benytter k_δ og R_δ , uten de foran omtalte ulemper, og blir derfor benyttet i praksis.

I det følgende skal gis en beskrivelse av virkningen av den oscillasjonshindrende krets som består av motstanden R og kondensatoren C i tilbakekoplingskretsen 9 i den på fig. 1 viste servoutrustning. Dersom en tilbakekoplingsstrøm betegnes med I_δ , kan denne uttrykkes ved følgende likning:

$$I_\delta(S) = \frac{k_\delta}{R_\delta} \left(1 + \frac{R_\delta CS}{RCS + 1}\right) \delta \dots (5)$$

Som vist i telleren i det andre ledd i likning (5), tjener kondensatoren C til å tilveiebringe et derivatsignal for rorvinkelen δ , og derivattiden for dette er $R_\delta C$, ved hjelp av hvilken servosløyfen er stabilisert. Som vist i nevneren i det andre ledd i likning (5), gjør motstanden R tjeneste som et filter for det derivatsignal som er tilveiebragt ved kondensatoren C. Ved benyttelse av likning (4), kan likning (5) uttrykkes ved følgende likning:

$$I_\delta(s) = \left(k \frac{k_\theta}{R_\theta}\right) \frac{1}{K_p} \left(1 + \frac{R_\delta C s}{R C s + 1}\right) \delta \quad \dots (6)$$

I et system hvor rorvinkelforholdet K_p justeres ved hjelp av k eller R_δ , står forsterkningen for tilbakekoplingsstrømmen $I_\delta(s)$ i inverst forhold til rorvinkelforholdet K_p som vist i likning (6). En minskning av rorvinkelforholdet K_p forårsaker følgelig en økning av forsterkningskonstanten for servoutrustningens servosløyfe, slik at servosløyfens stabilitet reduseres. Dersom den oscillasjonshindrende krets velges slik at servosløyfen kan holdes stabil også når rorvinkelforholdet K_p er lite, blir servosløyfens stabilitet uheldig øket når rorvinkelforholdet K_p er stort, og kraftenhetens 6 funksjon stoppes mange ganger før rorvinkelen δ når en ønsket verdi. Den reléliknende manøvreringsanordning 5 skrus nemlig fortløpende på og av mange ganger, hvilket fører til forkortning av levetiden for anordningen 5 og kraftenheten 6. Dersom innstillingsområdet for rorvinkelforholdet K_p velges så lite at sådanne ulemper ikke opptrer, er ikke noe problem til stede, men for å gjøre rorvinkelforholdet regulerbart over et stort område, er det nødvendig å benytte en oscillasjonshindrende krets som overviner disse mangler.

I et system hvor rorvinkelforholdet K_p justeres med k_θ , har justeringen ingen forbindelse med derivattiden $R_\delta C$ og filtertidskonstanten RC i den oscillasjonshindrende krets, slik som uttrykt i likning (6). Dette system oppviser derfor bare en viss grad av oscillasjonshindrende virkning, uten hensyn til en endring i forsterkningskonstanten for servosløyfen når rorvinkelforholdet K_p endres ved forandring av k_θ , slik at sådanne ulemper som er nevnt ovenfor opptrer for å gjøre det umulig å realisere en rorvinkeljustering over et stort område.

I et system hvor justering av rorvinkelforholdet K_p skjer ved hjelp av R_δ , har justeringen innvirkning på derivattiden $R_\delta C$ i den oscillasjonshindrende krets, slik som uttrykt i likning (6). Når

rorvinkelforholdet K_p minskes ved reduksjon av R_δ , blir derivattiden $R_\delta C$ kort slik at stabiliseringsvirkningen minskes, men forsterkningskonstanten for servosløyfen økes, slik at stabiliteten senkes av begge. Dette system er følgelig underlegent i forhold til det som benytter endring av k_δ .

I eksempelet på fig. 1 er en motstand R_f i forsterkeren 4 en tilbakekoplingsmotstand i forsterkeren, og en kondensator C_f er en støyfiltrerende kondensator.

Oppfinnelsen skal i det følgende beskrives under henvisning til fig. 2 som viser et eksempel på en servoutrustning ifølge oppfinnelsen for en skipsautopilot. På denne figur er de deler som svarer til tilsvarende deler på fig. 1, betegnet med samme henvisningstall og for korthets skyld skal en beskrivelse av disse ikke gjentas.

Det på fig. 2 viste eksempel på oppfinnelsen anvender i servosløyfen en tilbakekoplingskrets 10 som har forskjellig konstruksjon i forhold til tilbakekoplingskretsen 9 i eksempelet på fig. 1. Tilbakekoplingskretsen 9 omfatter en parallellkopling av en motstand R_1 og en seriekopling av en motstand R_3 og en kondensator C_1 , samt en variabel motstand R_2 som er koplet i serie med den nevnte parallellkopling. Den variable motstand R_2 er tilveiebragt for justering av rorvinkelforholdet. Dersom motstandsverdiene for motstandene R_1 og R_3 settes lik R_1 henholdsvis R_3 , kapasiteten for kondensatoren C_1 settes lik C_1 og en valgt verdi for den variable motstand R_2 settes lik R_2 , kan tilbakekoplingsstrømmen I_δ uttrykkes ved følgende likning:

$$I_\delta(S) = \frac{k_\delta}{R_1 + R_2} \cdot \frac{(R_1 + R_3) C_1 S + 1}{(R_1 // R_2 + R_3) C_1 S + 1} \delta \dots\dots(7)$$

hvor $R_1 // R_2$ er parallellmotstandsverdien av R_1 og R_2 . Dersom $R_1 + R_2 = R_\delta$, holder likning (4) i forbindelse med rorvinkelforholdet K_p , slik at likning (7) kan omskrives til den ene eller den andre av følgende to likninger:

$$I_\delta(S) = (k \frac{k_\theta}{R_\theta}) \frac{1}{K_p} \left\{ \frac{(R_1 + R_3) C_1 S + 1}{(R_1 // R_2 + R_3) C_1 S + 1} \right\} \delta \dots\dots(8)$$

$$= (k \frac{k_\theta}{R_\theta}) \frac{1}{K_p} \left\{ 1 + \frac{(R_1 - R_1 // R_2) C_1 S}{(R_1 // R_2 + R_3) C_1 S + 1} \right\} \delta \dots\dots(9)$$

Likning (9) svarer til den foran angitte likning (6) som er likningen for en konvensjonell servoutrustning, slik at likning (9) skal

beskrives. En reduksjon av den innstilte motstandsverdi R_2 for den variable motstand R_2 forårsaker reduksjon av R_0 , hvilket resulterer i reduksjon av rorvinkelforholdet K_p . Forsterkningskonstanten for tilbakekoplingsstrømmen I_0 eller med andre ord forsterkningskonstanten for servosløyfen øker ved dette tidspunkt i inverst forhold til rorvinkelforholdet K_p . Imidlertid øker derivattiden $(R_1 - R_1//R_2)C_1$ for den oscillasjonshindrende krets, og samtidig avtar filtertidskonstanten $(R_1//R_2 + R_3)C_1$ for å tilveiebringe øket stabiliseringseffekt for den oscillasjonshindrende krets, slik at stabiliteten blir tilstrekkelig opprettholdt selv om forsterkningskonstanten for servosløyfen er stor. Der hvor videre R_0 gjøres stor ved å velge motstandsverdien R_2 stor for å øke rorvinkelforholdet K_p , blir forsterkningskonstanten for servosløyfen liten. Ved dette tidspunkt blir derivattiden $(R_1 - R_1//R_2)C_1$ ved den oscillasjonshindrende krets kort, og filtertidskonstanten $(R_1//R_2 + R_3)C_1$ blir stor for å minske stabiliseringseffekten for den oscillasjonshindrende krets, slik at stabiliteten ikke blir overdreven selv om servosløyfens forsterkningskonstant er liten. Det er derfor ingen mulighet for opptreden av den mangel ved den konvensjonelle utrustning at en økning av antall operasjoner for den reléliknende manøvreringsanordning fører til reduksjon av levetiden for den reléliknende manøvreringsanordning og kraftenheten, slik som beskrevet foran i forbindelse med fig. 1. Ved den foreliggende oppfinnelse utføres justeringen av rorvinkelforholdet K_p ved hjelp av R_0 i tilbakekoplingskretsen for servoutrustningen, slik at følsomheten for servoutrustningen ifølge oppfinnelsen uttrykt ved inngangsavviket θ_e ikke påvirkes ugunstig av rorvinkelforholdet K_p .

I den på fig. 2 viste servoutrustning ifølge oppfinnelsen kan, slik som foran beskrevet, servosløyfen holdes tilstrekkelig stabil der hvor rorvinkelforholdet K_p er lite, slik at det ikke forårsakes noen oscillasjon. Når rorvinkelforholdet K_p er stort, blir stabiliteten for servosløyfen ikke overdreven, men holdes moderat, og derfor opptrer ingen nedsettelse av levetiden for den reléliknende manøvreringsanordning og kraftenheten. Det er således mulig å oppnå en mekanisme for regulering eller justering av rorvinkelforholdet over et stort område. Følsomheten for servoutrustningen ifølge oppfinnelsen uttrykt ved inngangsavviket θ_e holdes videre på en nødvendig verdi i praktisk bruk, og blir ikke ugunstig påvirket av rorvinkelforholdet K_p .

Fig. 3 viser en modifisert utførelse ifølge oppfinnelsen

av servoutrustningen for en skipsautopilot. På denne figur er det benyttet samme henvisningstall som for tilsvarende deler på fig. 2. I stedet for tilbakekoplingskretsen 10 i servosløyfen på fig. 2 benyttes det i eksempelet på fig. 3 en krets 11 med den viste oppbygning. Kretsen 11 er identisk med kretsen 10 på fig. 2 bortsett fra at en seriekopling av en motstand R_4 og en kondensator C_2 er koplet parallelt med seriekoplingen av motstanden R_1 og den variable motstand R_2 i kretsen 10 på fig. 2. Dersom motstandsverdien for motstanden R_4 settes lik R_4 , kapasiteten for kondensatoren C_2 settes lik C_2 og de andre verdier bibeholdes som beskrevet i forbindelse med fig. 2, er tilbakekoplingsstrømmen $I_\delta(S)$ gitt ved den ene eller den andre av følgende to likninger:

$$I_\delta(S) = \frac{k_\delta}{R_1+R_2} \left\{ \frac{(R_1+R_3)C_1S + 1}{(R_1//R_2+R_3)C_1S + 1} + \frac{(R_1+R_2)C_2S}{R_4C_2S + 1} \right\} \delta \dots (10)$$

$$\frac{k_\delta}{R_1+R_2} \left[\frac{\{(R_1+R_3)R_4 + (R_1+R_2)(R_1//R_2+R_3)\}C_1C_2S^2 + \{(R_1+R_3)C_1 + (R_1+R_2+R_4)C_2\}S + 1}{(R_1//R_2+R_3)R_4C_1C_2S^2 + \{(R_1//R_2+R_3)C_1 + R_4C_2\}S + 1} \right] \delta \dots (11)$$

I praksis bortses det fra faktorer med høyere frekvens og likning (11) kan derfor tilnærmet uttrykkes ved den ene eller den andre av følgende to likninger:

$$I_\delta(S) \approx \frac{k_\delta}{R_1+R_2} \frac{\{(R_1+R_3)C_1 + (R_1+R_2+R_4)C_2\}S + 1}{\{(R_1//R_2+R_3)C_1 + R_4C_2\}S + 1} \delta \dots (12)$$

$$= \frac{k_\delta}{R_1+R_2} \left[1 + \frac{\{(R_1-R_1//R_2)C_1 + (R_1+R_2)C_2\}S}{\{(R_1//R_2+R_3)C_1 + R_4C_2\}S + 1} \right] \delta \dots (13)$$

Dersom $R_1 + R_2 = R_\delta$, holder derfor likning (4) med hensyn til rotvinkelforholdet K_P , slik at likning (13) kan uttrykkes på følgende form:

$$I_\delta(S) = \left(k \frac{k_\theta}{R_\theta} \right) \frac{1}{K_P} \left[1 + \frac{\{(R_1-R_1//R_2)C_1 + (R_1+R_2)C_2\}S}{\{(R_1//R_2+R_3)C_1 + R_4C_2\}S + 1} \right] \delta \dots (14)$$

En sammenlikning mellom likning (14) som representerer tilbakekoplingsstrømmen i eksempelet på fig. 3, og likning (9) som representerer tilbakekoplingsstrømmen i eksempelet på fig. 2, viser at derivattiden i telleren i det andre ledd på høyre side av likning (14) adderes til leddet $(R_1+R_2)C_2 = R_\delta C_2$ på grunn av nærvær av kondensatoren C_2 , og at filtertidskonstanten i nevneren i det andre

ledd adderes til leddet $R_4 C_2$. I eksempelet på fig. 3 er imidlertid leddet som frembringes ved nærvær av kondensatoren C_1 , selvsagt viktigst. Med disse ekstra ledd er det mulig å utforme mer passende endringstendensen for derivattiden og filtertidskonstanten med endringstendensen for motstandsverdien R_2 . Da kretskonstanten for den oscillasjonshindrende krets kan velges fritt, er det således mulig å oppnå en servoutrustning som er tilstrekkelig stabil og meget pålitelig i drift med hensyn til rorvinkelinnstillingsverdien over et stort område.

Fig. 4 viser en ytterligere modifikasjon av servoutrustningen ifølge oppfinnelsen, hvor det også er benyttet samme henvisningstall for tilsvarende deler som på fig. 2. I stedet for tilbakekopplingskretsen 10 i servosløyfen på fig. 2 benyttes det i dette eksempel en krets 12. Kretsen 12 er nøyaktig identisk med kretsen 10 på fig. 2, bortsett fra at en seriekopling av en motstand R_5 og en kondensator C_3 er koplet parallelt med den variable motstand R_2 i kretsen 10 på fig. 2. Dersom motstandsverdien for motstanden R_5 settes lik R_2 , kapasiteten for kondensatoren C_3 settes lik C_3 og de andre verdier bibeholdes slik som beskrevet i forbindelse med fig. 2, er tilbakekopplingsstrømmen $I_\delta(s)$ i eksempelet på fig. 4 gitt ved følgende likning:

$$I_\delta(s) = \frac{k_\delta}{R_1 + R_2} \left[\frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_5)C_1 C_3 s^2 + \{(R_1 + R_3)C_1 + (R_2 + R_5)C_3\}s + 1}{\{(R_1 // R_2)(R_3 + R_5) + R_3 R_5\}C_1 C_3 s^2 + \{(R_1 // R_2 + R_3)C_1 + (R_1 // R_2 + R_5)C_3\}s + 1} \right] \delta \quad \dots (15)$$

Da det i praktisk bruk kan ses bort fra ledd med høyere frekvens, kan likning (15) tilnærmet uttrykkes ved nedenstående likning (16). Dersom man har at $R_1 + R_2 = R_\delta$ og likning (4) angående rorvinkelforholdet K_p benyttes, kan likning (15) uttrykkes på følgende form:

$$I_\delta(s) = \left(k \frac{k_\theta}{R_\theta} \right) \frac{1}{K_p} \left[1 + \frac{\{(R_1 - R_1 // R_2)C_1 + (R_2 - R_1 // R_2)C_3\}s}{\{(R_1 // R_2 + R_3)C_1 + (R_1 // R_2 + R_5)C_3\}s + 1} \right] \delta \quad \dots (16)$$

En sammenlikning av likningene (16) og (9) som representerer tilbakekopplingsstrømmene i eksemplene på fig. 4 og 2, viser at derivattiden i nevneren i andre ledd på høyre side av likning (16) adderes til leddet $(R_2 - R_1 // R_2)C_3$, og filtertidskonstanten i nevneren i andre ledd adderes til leddet $(R_1 // R_2 + R_5)C_3$ på grunn av nærvær av

kondensatoren C_3 . Det er følgelig mulig å frembringe tilstrekkelig nøyaktig endringstendensen for derivattiden og filtertidskonstanten med endringen av motstandsverdien R_2 . Også i eksempelet på fig. 4 er selvsagt hovedkomponentene i derivattiden og filtertidskonstanten de som frembringes i nærvær av kondensatoren C_1 .

I eksempelet på fig. 4 kan slik som beskrevet ovenfor, kretskonstanten for den oscillasjonshindrende krets velges fritt på samme måte som i eksempelet på fig. 3, og det er også mulig å oppnå en servoutrustning som er tilstrekkelig stabil og meget pålitelig i drift med hensyn til rorvinkelinnstillingsverdien over et stort område.

Med den ifølge oppfinnelsen tilveiebragte servoutrustning for bruk i en skipsautopilot oppnår man slik som foran beskrevet, at tidskonstanten for den oscillasjonshindrende krets varierer automatisk i forbindelse med rorvinkelinnstillingsmekanismen uten at det kreves noen spesiell sperremekanisme. Videre oppnås at når rorvinkelforholdet K_p er lite, er servosløyfens stabilitet tilstrekkelig sikret til å hindre oscillasjon eller pendling, og når rorvinkelforholdet K_p er stort, opprettholdes passende stabilitet til å hindre reduksjon av levetiden for den reléliknende manøvreringsanordning og kraftenheten. En rorvinkelinnstillingsmekanisme kan derfor oppnås over et stort område.

Videre blir inngangsfølsomheten for servoutrustningen ifølge oppfinnelsen ikke påvirket av rorvinkelforholdet K_p , slik at nøyaktigheten av servoutrustningen holdes på en verdi som er nødvendig for praktisk bruk.

P a t e n t k r a v

1. Servoutrustning for en skipsautopilot, omfattende en servosløyfe som inneholder en servoforsterker, en reléliknende manøvreringsanordning, en kraftenhet, en omformer og en tilbakekoplingskrets, k a r a k t e r i s e r t ved at tilbakekoplingskretsen inneholder en første seriekopling av en fast motstand (R_1) og en variabel motstand (R_2) og en andre seriekopling parallelt med nevnte faste motstand, bestående av en motstand (R_3) og en kondensator (C_1) for stabilisering, idet stabiliseringsvirkningen på servosløyfen av den andre seriekopling (R_3, C_1) varieres ved endring av motstandsverdien for den nevnte variable motstand (R_2).
2. Servoutrustning for en skipsautopilot ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at en tredje seriekopling av en motstand (R_4) og en kondensator (C_2) er koplet til den første seriekopling (R_1, R_2) i parallell.
3. Servoutrustning for en skipsautopilot ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at en tredje seriekopling av en motstand (R_5) og en kondensator (C_3) er koplet i parallell med den variable motstand (R_2) i den første seriekopling (R_1, R_2).

138465

Fig. 1

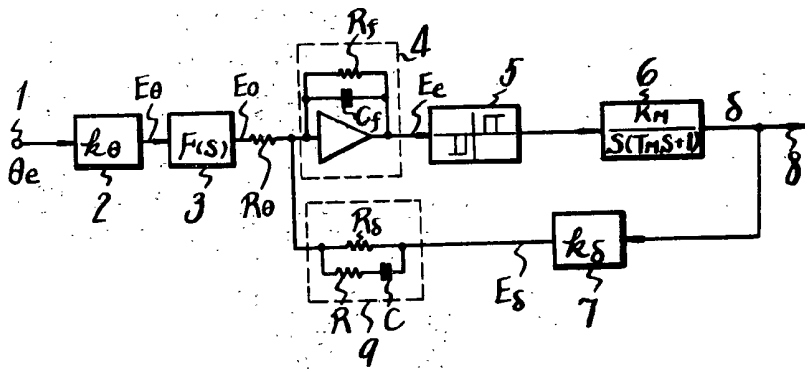
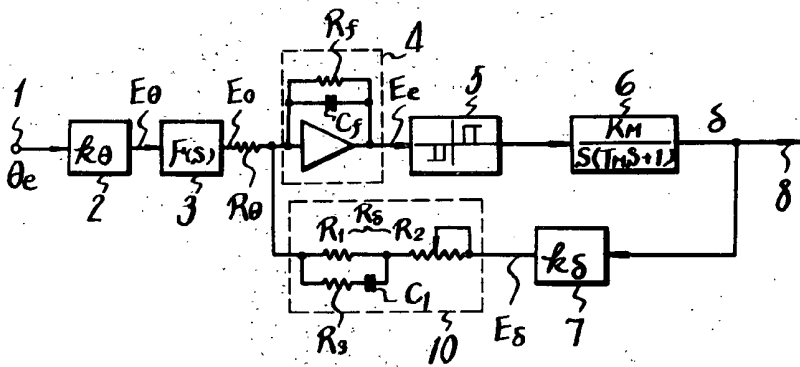


Fig. 2



138465

Fig-3

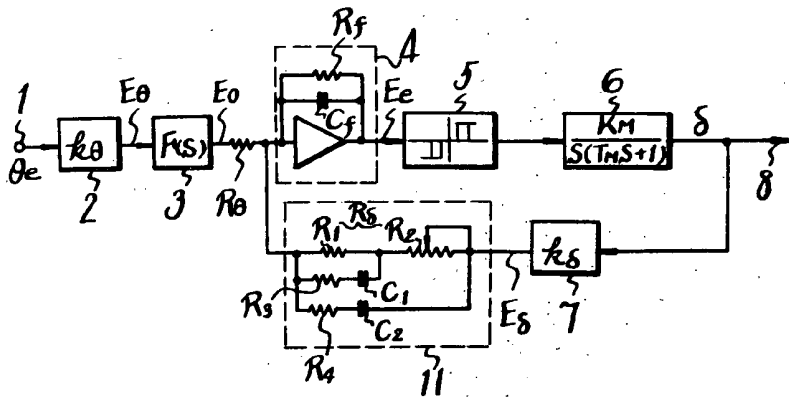


Fig-4

