



NORGE

(19) [NO]

STYRET FOR DET
INDUSTRIELLE RETTSVERN

[B] (12) **UTLEGNINGSSKRIFT** (11) Nr. 167366

(51) Int. Cl.⁸ B 25 J 15/08

(21) Patentsøknad nr. 844732

(22) Inngivelsesdag 28.11.84

(24) Lopedag 28.11.84

(62) Avdelt/utskilt fra søknad nr.

(71)(73) Søker/Patenthaver **FUJITSU LIMITED,**
1015 Kamikodanaka, Nakahara-ku,
Kawasaki-shi, Kanagawa 211, JP

(86) Internasjonal søknad nr. -

(86) Internasjonal inngivelsesdag -

(85) Videreføringsdag -

(41) Alment tilgjengelig fra 31.05.85

(44) Utlegningsdag 22.07.91

(72) Oppfinner **KAZUO ASAKAWA,** Kawasaki-shi, Kanagawa,
JP

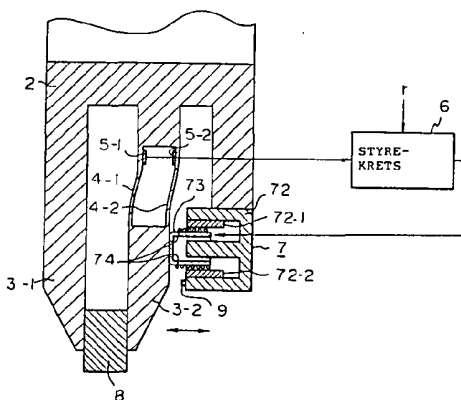
(74) Fullmektig Bryn & Aarflot AS, Oslo.

30) Prioritet begjært 30.11.83, JP, 226301/B3,
30.11.83, JP, 226302/B3.

(54) Oppfinnelsens benevnelse **KRAFT-STYRESYSTEM.**

(57) Sammendrag

I et kraftstyre-system påfører et bevegelig organ som er festet til et elastisk organ, en kraft i samsvar med et kraftreferanse-signal til en gjenstand. På dette tidspunkt blir en ytterligere kraft påført via en drivanordning til det bevegelige organ ved hjelp av positiv tilbakekobling av forskyvningen av det elastiske organ til drivanordningen, slik at den reaktive kraft som skyldes det elastiske organs forskyvning blir motvirket av den ytterligere kraft. Resultatet er at det bevegelige organ bare påfører en kraft i samsvar med kraftreferansesignalet til gjenstanden.



(56) Anførte publikasjoner Int. (WO) patentsøknad, publi.nr. 8303217
Fransk (FR) off.skrift nr. 2341127, 2375962,
IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 24, no 2, July 1981, side 1086-1088.

Foreliggende oppfinnelsen angår et system for styring av en kraft, spesielt en meget liten kraft. Et slikt system blir brukt i et gripeapparat i en robot, et taktilt apparat og lignende.

Den store fremgang i fabrikkautomatisering (FA) eller fleksible fremstillings-systemer (FMS) har i den senere tid medført en integrering i stor skala av roboter i fremstillingsprosessene. Siden konvensjonelle roboter av posisjonsstyrer-typen imidlertid arbeider uansett omgivelser, kan slike roboter ikke anvendes til halvleder-prosesser som krever finstruktur-operasjoner, sammenstillingsprosesser for magnethoder, inspeksjonsprosesser for myk mat eller myke materialer og lignende. Og derfor er det et behov for et system for styring av en meget liten kraft i roboter, som er frie for de ovenfor nevnte ulemper.

Når det gjelder styring av en gripekraft er det tidligere kjent å anordne en trykkføler i gripedelen til en hånd, for der ved å styre gripekraften med en åpen vinkel av hånden. I dette tilfelle er det nødvendig å koble inn en posisjonsstyring og en kraftstyring ved hjelp av en viss tidsstyring, men en slik tidsstyring er imidlertid vanskelig. I tillegg er det nesten umulig nøyaktig å styre en meget liten kraft siden selve hånden har en friksjon. Siden forskjellen i forsterkningsgrad mellom posisjonsstyringen og kraftstyringen også blir påvirket av håndens bevegelsehastighet, inntreffer vibrasjon og kollisjon på det tidspunkt når hånden kommer i kontakt med en gjenstand. Derfor er det nesten umulig å styre en gripekraft innenfor et lite område. Dessuten er det nødvendig med én styrekrets og én føler for henholdsvis posisjonsstyringen og kraftstyringen, noe som øker fremstillingsomkostningene.

Fra IBM Technical Disclosure Bulletin, vol. 24, no. 2, Juli 1981, side 1086-1088, New York, A. E. Brenneman et al: "Sensor arrangement for a manipulator gripper", er kjent en sensoranordning for et manipulator-gripeapparat, hvor en fingerplate 16 i en hånd har parallelle platefjærer, og hvor en utvendig kraft avføles ved å detektere forskyvningen av de parallelle platefjærene. Publikasjonen viser også en bevegelig mekanisme for hydraulisk å bevege den ettergivende anordningen som dannes av de parallelle platefjærene. IBM-publikasjonen viser imidlertid ikke noe system for at en svært liten kraft fra

167366

2

fingeren kan styres ved avføling av en detekteringsanordning slik som de parallelle platefjærene.

I fransk patentpublikasjon nr. 2,375,962 benyttes en I-bjelke i en fingerdel. Noen anordning for å drive fingeren direkte ved hjelp av drivanordninger, vises imidlertid ikke. Dessuten drives den fastholdte delen av fingeren av en deselerasjons-mekanisme. Således er det kraftpåførende elementets understørrelsesdel ikke i noen friksjonsløs tilstand.

Fra fransk patent nr. 2,341,127 er kjent et probe-instrument, hvor en probe bæres av to parallelle platefjærer, og en målekontakt genererer et utgangssignal som er proporsjonalt med forskyvningen av fjærene. En likestrømsmotor drives av dette utgangssignalet og beveger en brakett som proben er montert på. På denne måten kan forandringen av kontakttrykket fra de parallelle platefjærene kompenseres. Denne oppstillingen er av lignende type som apparatet ifølge foreliggende oppfinnelse. Men i den franske publikasjonen påføres en kraft på braketten som holder proben, via en motor-aksel, en kule og en utsparing i braketten. Dette betyr at selv om forskyvningen av de parallelle platefjærene blir kompensert, blir drivkraften på braketten ikke særlig nøyaktig, grunnet friksjonskreftene mellom kulen og utsparingen. Følgelig finnes der en grense for hvor liten kraft som kan styres.

Det er et formål med den foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe et system for styring av en kraft, spesielt en meget liten kraft. Et slikt system realiseres ifølge oppfinnelsen ved tilveiebringelse av apparater av den type som angis i de vedføyde patentkravene.

I henhold til den foreliggende oppfinnelse vil et bevegelig organ som er festet til et elastisk organ påføre en kraft i overensstemmelse med et kraftinformasjons-signal til en gjenstand. På dette tidspunkt blir en ytterligere kraft tilført via en drivanordning til det bevegelige organ ved hjelp av den positive tilbakekobling av det elastiske organs forskyvning til drivanordningen, slik at den reaktive kraft som skyldes det elastiske

organs forskyvning blir motvirket av den ytterligere kraft. Resultatet er at det bevegelige organ bare påfører en kraft i overensstemmelse med kraftinformasjons-signalet til gjenstanden. Hvis dette kraftinformasjons-signalet derfor indikerer en meget liten kraft, blir bare en slik meget liten kraft påført gjenstanden.

Den foreliggende oppfinnelse vil bli bedre forstått av den følgende beskrivelse under henvisning til de vedføyde tegninger, hvor:

Figur 1 er et tverrsnitt av en robothånd i henhold til en første utførelsesform av foreliggende oppfinnelse;

Figur 2 er et styreskjema over robothånden på figur 1;

Figur 3 er et kretsskjema over styrekretsen på figur 1;

Figur 4 er en sprengskisse i perspektiv av en annen robothånd i henhold til den foreliggende oppfinnelse;

Figur 5 er en sprengskisse i perspektiv som forklarer sammenstillingen av robothånden på figur 4;

Figur 6 er en perspektivskisse av en robothånd ifølge en annen utførelsesform av foreliggende oppfinnelse;

Figur 7 er en perspektivskisse av en robothånd ifølge en tredje utførelsesform av foreliggende oppfinnelse;

Figur 8 er en perspektivskisse av en modifikasjon av figur 7;

Figurene 9 og 10 er blokkskjemaer over styresystem som forklarer virkemåten til robothånden på figurene 7 og 8;

Figur 11 er et oppriss av en annen modifikasjon av figur 7;

Figur 12 er et sideriss av figur 11;

Figur 13 er et tverrsnitt tatt langs linjene A-A' på figur 11;

Figur 14 er et oppriss i likhet med figur 11;

Figur 15 er et sideriss av figur 14;

Figurene 16A og 16B er skjemaer over ytterligere en annen modifikasjon av robothånden på figur 7;

Figur 17 er et oppriss av nok en modifikasjon av robothånden på figur 7;

Figur 18 er et tverrsnitt gjennom mateskruen på figur 17;

Figur 19 er et oppriss av en robothånd ifølge en fjerde utførelsesform av foreliggende oppfinnelse;

Figur 20 er en perspektivskisse av et taktilt apparat

ifølge en femte utførelsesform av foreliggende oppfinnelse;

Figurene 21 og 22 er tverrsnittsskisser av apparatet på figur 20;

Figur 23 er et blokkskjema over et styresystem som forklarer virkemåten til apparatet på figur 20;

Figur 24 er en perspektivskisse av et robotsystem ifølge en sjette utførelsesform av foreliggende oppfinnelse; og

Figur 25 er en perspektivskisse med visse partier fjernet av det todimensjonale kraftgenererende apparatet på figur 24.

På figur 1 som illustrerer en første utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, betegner henvisningstallet 1 en robotarm på hvilken en håndsokkel 2 er montert. Håndsokkelen 2 har to fingerpartier 3-1 og 3-2. I dette tilfelle er fingerpartiet 3-1 et stivt organ, dvs. et stasjonært organ, mens fingerpartiet 3-2 blir båret av to parallelle platefjærer 4-1 og 4-2 som danner forbindelse mellom partiet 3-2 og håndsokkelen 2. Dvs. at fingerpartiet 3-2 tjener som et bevegelig organ. Hver av de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 genererer en reaktiv kraft når fingerpartiet 3-2 blir forskjøvet som antydnet ved hjelp av piler fra et balansepunkt. Festet til innsiden av de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 er strekklapper, henholdsvis 5-1 og 5-2, for detektering av forskyvningen av de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2. Utgangssignalene fra strekklappene 5-1 og 5-2 blir tilført en styrekrets 6 som mottar et kraftinformasjonssignal r.

Styrekretsen 6 styrer en svingspolemotor 7 som er en slags lineær motor. Svingspolemotoren 7 består av et åk 71 med permanentmagneter 72-1 og 72-2 og en spoleform 73 på hvilken en spole 74 er viklet. Åket 71 er festet til håndsokkelen 2, mens spoleformen 73 er festet til fingerpartiet 3-2.

Styrekretsen 6 styrer således svingspolemotoren 7 for å drive fingerpartiet 3-2 slik at en gjenstand 8 kan gripes med de to fingerpartiene 3-1 og 3-2. Henvisningstallet 9 betegner et anslag for å stoppe fingerpartiet 3-2 når dette partiet beveges utover.

Legg merke til at de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 har lave skjærmoduli i én retning og høye skjærmoduli i andre retninger, og følgelig tjener de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 som en enveisføring.

På figur 1 blir gripekraften til finger-partiene 3-1 og 3-2 styrt ved hjelp av den kraft som genereres av svingspolemotoren 7, ikke ved åpningsvinkelen av fingerpartiene 3-1 og 3-2. I tillegg blir utgangssignalene fra strekklappene 5-1 og 5-2 positivt tilbakekoblet til styrekretsen 6.

Styreblokkskjemaet for robothånden på figur 1 er illustrert på figur 2. På figur 2 betegner henvisningen S en Laplace-operator, O_c betegner forsterkningen ved åpen krets i kraftforsterkeren (ikke vist) i styrekretsen 6, B betegner svingspolemotorens 7 magnetiske flukstetthet, og l betegner spolens 74 lengde. Derfor er B_l svingspolemotorens 7 kraftkonstant. Utgangen $V_1(S)$ fra kraftforsterkeren i styrekretsen 6 blir tilført positivt til spolen 74, og i tillegg blir den motelektromotoriske kraft $V_2(S)$ i svingspolemotoren 7 som oppnås ved å multiplisere hastigheten $\dot{X}(S)$ med kraftkonstanten B_l , tilført negativt til spolen 74. Dvs. $V(S) (=V_1(S)-V_2(S))$ blir tilført spolen 74.

Strømmen $I(S)$ som strømmer gjennom spolen 74, blir frembragt ved å dividere $V(S)$ med impedansen $(LS+R)$ i svingspolemotoren 7, hvor L og R henholdsvis er induktansen og resistansen i denne. Kraften $F_1(S)$ som genereres av svingspolemotoren 7, blir oppnådd ved å multiplisere strømmen $I(S)$ med kraftkonstanten B_l i svingspolemotoren 7. Denne kraften $F_1(S)$ blir tilført positivt til det bevegelige parti, dvs. fingerpartiet 3-2. Den reaktive kraften $F_2(S)$ til de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 som er $kX(S)$ (k : stivheten til fjærene 4-1 og 4-2, $X(S)$: forskyvning av fingerpartiet 3-2), blir tilført negativt til fingerpartiet 3-2. Dvs. at kraften $F(S) (=F_1(S)-F_2(S))$ blir tilført fingerpartiet 3-2.

Hastigheten $X(S)$ blir oppnådd ved å dividere $F(S)$ med den mekaniske impedansen $(MS+D)$ til fingerpartiet 3-2, hvor M og D henholdsvis er dennes masse og dempningskoeffisient.

Legg merke til at kraften $F_1(S)$ som genereres av svingspolemotoren 7, har en god lineær karakteristikk med hensyn til strømmen $I(S)$ siden den magnetiske flukstettheten B til svingspolemotoren 7 er avgrenset uansett forskyvningen. Resultatet er at den beregnede kraft hovedsakelig er i samsvar med målingen av denne.

I styrekretsen 6 på figur 2 er, selv om forskyvningen $X(S)$

av fingerpartiet 3-2 blir positivt tilbakekoblet til denne mens hastigheten $\dot{X}(S)$ av fingerpartiet 3-2 og strømmen i svingspolemotoren 7 tilbakekobles negativt, P_c , V_c og I_c tilbakekoblingsforsterkninger av forskyvningen $X(S)$, hastigheten $\dot{X}(S)$ og strømmen $I(S)$.

Svingspolemotorens 7 karakteristikk er representert ved

$$e = R_i + L \frac{di}{dt} + Bl\dot{x} \quad (1)$$

$$Bl i = M\ddot{x} + D\dot{x} + kx \quad (2)$$

I tillegg er overføringsfunksjonen for kraftsignalet $R(S)$ til forskyvningen $X(S)$ av fingerpartiet 3-2 representert ved

$$\frac{X(S)}{R(S)} = 1 / \left\{ \frac{LM}{Bl} S^3 + \frac{1}{Bl} (MI_c O_c + RM + LD) S^2 + \left(\left(\frac{I_c D}{Bl} + V_c \right) O_c + Bl + \frac{kL + RD}{Bl} \right) S + \left(\frac{kI_c}{Bl} - P_c \right) O_c + \frac{kR}{Bl} \right\} \quad (3)$$

Dempningskoeffisienten for hele systemet representeres derfor ved

$$\left(\frac{I_c D}{Bl} + V_c \right) O_c + Bl + \frac{kL + RD}{Bl} \quad (4)$$

Stivheten av hele systemet representeres også ved

$$\left(\frac{kI_c}{Bl} - P_c \right) O_c + \frac{kR}{Bl} \quad (5)$$

Når derfor kraftreferansesignalet $R(S)$ blir endret trinnvis, er den stasjonære posisjonsfeilen i forskyvningen $X(S)$

$$\lim_{s \rightarrow 0} sX(S) = \frac{1}{\left(\frac{kI_c}{Bl} - P_c \right) O_c + \frac{kR}{Bl}} \quad (6)$$

Siden forsterkningen O_c til kraftforsterkeren vanligvis er meget

stor, f.eks. fra 80dB til 100dB, og $\frac{kR}{Bl}$ er nær null, er den stasjonære posisjonsfeilen nær null. Dette blir foretrukket for roboter av posisjonsstyre-typen, men er ikke å foretrekke for roboter av kraftstyre-typen, fordi hvis bredden av en gjenstand ikke er nøyaktig, tjener svingspolemotoren 7 som en fjær med en stivhet som vist i formel (6) som skyldes feilen i en breddeindikasjons-verdi, og derved genereres en stor kraft. Det er således umulig å styre nøyaktig en kraft slik som en gripekraft.

I den foreliggende oppfinnelse er $(\frac{KI}{Bl} - P_c)O_c$ i formelen (6) så lav som mulig mens hele systemet holdes i en stabil tilstand, for derved å forhindre generering av en kraft som skyldes posisjonsfeilen.

Dette er mulig siden forskyvningen $X(S)$ blir "positivt" tilbakekoblet til styrekretsen 6, dvs. at fortegnet av forsterkningen P_c er negativ i formelen (6). Med andre ord er i den foreliggende oppfinnelse

$$P_c \approx \frac{k}{Bl} \left(\frac{R}{O_c} + I_c \right) \approx \frac{kIc}{Bl} \quad (7)$$

I denne tilstanden synes fjærkonstanten til de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 som det fremgår av formel (3), å være meget liten, for eksempel eksperimentelt 0,1 g/mm. Hvis derfor slaglengden til fingerpartiene 3-1 og 3-2, er ± 2 mm, er den maksimale genererte kraft som skyldes posisjonsfeilen $\pm 0,2$ g.

Legg merke til at dempningskoeffisienten og stivheten til hele systemet tilnærmet blir bestemt ved å bruke formlene (4) og (5).

Hvis således en positiv gripekraftkomponent er gitt som $R(S)$, kan robothånden på figur 1 gripe gjenstanden 8 med en gripekraft innenfor en feil på $\pm 0,2$ g uansett bredden av gjenstanden 8. Hvis derimot en negativ gripekraft er gitt som $R(S)$, åpnes fingerpartiene 3-1 og 3-2, og følgelig kommer fingerpartiet 3-2 i kontakt med anslaget 9 med en bestemt avgrenset kraft.

På figur 1 er det også mulig å måle bredden av gjenstanden 8 ved å bruke utgangssignalene fra strekklappene 5-1 og 5-2.

Et eksempel på styrekretsen 6 på figur 1 er illustrert på figur 3. På figur 3 blir utgangssignalene fra strekklappene 5-1

og 5-2 levert til en bufferforsterker 31. Utgangssignalet fra bufferforsterkeren 31 blir levert til en bufferforsterker 32 med forsterkning P_c og en differensiator 33 med forsterkningen V_c . Henvisningstallet 34 betegner en motstand for detektering av den strøm som går gjennom svingspolemotoren 7. Strømdetekteringsanordningen som utgjøres av motstanden 34, har forsterkningen I_c . Henvisningstallet 35 er en forsterker med åpen forsterkning O_c . Kraftinformasjonssignalet $r\{R(S)\}$ og utgangen $\{X(S)\}$ fra bufferforsterkeren 32 blir tilført positivt til kraftforsterkeren 35, mens utgangen $\{\dot{X}(S)\}$ fra differensiatoren 33 og utgangen $\{I(S)\}$ fra motstanden 34 blir negativt tilført forsterkeren 35. Utgangen fra kraftforsterkeren 35 blir tilført utgangstransistorer 36 og 37. Dvs. at forsterkeren 35 driver svingspolemotoren 7 via utgangstransistorene 36 og 37 slik at summen av $R(S) + X(S) - \dot{X}(S) - I(S)$ er null.

På figur 2 er forsterkningene P_c , V_c og I_c manuelt justerbare, men hvis styrekretsen 6 er innbefattet i en mikrodata-maskin kan disse forsterkningene P_c , V_c og I_c reguleres ved hjelp av programvare.

Siden den sylindriske svingspolemotoren 7 på figur 1 er anordnet på utsiden av fingerpartiet 3-2, blir robothånden forholdsvis stor. På figur 4 som er en modifikasjon av robothånden på figur 1, er derimot en svingspolemotor 7' av plate-typen anordnet på siden av fingerpartiene 3-1 og 3-2 for derved å redusere størrelsen av robothånden. Svingspolemotoren 7' av platetypen er sammensatt av to åk 71'-1 og 71'-2, permanentmagneter 72'-1 og 72'-2, en spole 73' av platetypen som har klemmer 73'a, en spoleform 74' og et avstandsstykket 75' av ikke-magnetisk materiale. Henvisningstallene 10 og 11 betegner skruehull for sammensetning av svingspolemotoren 7'.

Åket 71'-1 som har permanentmagneten 72'-1, avstandsstykket 75' og åket 71'-2 som har permanentmagneten 72'-2, er montert på håndsokkelen 2 ved å innføre skruer i skruehullene 11. På den annen side er spolen 73' av platetypen som er tilordnet spoleformen 74', montert på fingerpartiet 3-2 ved å innføre skruer i skruehullene 10. Når derfor en strøm tilføres plate-spolen 73' via klemmene 73'a, vekselvirker strømmen gjennom spolen 73' med en magnetisk krets som dannes av permanentmagneten 72'-1 og 72'-2 for derved å bevege fingerpartiet 3-2.

Legg merke til at en slik svingspolemotor 7' kan tilveiebringes på begge sider av fingerpartiene 3-1 og 3-2.

Spoleformen 74' på figur 4 er på vanlig måte laget av plast, slik som en kunstharpiks. Siden plast imidlertid har en lav varmeledningsevne, kan en plastspoleform bli deformert av den varme som genereres av spolen 73'. Det blir derfor foretrukket at spoleformen 74' lages av aluminium siden aluminium har en høy varmeledningsevne, en høy skjærmodul og en høy elektrisk konduktivitet. Når en aluminiumsform med høy elektrisk konduktivitet beveges inne i et magnetfelt, blir det generert en stor virvelstrøm i spoleformen, noe som øker svingspolemotorens 7' dempningskoeffisient hvilket er nyttig for stabilisering av hele styresystemet. I dette tilfelle er det nødvendig å isolere spolen 73' fullstendig fra aluminiumsspoleformen 74'. For dette formål blir spoleformen 74 av aluminium fortrinnsvis fremstilt ved hjelp av en alumit-prosess for derved å oppnå en høy isolasjon uansett antall viklinger i spolen 73'. Det blir videre foretrukket at aluminiumsformen 74' er fremstilt ved hjelp av en sort alumit-prosess for derved å unngå feil i spolen 73'. Videre er det dannet et spor med samme form som spolen 73' i spoleformen 74'.

Sjeldne jordart-koboltmagneter med høy magnetisk susceptibilitet blir brukt som permanentmagnetene 71'-1 og 72'-2 for å redusere disses størrelse. Siden det imidlertid blir generert en sterk magnetisk tiltrekning eller frastøtning mellom slike magnetiserte sjeldne jordart-koboltmagneter, oppstår visse problemer når de magnetiserte koboltmagnetene monteres på åkene.

For lett å montere de magnetiserte koboltmagnetene 72'-1 og 72'-2 på åkene 71'-1 og 71'-2, er det anordnet en magnetfesteramme 76' av ikke-magnetisk materiale for hver av magnetene 72'-1 og 72'-2, som illustrert på figur 5. Dvs. at det er tilveiebragt åpninger 76'a og 76'b i magnetfesterammen 76', og følgelig utføres monteringen av magnetene 72'-2 (72'-1) ved å sette magnetene inn i åpningene 76'-a og 76'-b. Tykkelsen av magnetfesterammen 76' er lik eller litt mindre enn tykkelsen av magnetene 72'-2 (72'-1).

Robothånden som er vist på figurene 1-5, kan gripe en gjenstand med liten bredde avhengig av lengden av de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2. Et slikt breddeområde er f.eks. om-

kring 4 mm. Derfor blir utskiftingen av robothender utført i samsvar med størrelsen av gjenstandenes bredde.

På figur 6 som illustrerer en annen utførelsesform av den foreliggende oppfinnelse, er fingerpartiene 3-1 og 3-2 tilveiebragt ved en mateskrue 61 som er delt i et venstre skrueparti og et høyre skrueparti. F.eks. er fingerpartiet 3-1 anordnet ved det venstre skrueparti mens fingerpartiet 3-2 er anordnet ved det høyre skruepartiet. Hvis derfor mateskruen 61 roterer i én retning, vil fingerpartiet 3-1 nærme seg fingerpartiet 3-2, mens fingerpartiet 3-1 fjerner seg fra fingerpartiet 3-2 hvis mateskruen 61 roterer i den annen retning. Dvs. at avstanden mellom fingerpartiene 3-1 og 3-2 blir styrt av rotasjonen av mateskruen 61 som drives av en likestrømsmotor 62. Likestrømsmotoren 62 er koblet til en vinkelkoder 63.

Fingerpartiet 3-2 blir også understøttet av de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 (se figurene 1 og 4) og drives av svingspolemotoren 7' som er maken til den på figur 4. Derfor blir svingspolemotoren 7' styrt av styrekretsen 6 som er den samme som på figur 1.

Som forklart ovenfor blir avstanden mellom fingerpartiene 3-1 og 3-2 drevet av likestrømsmotoren 62. Denne likestrømsmotoren 62 blir styrt av en annen styrekrets 64 som er sammensatt av en posisjonsstyrekrets 641. Det vil si at i styrekretsen 64 blir et avstands-informasjonsignal sp tilført positivt til kretsen 641, mens utgangen fra vinkelkoderen 63 blir tilført negativt til kretsen 641. Derfor blir likestrømsmotoren 62 styrt ved hjelp av den negative tilbakekobling av vinkelkoderen 63 til likestrømsmotoren 62, slik at utgangen fra koderen 63 faller sammen med avstands-informasjons-signalet sp.

Svingspolemotoren 7' blir således brukt til styring av en gripekraft og likestrømsmotoren 62 blir brukt til styring av avstanden mellom fingerpartiene 3-1 og 3-2, for derved å styre en gripekraft for en gjenstand uansett dennes bredde.

Hvis en gripekraft blir styrt ved hjelp av bare likestrømsmotoren uten noen svingspolemotor, er det nesten umulig å styre en meget liten gripekraft i størrelsesorden gram, siden det finnes et blindbånd i et styresystem som skyldes friksjonen til de bevegelige deler, slik som mateskruen 61 og likestrømsmotoren 62. I utførelsesformen på figur 6 er det selvfølgelig også

umulig å eliminere den avstandsfeil som skyldes det ovennevnte blindbånd. Det er imidlertid mulig å styre en fin gripekraft ved å drive svingspolemotoren hvor avstandsfeilen f.eks. er ± 2 mm.

Hvis med andre ord avstands-informasjons-signalet sp som har en nøyaktighet på ± 2 mm i robothånden på figur 6, blir gitt til styrekretsen 64, er det mulig å gripe en gjenstand med en fin gripekraft siden svingspolemotoren 7' ikke har noen friksjonsdel.

Legg merke til at styrekretsene 6 og 64 også kan være innbefattet i en mikrodatamaskin, slik at parametere slik som r, sp og lignende blir styrt ved hjelp av programvare.

På figur 6 blir utgangen fra forskyvningsføleren (i dette tilfelle strekkklapper) matet tilbake til styrekretsen 6 for derved å styre svingspolemotoren 7', mens utgangen fra vinkelkoderen 63 blir matet tilbake til styrekretsen 64 for derved å styre likestrømsmotoren 62. Dvs. at styringen for en gripekraft er uavhengig av styringen for en avstand mellom fingerpartiene.

På figur 7 som illustrerer en tredje utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, er det illustrert en robothånd maken til robothånden på figur 6. Robothånden på figur 7 omfatter imidlertid ingen vinkelkoder. På figur 7 blir utgangen fra strekkklappene (ikke vist) positivt tilført styrekretsens for derved å styre svingspolemotoren 7', som er den samme som på figur 4, og utgangen fra strekkklappene blir også negativt tilført en styrekrets 6' for derved å styre likestrømsmotoren 62 i en posisjonsstyremodus. Dvs. at utgangen fra strekkklappene blir tilført begge styrekretsene 6 og 6'.

På figur 8 som er en modifikasjon av robothånden på figur 7, blir svingspolemotoren 7 på figur 1 brukt istedenfor svingspolemotoren 7' på figur 4. Robothånden på figur 8 har de samme typeanordninger som på figur 7. Legg merke til at henvisningstallet 81 er en stopper eller et anslag.

I robothånden på figur 7 (eller figur 8) blir svingspolemotoren 7' (eller 7) som er montert på fingerpartiet 3-2, for det meste drevet mens likestrømsmotoren 62 for rotasjon av mateskruen 61 i tillegg blir drevet. Dvs. at når det er umulig å gripe en gjenstand bare ved drift av svingspolemotoren 7'

(eller 7), blir likestrømsmotoren 62 rotert for å oppnå en forutbestemt avstand mellom fingerpartiene 3-1 og 3-2.

Legg merke til at det også er umulig å styre en liten gripekraft bare ved å styre likestrømsmotoren 62 på samme måte som i den annen utførelsesform på figur 6.

Styreblokkskjemaet for robothånden på figur 7 (eller figur 8) er illustrert på figurene 9 og 10. Styreblokkskjemaet på figur 9 viser tilstanden hvor fingerpartiet 3-2 ikke er i kontakt med en gjenstand, mens styreblokkskjemaet på figur 10 viser tilstanden når fingerpartiet 3-2 er i kontakt med gjenstanden.

Det vil som man vil forstå fra figurene 9 og 10, si at i utførelsesformen på figur 7 blir utgangen fra strekkklappene 5-1 og 5-2 som er festet til de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 (se figur 1), matet positivt tilbake til styrekretsen 6 for svingspolemotoren 7', og samtidig blir den nevnte utgang matet negativt tilbake til styrekretsen 6' for likestrømsmotoren 62. Med andre ord blir mateskyringen av mateskruen 61 og gripekraften for fingerpartiene 3-1 og 3-2 begge styrt ved detektering av forskyvningen av de parallelle platefjærer 4-1 og 4-2.

Det vises til figur 9 hvor differansespenningen $V(S)$ mellom utgangsspenningen $V_1(S)$ fra kraftforsterkeren i styrekretsen 6 og den motelektromotoriske kraft $V_g(S)$ tilført spolen 73' (eller 73) i svingspolemotoren 7' (eller 7). Derfor er den strøm $I(S)$ som flyter gjennom spolen 73' (eller 73) gitt ved

$$I(S) = \frac{V(S)}{L_c S + R_c}$$

hvor L_c og R_c er induktansen og resistansen for svingspolemotoren 7' (eller 7) og $L_c S + R_c$ er impedansen i svingspolemotoren 7' (eller 7). Kraften $F_1(S)$ som genereres av svingspolemotoren 7' (eller 7), som er $BlI(S)$ (Bl , $I(S)$: kraftkonstant og strøm i svingspolemotoren 7' (eller 7)), blir ført positivt til fingerpartiet 3-2, mens den reaktive kraft $F_2(S)$ for de parallelle platefjærer 4-1 og 4-2, som er $kX(S)$ (k : fjærkonstant for fjærene 4-1 og 4-2, $X(S)$: forskyvning av fingerpartiet 3-2), blir tilført negativt til fingerpartiet 3-2. En kraft $F_3(S)$ som er gitt ved

$$F_3(S) = M_c S \dot{X}'(S)$$

blir også tilført negativt til fingerpartiet 3-2, hvor M_c er massen av fingerpartiet 3-2 og $\dot{X}'(S)$ er hastigheten av mateskruen 61. Dvs. at kraften $F(S) (=F_1(S) - F_2(S) - F_3(S))$ blir tilført fingerpartiet 3-2. Derfor er hastigheten $\dot{X}(S)$ av fingerpartiet 3-2 gitt ved

$$\dot{X}(S) = \frac{F(S)}{M_c S}$$

Forskyvningen $X(S)$ av fingerpartiet 3-2 er også gitt ved

$$X(S) = \frac{\dot{X}(S)}{S}$$

Styrekretsen 6 på figur 9 har den samme form som styrekretsen 6 på figur 2, bortsett fra at kraftinformasjonssignalet er gitt ved $U_2(S)$.

På den annen side blir differansespenningen $V'(S)$ mellom utgangsspenningens $V'_1(S)$ fra kraftforterkeren i styrekretsen 6' og den motelektromotoriske kraft $V'_2(S)$ tilført likestrømsmotoren 62. Derfor er strømmen $I'(S)$ som flyter gjennom likestrømsmotoren 62, gitt ved

$$I'(S) = \frac{V'(S)}{L_m S + R_m}$$

hvor L_m og R_m er induktansen og resistansen til likestrømsmotoren 62 og $L_m S + R_m$ er impedansen til likestrømsmotoren 62. Kraften $F'_1(S)$ som genereres av likestrømsmotoren 62, som er $K_m I'(S)$ (K_m , $I'(S)$: induisert spenningskonstant og -strøm for likestrømsmotoren 62), blir tilført positivt til mateskruen 61, mens friksjonskraften $F_r(S)$ til likestrømsmotoren 62, mateskruen 61 og lignende blir tilført negativt til mateskruen 61. En kraft $F'_3(S)$ som er gitt ved

$$F_3(S) = M_c S \dot{X}'(S)$$

blir også tilført negativt til mateskruen 61, hvor M_c er massen

av fingerdelen eller fingerpartiet 3-2 og $X(S)$ er forskyvnings-
hastigheten til fingerpartiet 3-2. Dvs. at kraften $F'(S)$
(= $F'_1(S) - F'_R(S) - F'_3(S)$) blir tilført mateskruen 61. Derfor
er hastigheten $\dot{X}'(S)$ av mateskruen 61 gitt ved

$$\dot{X}'(S) = \frac{F'(S)}{(M_m + M_c)S}$$

hvor M_m er den masse som oppnås ved å subtrahere massen av
det bevegelige parti av svingspolemotoren 7' (eller 7) fra like-
strømsmotorens 62 belastningsmasse.

Legg merke til at dempningskoeffisienten er utelatt fra
de mekaniske impedansuttrykk på figurene 9 og 10.

I styrekretsen 6' er P_m , V_m og I_m tilbakekoblings-forsterk-
ninger for forskyvningen, hastigheten og strømmen til mate-
skruen 61. I tillegg er O_m en forsterkning ved åpen krets for
kraftforsterkeren i styrekretsen 6'. Her blir et avstands-
informasjonssignal $U_1(S)$ (= 0) gitt til kraftforsterkeren. En
aktuell krets av styrekretsen 6' kan konstrueres på samme måte
som på figur 3, og følgelig blir disse detaljer utelatt.

I den tilstand som er illustrert på figur 9, er de dynamiske
ligninger for denne som følger:

$$M_c \ddot{X}_c + (M_m + M_c) \ddot{X}_m = -D_m \dot{X}_m + K_m I_m - F_R \quad (8)$$

$$M_c (\ddot{X}_m + \ddot{X}_c) = -kx_c - D_c \dot{X}_c + B1I_c \quad (9)$$

$$L_m \dot{I}_m = -R_m I_m + E_m - K_m \dot{X}_m \quad (10)$$

$$L_c \dot{I}_c = -R_c I_c + E_c - B1\dot{X}_c \quad (11)$$

hvor X_c er forskyvningen av fingerpartiet 3-2;

X_m er forskyvningen av mateskruen 61;

E_c er spenningen i svingspolemotoren 7' (eller 7); og

E_m er spenningen til likestrømsmotoren 62.

I den tilstand som er illustrert på figur 9 blir kraft-
informasjonssignalet $U_2(S)$ gitt til svingspolemotoren 7' (eller

7), og avstands-informasjons-signalet $U_1(S)$ ($=0$) blir gitt til likestrømsmotoren 62. Resultatet er at svingpolemotoren 7' (eller 7) beveger fingerpartiet 3-2 ved en bestemt posisjon definert av anslaget 81, og følgelig blir x_c generert i forskyvningen av fingerpartiet 3-2. Derfor blir likestrømsmotoren 62 drevet av styrekretsen 6' for å redusere forskyvningen x_c ($X(S)$) av fingerpartiet 3-2. I dette tilfelle kan imidlertid forskyvningen x_c ikke være 0 selv når likestrømsmotoren 62 blir drevet, med mindre akselerasjonen til likestrømsmotoren 62 er meget stor. Til slutt berører fingerpartiet 3-2 en gjenstand, og som et resultat blir de dynamiske ligningene (8), (9), (10) og (11) endret som følger:

$$M_m \ddot{x}_c = -kx_c + BlI_c + K_m I_m - F_r - (D_m + D_c) \dot{x}_c \quad (12)$$

$$L_m \dot{I}_m = -R_m I_m + E_m - K_m \dot{x}_c \quad (13)$$

$$L_c \dot{I}_c = -R_c I_c + E_c - Blx_c \quad (14)$$

Dvs. at hvis en tidsinnstilling hvor fingerpartiet 3-2 berører gjenstanden er en første verdi ($t = 0$), er styresystemet som illustrert på figur 10. Hvis det her antas at forsterkningene med åpen sløyfe O_m og O_c for kraftforsterkerne er

$$O_m = O_c = \infty$$

Så er overføringsfunksjonen for hele systemet representert ved

$$\begin{aligned} & \frac{K_m}{I_m} U_1(S) + \frac{K_c}{I_c} U_2(S) \\ & = \left\{ M_m S^2 + \left(\frac{K_m}{I_m} V_m + \frac{K_c}{I_c} V_c \right) S + \frac{K_m}{I_m} P_m - \frac{K_c}{I_c} P_c + k \right\} X(S) \\ & + F_r(S) \end{aligned} \quad (15)$$

Siden $U_1(S)=0$, tilfredsstiller inngangen $U_2(S)$, friksjonskraften $F_r(S)$ og utgangen $X(S)$ følgende ligning:

$$\begin{aligned}
 X(S) = & \frac{K_C}{I_C} \cdot \frac{1}{M_m S^2 + \left(\frac{K_{mV}}{I_m} + \frac{K_{cV}}{I_c}\right)S + \frac{K_{mP}}{I_m} - \frac{K_{cP}}{I_c} + k} \cdot U_2(S) \\
 & - \frac{1}{M_m S^2 + \left(\frac{K_{mV}}{I_m} + \frac{K_{cV}}{I_c}\right)S + \frac{K_{mP}}{I_m} - \frac{K_{cP}}{I_c} + k} \cdot F_2(S)
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

Fra ligning (16) kan man således se at: i) hele styresystemet kan observeres og styres hvis

$$\frac{K_m}{I_m} P_m - \frac{K_e}{I_e} P_e + k > 0;$$

ii) en stabil posisjonsfeil blir generert for en trinnvis inngangsrespons;

iii) en stabil posisjonsfeil blir generert på grunn av friksjonskraften; og

iv) to aktuatorer, dvs. svingspolemotoren 7' (eller 7) og likestrømsmotoren 62 kan styres som en hybridmotor.

Dvs. at siden karakteristikene som er fastslått i i) til iv) er de samme som de i et system med bare én likestrømsmotor, inntreffer ingen forbedringer for posisjonsstyringen. Gripekraften $F(S)$ for fingerpartiet 3-2 representeres derimot av

$$F(S) = \frac{K_C}{I_C} U_2(S) - \frac{K_C}{I_C} (V_c S - P_c + \frac{I_C}{K_C} k) X(S) \tag{17}$$

Hvis derfor forskyvnings-tilbakekoblingsforsterkningen P_c blir innstilt av

$$P_c = \frac{I_C}{K_C} k \tag{18}$$

og forskyvningshastighet-tilbakekoblingsforsterkningen V_c er 0, så

$$F(S) = \frac{K_C}{I_C} U_2(S) \tag{19}$$

Dvs. at gripekraften $F(S)$ kan styres uansett forskyvningen $X(S)$, og den kan også styres uten tidsforsinkelse og en stabil posisjonsfeil. Etter at fingerpartiet 3-2 berører gjenstanden, er det med andre ord mulig å nøyaktig styre en fin gripekraft uansett den stabile posisjonsfeil for likestrømsmotoren 62.

Legg merke til at selv når hastighets-tilbakekoblingsforsterkningen V_c er 0, er dempningskoeffisienten for hele systemet ikke 0 på grunn av dempningskoeffisienten D_c , som imidlertid er meget liten, slik at systemet er stabilt.

For å tilfredsstille ligning (18), er det nødvendig med et lineært forhold mellom fjærkonstanten k for de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 og utgangen fra forskyvningsføleren. Siden de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 har en liten skjærmodul i én retning, og følgelig ikke blir utsatt for torsjon, kan strekklappene 5-1 og 5-2 som forskyvningsføler nøyaktig detektere fjærkonstanten k for fjærene 4-1 og 4-2.

I den tredje utførelsesformen er det derfor mulig nøyaktig å styre en kraft innbefattende en stor kraft og en meget liten kraft uten hensyn til ytre forstyrrelser slik som friksjon. Siden en gjenstand også blir grepet under den betingelse at forskyvningen av fjærene er nesten null, gnis ikke mateskruen 61 og hun-skruedelen av fingerpartiene 3-1 og 3-2 mot hverandre, og derved forbedres disses varighet.

Det fremgår av ligningene (16) og (18) at responshastigheten til robothånden på figur 7 (eller figur 8) er avhengig av posisjons-tilbakekoblingsforsterkningen P_m til likestrømsmotoren 62. Styresystemet er generelt ustabilt, dvs. i en oscillerende tilstand når forsterkningen P_m er stor, imidlertid kan en slik oscillerende tilstand undertrykkes ved hjelp av friksjonskraften $F_r(S)$. Siden gripekraften til robothånden derfor i den tredje utførelsesform ikke blir påvirket av posisjonsfeilen på grunn av friksjonskraften $F_r(S)$, kan friksjonskraften $F_r(S)$ være moderat stor for derved å øke responshastigheten. Siden en skruemekanisme slik som mateskruen 61 blir brukt i robothånden på figur 7, genererer bevegelsen av mateskruen 61 i dette henseendet en stor friksjonskraft for derved å øke responshastigheten.

Figurene 11 til 15 illustrerer en modifikasjon av robothånden på figur 7. Nærmere bestemt er figur 12 et sideriss av

robothånden på figur 11 og figur 13 er et tverrsnitt tatt langs linjen A-A'. Figurene 14 og 15 svarer også henholdsvis til figurene 11 og 12. Dvs. at på figurene 11 og 12 er svingspolemotoren 7' utelatt, men på figurene 14 og 15 er svingspolemotoren 7' vist. Som vist på figurene 11 og 14 er det anordnet et fremspring 1101 på utsiden av fingerpartiet 3-2. Når der for mateskruen 61 blir dreiet for å bevege fingerpartiet 3-2 mot utsiden, er fremspringet 1101 i kontakt med en sideplate 1102 som er anordnet på en sokkel 1103 for robothånden. Åpningen av robothånden blir derfor også utført ved hjelp av en kraftstyremodus. Det vil si at på figurene 9 og 10 når et negativt kraftinformasjons-signal blir gitt som $U_2(S)$, blir fingerpartiet 3-2 beveget mot utsiden ved hjelp av svingspolemotoren 7' (eller 7), slik at forskyvningen av fingerpartiet 3-2 blir detektert ved hjelp av de parallelle platefjærene 4-1 og 4-2 og blir overført til styrekretsen 6' for styring av likestrømsmotoren 62. Resultatet er at likestrømsmotoren 62 driver mateskruen 61 for å bevege fingerpartiet 3-2 mot utsiden. Når så fremspringet 1101 av fingerpartiet 3-2 er i kontakt med sideplaten 1102, er forskyvningen av fingerpartiet 3-2 gjenopprettet og forskyvningen av fjærene 4-1 og 4-2 er gjenopprettet for derved å stoppe likestrømsmotoren 62.

På figur 16A som er en modifikasjon av fingerpartiene 3-1 og 3-2 på figur 7, er fingerpartiene 3-1' og 3-2' utformet for å gripe en gjenstand slik som en sylindrisk gjenstand 8', som vist på figur 16B. Ved griping av en slik gjenstand 8' blir et negativt kraftinformasjons-signal gitt som $U_2(S)$ på figurene 9 og 10. Legg merke til at andre modifikasjoner er mulige for formen av fingerpartiene 3-1 og 3-2.

På figur 17 som er ytterligere en annen modifikasjon av robothånden på figur 7, er fingerpartiene 3-1 og 3-2 montert på mateskruen 61 ved å føre mateskruen 61 inn i hun-skruedelene 171-1 og 171-2 av fingerpartiene 3-1 og 3-2. I tillegg er hun-skruedelene 171-1 og 171-2 av fingerpartiene 3-1 og 3-2 forsterket ved hjelp av muttere 172-1 og 172-2, og i dette tilfelle elastiske elementer 173-1 og 173-2 som f.eks. er laget av gummi, er innført mellom disse. Det vises til figur 18 som er et delvis tverrsnitt av det elastiske element 173-2 på figur 17, hvorav det fremgår at det elastiske element 173-2

genererer krefter som antydnet ved hjelp av piler, for derved å unngå dødgang mellom hundelene 171-1 og 171-2 på fingerpartiene 3-1 og 3-2 og mateskruen 61. En slik dødgangsfri konstruksjon er nyttig når det gjelder å regulere en forutbestemt friksjonskraft $F_r(S)$.

På figur 19 som er en fjerde utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, er en vinkelkoder 63' og en styrekrets 19 tilføyet elementene på figur 7 for å måle bredden av et grepet objekt. Legg merke til at styrekretsene 6 og 6' er utelatt fra figur 19. Styrekretsen 19 omfatter en forsterker 191 for forskyvningssignalet fra strekkklappene 5-1 og 5-2, en analog/digital-omformer 192, en sentralenhet (CPU) 193 og en teller 194 for telling av utgangssignalet fra vinkelkoderen 63'.

Målingen av bredden av en gjenstand blir utført på følgende måte. Først blir det innstilt et null-punkt, dvs. fingerpartiene 3-1 og 3-2 blir lukket uten noen gjenstand mellom seg. På dette tidspunkt blir telleren 194 tømt og forskyvningssignalet fra strekkklappene blir lagret som en innledende forskyvningsverdi D_0 i minnet (ikke vist). Når så en gjenstand gripes på samme måte som forklart ovenfor, henter sentralenheten 193 verdien D av forskyvningssignalet fra strekkklappene og verdien C fra telleren 194 og beregner bredden W ved hjelp av

$$W = C + \alpha(D - D_0)$$

hvor α er en eksperimentelt bestemt konstant. På denne måten kan bredden av en gjenstand, slik som en myk gjenstand, lett måles.

På figur 20 som er en femte utførelsesform av den foreliggende oppfinnelse, er et taktilt apparat illustrert. Figur 21 viser også et tverrsnitt gjennom det taktile apparatet på figur 20, og figur 22 er en forstørret skisse av svingspolemotoren på figur 21.

Det vises til figurene 20, 21 og 22 hvor referansetallene 101 betegner en kontaktsonde, 102 en svingspolemotor, 103 to parallelle platefjærer, 104 et anslag, 105 en bevegelig del av en bevegelig mekanisme, 106 et hus, 107 en robotarm, 108 en strekkklapp, 109 en mateskrue for den bevegelige mekanisme, 110

en mutterdel av den bevegelige mekanisme 111, 112 lagre, 113 en likestrømsmotor, 114 en vinkelkoder, 115 et anslag og en føring for mutterpartiet 110, og 116 en styrekrets som omfatter to styrekretser 116, 1162 for å styre svingspolemotoren 102 og likestrømsmotoren 113, og en styrekrets 1163 for måling av dimensjonen.

Det vises til figur 22 hvor svingspolemotoren 102 omfatter et åk 1021, permanentmagneter 1022 som er montert på åket 1021, en bevegelig del 1023, en spole 1024 som er viklet på den bevegelige del 1023 og et anslag 1025 for å stoppe den bevegelige del 1023.

Kontaktsonden 101 er montert på den bevegelige del 1023, og følgelig kan kontaktsonden 101 komme i kontakt med en gjenstand 117 med en forutbestemt kraft. Den bevegelige del 1023 av svingspolemotoren 102 er understøttet ved hjelp av de parallelle platefjærer 103. Derfor blir de parallelle platefjærene 103 forskjøvet av kraften fra svingspolemotoren 102 og den reaktive kraft fra kontaktsonden 101. På den annen side er åket 1021 i svingspolemotoren 102 montert på den bevegelige del 105 av den bevegelige mekanisme, og i tillegg er sokkelen for de parallelle platefjærene 103 montert på den bevegelige mekanisme.

Det vises nå til figurene 21 og 22 hvor strekklappen 108 er festet til de parallelle platefjærene 103. Når derfor de parallelle platefjærene 103 blir forskjøvet, og en torsjon blir generert i disse, blir forskyvningen av fjærene 103 detektert ved hjelp av strekklappen 108 som overfører en utgang til styrekretsen 116. Den bevegelige del av den bevegelige mekanisme er koblet til mateskruen 109 ved dennes mutterdel 110, og følgelig driver likestrømsmotoren 113 den bevegelige del 105 med et stort slag. Den bevegelige del 105 er glidbart forbundet via det lineære lager 111 til anslaget/føringen 115 som er festet til huset 106. Anslaget/føringen 115 stanser dreiningen av mutterdelen 110. Rotasjonsvinkelen for likestrømsmotoren 113 som detekteres ved hjelp av vinkelkoderen 114, står i forhold til bevegelsesmengden til den bevegelige del 105 som drives av mateskruen 109.

På samme måte som i den tidligere nevnte utførelsesform, har svingspolemotoren 102 ingen friksjonsmekanisme, mens den

bevegelige mekanisme ved hjelp av likestrømsmotoren 113, mateskruen 109 og lignende inneholder friksjon.

På figur 20 mottar styrekretsen 1161 utgangssignalet fra strekkklappen 108 for å styre svingspolemotoren 102, mens styrekretsen 1162 mottar utgangssignalet fra strekkklappen 108 for å styre likestrømsmotoren 113. Det vil si at styrekretsene 1161 og 1162 svarer til styrekretsene 6 og 6' på figur 7. Styrekretsen 1163 er også maken til styrekretsen 19 på figur 19.

Styresystemet for det taktile apparatet på figurene 20, 21 og 22 er illustrert på figur 23 som tilsvarende figur 9 bortsett fra at analoge koblingsanordninger SW1 og SW2 for koblingsoperasjoner er tilveiebragt. Det dynamiske systemet til det taktile apparatet på figur 23 viser den tilstand hvor kontaktsonden 101 ikke er i kontakt med gjenstanden 117. Når kontaktsonden 101 er i kontakt med gjenstanden 117 blir det dynamiske systemet til det taktile apparatet erstattet av det dynamiske system som er vist på figur 10.

På figur 23 blir et bevegelses-indikasjonssignal $U(S)$ gitt bare til styrekretsen 1161. Forskyvningen $X(S)$ av svingspolemotoren 102 blir også tilbakekoblet positivt til denne, mens forskyvningen $X(S)$ av svingspolemotoren 102 blir negativt tilbakekoblet til likestrømsmotoren 113. Dvs. at hvis tilstanden til de analoge koblingsanordningene SW1 og SW2 er som illustrert på figur 23, er virkemåten av det taktile apparatet på figur 20 det samme som for robøthånden på figur 7.

Frengangsmåten for måling av tredimensjonal form vil bli forklart

1) Innstilling av innledende kontakttrykk.

Den kraft som skyldes den bevegelige del 1023 av svingspolemotoren 102 og som påføres den parallelle platefjæren 103 er avhengig av stillingen av svingspolemotoren 102. Hver gang stillingen av svingspolemotoren 102 forandres, er det derfor nødvendig å forandre det innledende kontakttrykk. Dvs. at etter at stillingen av kontaktsonden 1 er innstilt, blir de analoge koblingsanordningene SW1 og SW2 koblet slik at forskyvningen $X(S)$ av svingspolemotoren 102 blir negativt tilbakekoblet til disse, og tilbakekoblingsgraden av forskyvningen $X(S)$ til likestrømsmotoren 113 er null. Resultatet er at når de parallelle platefjærene 103 blir holdt i en nøytral tilstand

i hvilken strømmen $I(S)$ som flyter gjennom spolen 1024 i svingspolemotoren 102, genererer en kraft i balanse med vekten av svingspolemotoren 102, idet en slik strøm $I(S)$ blir lagret som det innledende kontaktrykk i minnet (ikke vist) av styrekretsen 1163. Den innledende trykkverdi blir således addert til en trykkindikasjonsverdi, for derved å tilveiebringe et forutbestemt kontaktrykk.

2) Innstilling av innledende dimensjon.

I dette tilfelle blir de analoge koblingsanordningene SW1 og SW2 omkoblet til en målemodus, dvs. at tilstanden av de analoge koblingsanordningene SW1 og SW2 er den samme som vist på figur 23. Resultatet er at forskyvningen $X(S)$ av svingspolemotoren 102 blir positivt tilbakekoblet, og forskyvningen $X(S)$ av svingspolemotoren 102 blir positivt tilført likestrømsmotoren 113. Når styrekretsen 1163 detekterer at huset 106 blir trykket mot anslaget 104 med et bestemt trykk, tømmer styrekretsen 1163 telleren (se figur 19) og lagrer forskyvningen av svingspolemotoren 102 som den innledende dimensjon i minnet.

3) Måling.

Etter fullføring av trinn 1) og 2) er det mulig å måle en gjenstand med mindre stillingen av svingspolemotoren 102 er forandret. Dvs. at den målte dimensjon blir bestemt ved hjelp av summen eller differansen av bevegelsesmengden av mateskruen 109 og forskyvningen av de parallelle platefjærene 103.

Ifølge det taktile apparat som er vist på figurene 20, 21 og 22 er det mulig å understøtte kontaktsonden 1 med en meget liten kraft i størrelsesorden pond. Siden innstillingsposisjonen av kontaktsonden heller ikke er strengt fiksert, er det lett å utføre en innledende innstilling for derved å muliggjøre automatisering av dimensjonsmålingene. Selv hvis en gjenstand er forholdsvis myk, er det likevel mulig å måle dimensjonen av gjenstanden uten å ødelegge den.

Det ovenfor nevnte kraftgenererende apparat, gripeapparatet eller det taktile apparatet, kan brukes individuelt og innbygges i et robotsystem. Legg merke til at det kraftgenererende apparat svarer til gripeapparatet som har bare et fingerparti, slik som 3-2.

Et robotsystem som innbefatter et kraftgenererende apparat er illustrert på figur 24. På figur 24 betegner henvisnings-

tallet 201 en robotsokkel med en x-akse drivmotor, 202 en arm med en z-akse drivmotor, 203 en arm med en y-akse drivmotor, 204 en hånd, 205 et todimensjonalt kraftgenererende apparat med to slags svingspolemotorer og 206 en styrekrets. Styrekretsen 206 omfatter et betjeningspanel 2061, et minne 2062, en sentralenhet 2063, en styrekrets 2064 for håndposisjonen, en håndposisjonskrets 2065, en drivkrets 2066 og en håndstyrekrets 2067. Under en posisjons-styremodus mottar posisjons-styrekretsen 2064 posisjonens indikasjons-signaler fra sentral-enheten 2063 for derved å styre drivkretsen 2066 for å drive robotsokkelen 201 og armene 202 og 203. Under en kraftstyremodus er imidlertid posisjonsindikasjons-signalerne fra sentralenheten 2063 med hensyn til x- og y-aksen lik null, slik at posisjonsstyre-kretsen 2064 styrer drivkretsen 2066 ved å motta forskyvningen $X(S)$ og $Y(S)$ fra svingspolemotorene som er innbefattet i det kraftgenererende apparat 205. I dette tilfelle blir forskyvningen $X(S)$ vedrørende x-aksen positivt tilbakekoblet til svingspolemotoren for x-aksen, imidlertid blir forskyvningen $X(S)$ negativt tilbakekoblet til x-akse drivmotoren. Likeledes blir forskyvningen $Y(S)$ vedrørende y-aksen positivt tilbakekoblet til svingspolemotoren for y-aksen, imidlertid blir forskyvningen $Y(S)$ negativt tilbakekoblet til y-aksens drivmotor.

Det vises til figur 25 som er en detaljert skisse av det todimensjonale kraftgenererende apparat på figur 24, hvor henvisningstallene 2051 og 2052 betegner sokler festet til armen 203 og hånden 204, 4X og 4Y er fjærer av platetypen i x- og y-retningene, 5X og 5Y er strekkklapper i x- og y-retningene, 72X og 72Y er permanentmagneter, og 74X og 74Y spoler i henholdsvis x- og y-retningene. I dette tilfelle utgjør permanentmagnetene 72X og spolen 74X en svingspolemotor for X-retningen, og permanentmagnetene 72Y og spolen 74Y utgjør en svingspolemotor for y-retningen.

I utførelsesformen på figur 20 hvor et todimensjonalt kraftgenererende apparat blir brukt, er det imidlertid mulig å bruke et tredimensjonalt kraftgenererende apparat som har tre svingspolemotorer.

Når videre det taktile apparat i henhold til den foreliggende oppfinnelse er innbefattet i et robotsystem, kan de

167366

24

absolutte koordinater for en gjenstand lett finnes ved å addere koordinatene for robotarmen til verdien fra vinkelkoderen for likestrømsmotoren i det taktile apparat.

P A T E N T K R A V

1. Kraftgenererende apparat for påføring av en kraft til en gjenstand som reaksjon på et kraftinformasjons-signal, k a r a k t e r i s e r t v e d et sokkelorgan (2), et fjærende organ (4-1, 4-2) som er festet til sokkelorganet, et bevegelig organ (3-2) som er festet til det fjærende organ for påføring av kraften som tilsvare kraftinformasjons-signalet til objektet, detekteringsanordninger (5-1, 5-2) anordnet i det fjærende organ for å detektere dets forskyvning, en driv-anordning (7) for å drive det bevegelige organ, og en styre-anordning (6) som er koblet til detekteringsanordningen og til drivanordningen for å styre drivanordningen ved positiv tilbakekobling av forskyvningen av det fjærende organ, for å motvirke den reaktive kraft som skyldes forskyvningen av det fjærende organ som påføres gjenstanden, hvorved det bevegelige organ hovedsakelig påfører bare den kraft som svarer til kraftinformasjon-signalet til gjenstanden, og idet driv-anordningen (7) omfatter en motor, hvor et bevegelig element i motoren er koblet til det bevegelige organ (3-2), og et fast element i motoren er koblet til sokkelorganet (2).

2. Gripeapparat for griping av en gjenstand innbefattende et kraftgenererende apparat ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d fingeranordninger som innbefatter sokkelorganet (2), det fjærende organ (4-1, 4-2), det bevegelige organ (3-2), detekteringsanordningene (5-1, 5-2) og drivanordningen (7).

3. Taktilt apparat, k a r a k t e r i s e r t v e d et sokkelorgan (105), et fjærende organ (103) som er festet til sokkelorganet, et bevegelig organ (1023) festet til det fjærende organ, en kontaktsonde (101) montert på det bevegelige organ for å påføre en kraft som svarer til forutbestemt kraftinformasjon til en gjenstand, en detekteringsanordning (108) anordnet i det fjærende organ for å detektere forskyvning av dette, en drivanordning (102) for å drive det bevegelige organ, en styreanordning koblet til detekteringsanordningen og

til drivanordningen for å styre drivanordningen ved hjelp av positiv tilbakekobling av forskyvningen av det fjærende organ, for å motvirke den reaktive kraft som skyldes forskyvningen av det fjærende organ som påføres gjenstanden, hvorved det bevegelige organ hovedsakelig påfører bare den kraft som svarer til kraftinformasjonssignalet til gjenstanden, samt en måle-anordning som er forbundet med detekteringsanordningen, for å måle formen av gjenstanden ved hjelp av utgangen fra detekteringsanordningen, og ved at drivanordningen (102) omfatter en motor, hvor et bevegelig element i motoren er koblet til det bevegelige organ (1023), og et fast element i motoren er koblet til sokkeleorganet (105).

4. Apparat ifølge noen av de foregående krav, karakterisert ved at motoren er en lineær motor (7,102).
5. Apparat ifølge noen av de foregående krav, karakterisert ved at motoren er en svingspolemotor (7,102).
6. Apparat for håndtering av gjenstander, karakterisert ved en bevegelig mekanisme (61), et kraftgenererende apparat montert på en bevegelig mekanisme og omfattende et sokkelorgan, et fjærende organ (4-1, 4-2) som er festet til sokkelorganet, et bevegelig organ (3-2) som er festet til det fjærende organ for påføring av en kraft som tilsvarende et kraftinformasjons-signal til en gjenstand, en detekteringsanordning (5-1, 5-2) som er anordnet i det fjærende organ for å detektere dettes forskyvning, og en første driv-anordning (7') for å drive det bevegelige organ, idet apparatet videre omfatter en første styreanordning (6) som er koblet til detekteringsanordningen og til den første drivanordning for å styre den første drivanordning ved hjelp av positiv tilbakekobling av forskyvningen av det fjærende organ til denne, for å motvirke den reaktive kraft som skyldes forskyvningen av det fjærende organ som påføres gjenstanden, hvorved det bevegelige organ hovedsakelig påfører bare den kraft som svarer til

kraftinformasjonssignalet til gjenstanden, og en annen driv-
anordning (62) for å drive den bevegelige mekanisme og en annen
styreanordning (64) for å styre den annen drivanordning, og ved
at den første drivanordningen (7') omfatter en motor, hvor et
bevegelig element i motoren er koblet til det bevegelige organ
(32), og et fast element i motoren er koblet til sokkelorganet .

7. Apparat ifølge krav 6, k a r a k t e r i s e r t
v e d en annen detekteringsanordning (63) som er forbundet
med den annen drivanordning (62) for å detektere forskyvningen
av den bevegelige mekanisme (61), idet den annen styreanordning
mottar et posisjonsindikasjons-signal og et posisjonsdetekter-
ings-signal fra den annen detekteringsanordning for å styre den
annen drivanordning slik at det posisjonsdetekterende signal
faller sammen med det posisjons-indikerende signal.

8. Apparat ifølge krav 6, k a r a k t e r i s e r t v e d
at den annen styreanordning (64) er forbundet med detekterings-
anordningen for å styre den annen drivanordning (62) ved hjelp
av negativ tilbakekobling av forskyvningen av det fjærende
organ til denne.

9. Apparat ifølge noen av kravene 6-8,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den bevegelige mekanisme
er en robotarm.

10. Apparat ifølge krav 6 eller krav 9,
k a r a k t e r i s e r t v e d et gripeapparat som har
fingeranordninger montert på den bevegelige mekanisme og som
innbefatter sokkelorganet, det fjærende organ (4-1, 4-2), det
bevegelige organ (3-2), detekteringsanordningen (5-1, 5-2) og
den første drivanordning (7').

11. Robotapparat med en arm (107) og et taktilt apparat
montert på enden av armen, k a r a k t e r i s e r t v e d
at det taktile apparat omfatter et sokkelorgan (105), et
fjærende organ som er festet til sokkelorganet, et bevegelig
organ (1023) som er festet til det fjærende organ, en første

167366

28

drivanordning (102) for å drive det bevegelige organ, en kontaktsonde (101) som er montert på det bevegelige organ for å påføre en gjenstand en kraft som svarer til et forutbestemt kraftinformasjonssignal, og en første detekteringsanordning (108) anordnet i det fjærende organ, for å detektere dettes forskyvning, idet apparatet videre omfatter en første styreanordning (1161) som er forbundet med den første detekteringsanordning og den første drivanordning for å styre den første drivanordning ved positiv tilbakekobling av forskyvningen av det fjærende organ til denne, for å motvirke den reaktive kraft som skyldes forskyvningen av det fjærende organ og som påføres gjenstanden, hvorved det bevegelige organ i det vesentlige påfører gjenstanden bare den kraft som tilsvarer kraftinformasjons-signalet, en annen drivanordning (113) for å drive armen, og en annen styreanordning (1162) som er forbundet med den annen drivanordning og med den første detekteringsanordningen for å styre den annen drivanordning ved negativ tilbakekobling av forskyvningen av det fjærende organ til denne, en annen detekteringsanordning (114) som er koblet til den annen drivanordning, for å detektere forskyvningen av det bevegelige organ, og en måleanordning (1163) som er koblet til den første og den annen detekteringsanordning for å måle formen av gjenstanden ut fra utgangsignalene fra den første og den annen detekteringsanordning, og ved at den første drivanordning (102) omfatter en motor, hvor et bevegelig element i motoren er koblet til det bevegelige organ (1023), og et fast element i motoren er koblet til sokkelorganet (105).

12. Apparat ifølge noen av kravene 6-11,

k a r a k t e r i s e r t v e d at den bevegelige mekanismen omfatter en mateskrue (61) som er påmontert det kraftgenererende apparat.

13. Apparat ifølge krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at mateskruen (61) har et venstre skrueparti og et høyre skrueparti på ett av hvilke partier det bevegelige organ (171-2) er montert og på hvilket annet parti fingeranordningen er montert.

14. Apparat ifølge krav 13, k a r a k t e r i s e r t v e d at den bevegelige mekanisme videre omfatter to muttere (172-1, 172-2) montert på mateskruen (61) for å justere det bevegelige organ og fingeranordningen.
15. Apparat ifølge krav 14, k a r a k t e r i s e r t v e d at den bevegelige mekanisme videre omfatter to fjærende organ (173-1, 173-2) som er innført mellom det bevegelige organ og fingeranordningen og den respektive mutter (172-1, 172-2).
16. Apparat ifølge noen av kravene 6-15, k a r a k t e r i s e r t v e d at den annen drivanordning (62) omfatter en likestrømsmotor.
17. Apparat ifølge noen av kravene 6-16, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første drivanordningen (7, 102) omfatter en lineær motor.
18. Apparat ifølge noen av kravene 6-16, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første drivanordning (7, 102) omfatter en svingspolemotor.
19. Apparat ifølge krav 5 eller 18, k a r a k t e r i s e r t v e d at svingspolemotoren (7) omfatter en spole (73') av platetypen, og minst to permanentmagneter (71, 72) av platetypen på hver side av spolen.
20. Apparat ifølge krav 19, k a r a k t e r i s e r t v e d at permanentmagnetene (71, 72) er koboltmagneter.
21. Apparat ifølge krav 19 eller 20, k a r a k t e r i s e r t v e d at svingspolemotoren (7') videre omfatter en spoleform (74') av aluminium.
22. Apparat ifølge krav 21, k a r a k t e r i s e r t v e d at spoleformen av aluminium (74') er laget ved hjelp av en alumit-prosess.

167366

30

23. Apparat ifølge noen av kravene 19 til 22, k a r a k t e r i s e r t v e d at svingspolemotoren (7') videre omfatter en ikke-magnetisk plate (76') som har åpninger (76'a, 76'b) for opptagelse av de platformede permanentmagneter (72-2).

24. Apparat ifølge noen av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at det kraftgenererende apparat er todimensjonalt.

25. Apparat ifølge noen av de foregående krav 1-23, k a r a k t e r i s e r t v e d at det kraftgenererende apparat er tredimensjonalt.

26. Apparat ifølge noen av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at det fjærende organ (4-1, 4-2; 103) omfatter bladfjæranordninger.

27. Apparat ifølge noen av kravene 1-25, k a r a k t e r i s e r t v e d at det fjærende organ omfatter parallelle platefjærer.

28. Apparat ifølge noen av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at detekteringsanordningen (5-1, 5-2; 108) omfatter strekklapp-anordninger.

29. Apparat ifølge krav 3, k a r a k t e r i s e r t v e d en bevegelig mekanisme (110) for å bevege sokkelorganet (105), en ytterligere drivanordning (113) for å drive den bevegelige mekanisme og en ytterligere styreanordning (1162) som er forbundet med den ytterligere drivanordning og med detekteringsanordningen, for å styre den ytterligere drivanordningen ved negativ tilbakekobling av forskyvningen av det fjærende organ (103) til denne.

30. Apparat ifølge krav 29, k a r a k t e r i s e r t v e d en ytterligere detekteringsanordning (114) som er koblet til den ytterligere drivanordning (113), for å detektere forskyvning-

en av den bevegelige mekanisme, idet måleanordningen er forbundet med den ytterligere detekteringsanordning for å måle formen av gjenstanden ved hjelp av utgangene fra detekteringsanordningen og den ytterligere detekteringsanordning.

Fig. 1

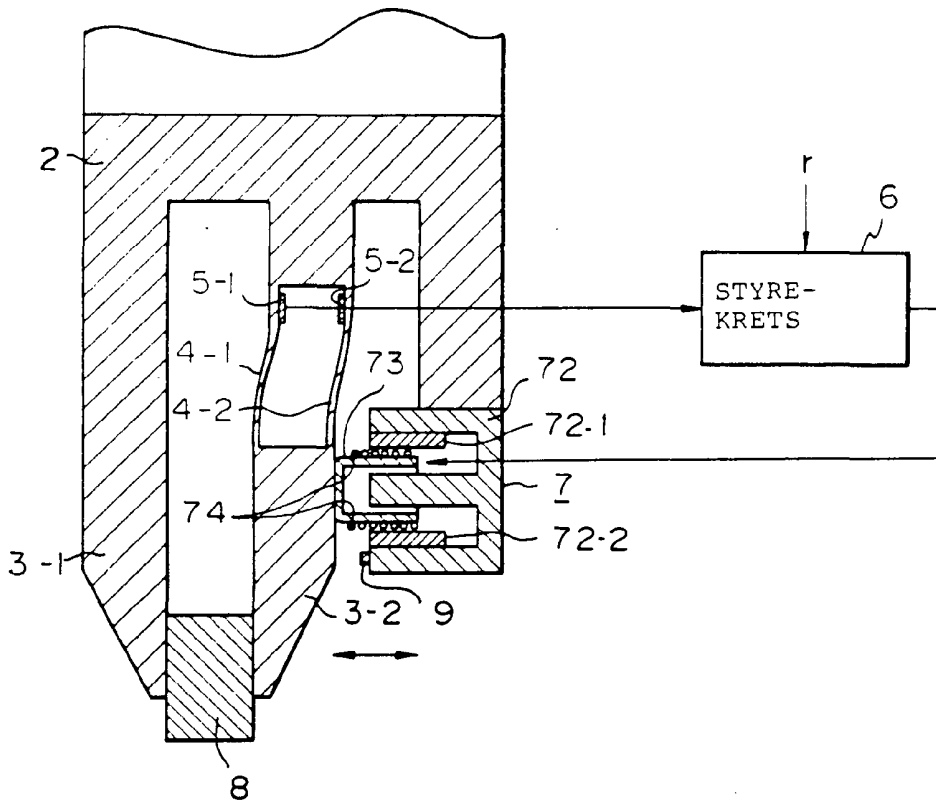


Fig. 2

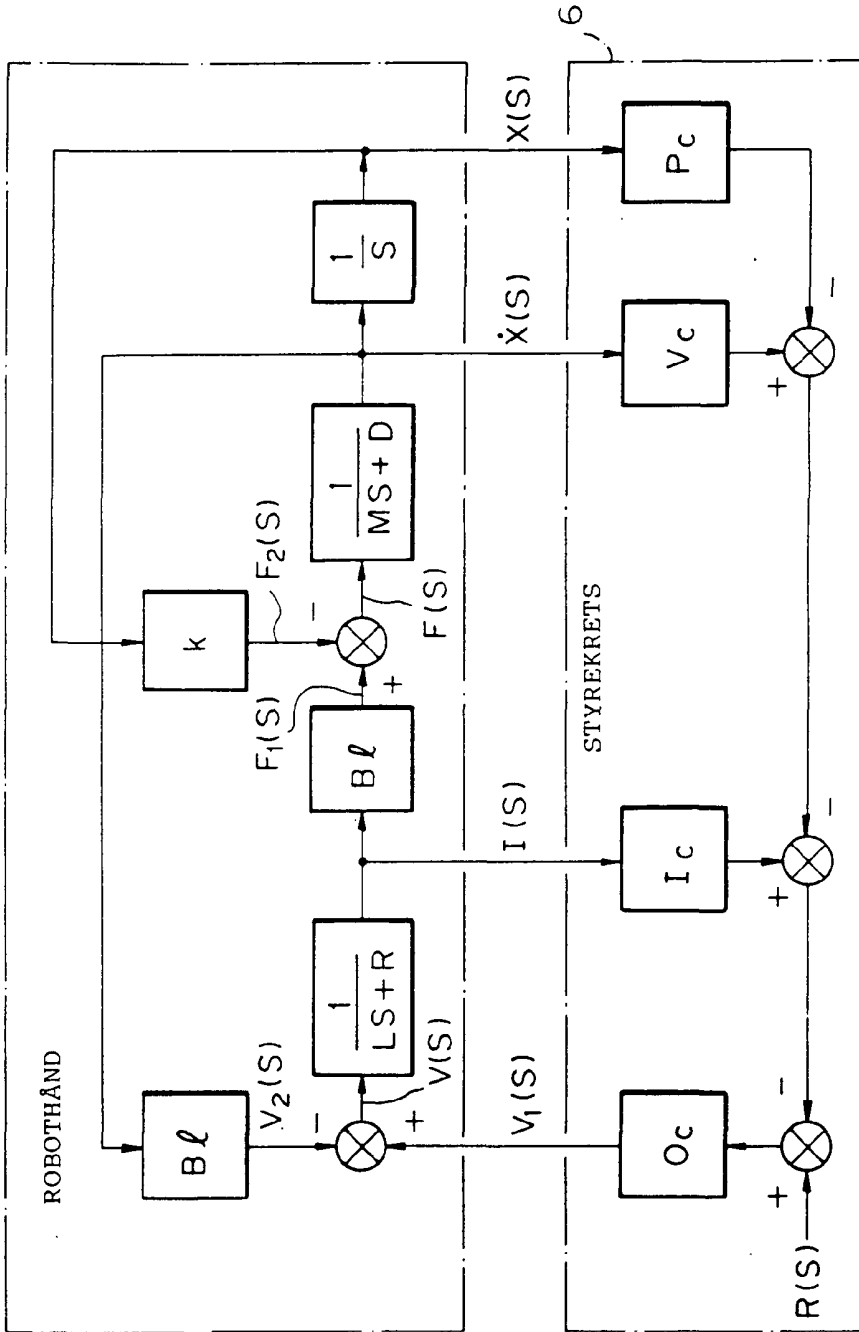


Fig. 3

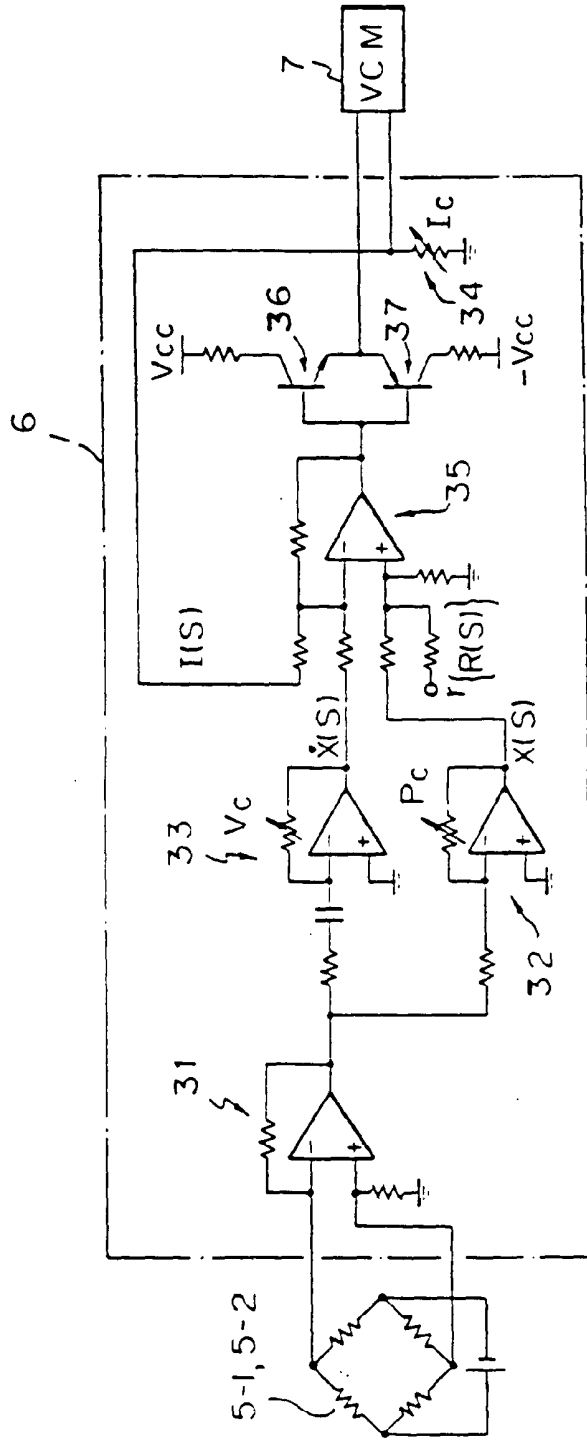


Fig. 4

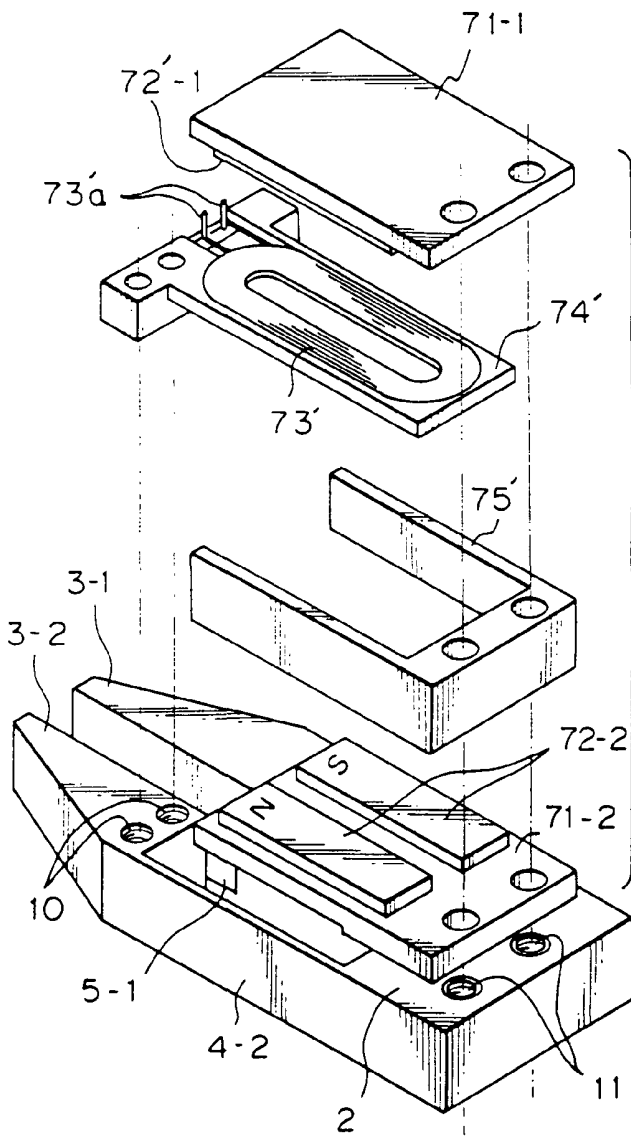


Fig. 5

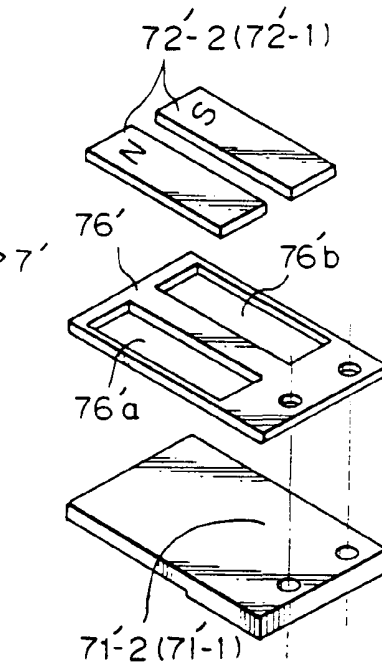


Fig. 6

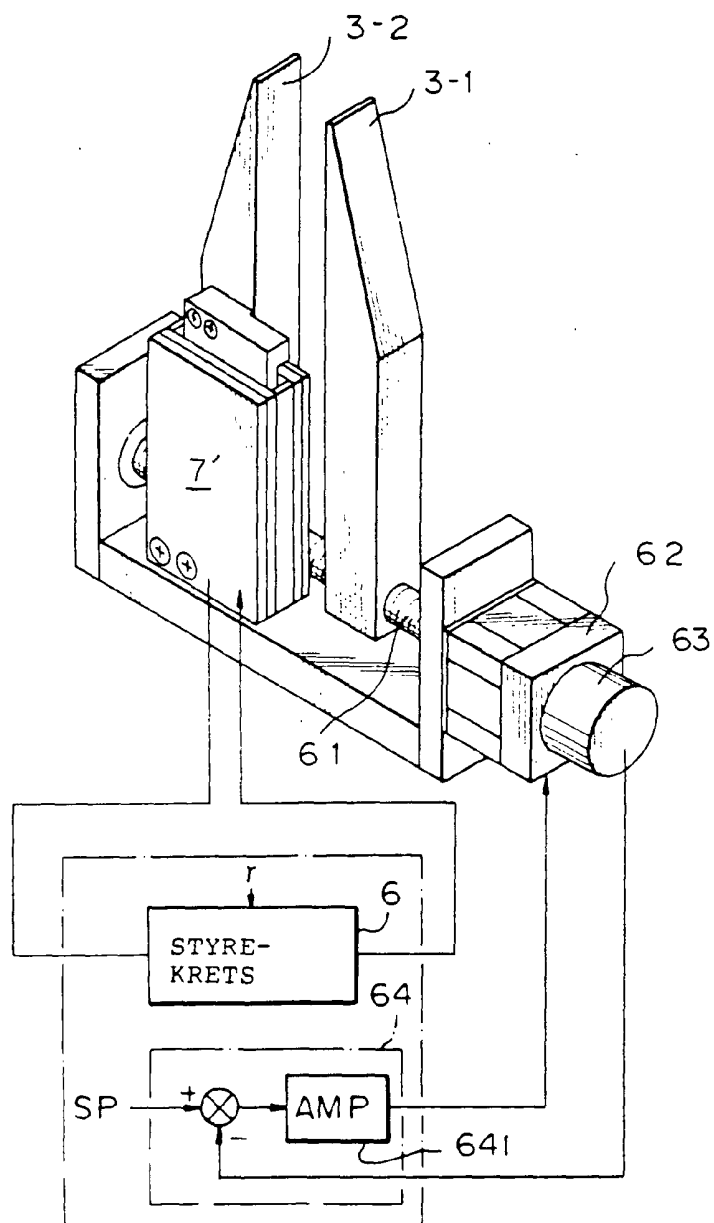


Fig. 7

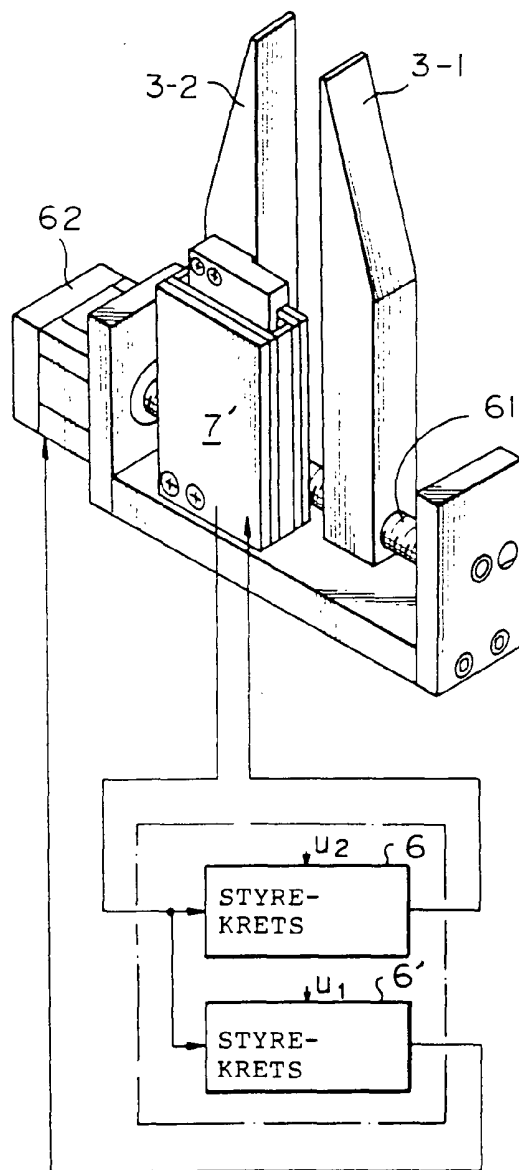


Fig. 8

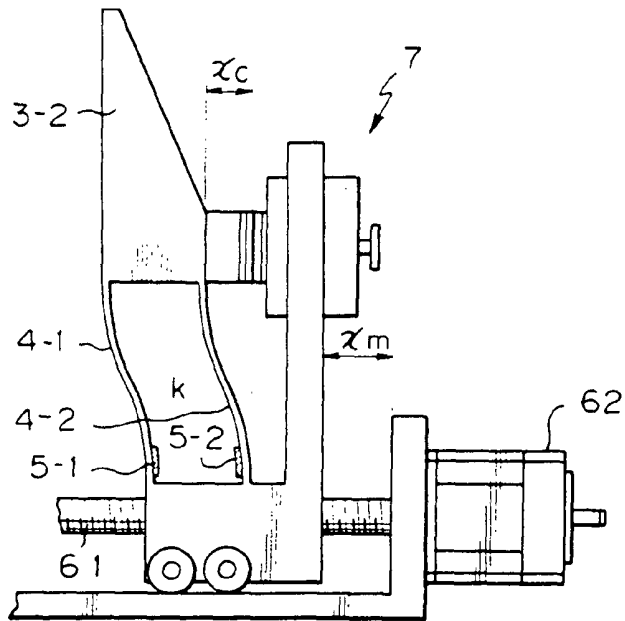


Fig. 9

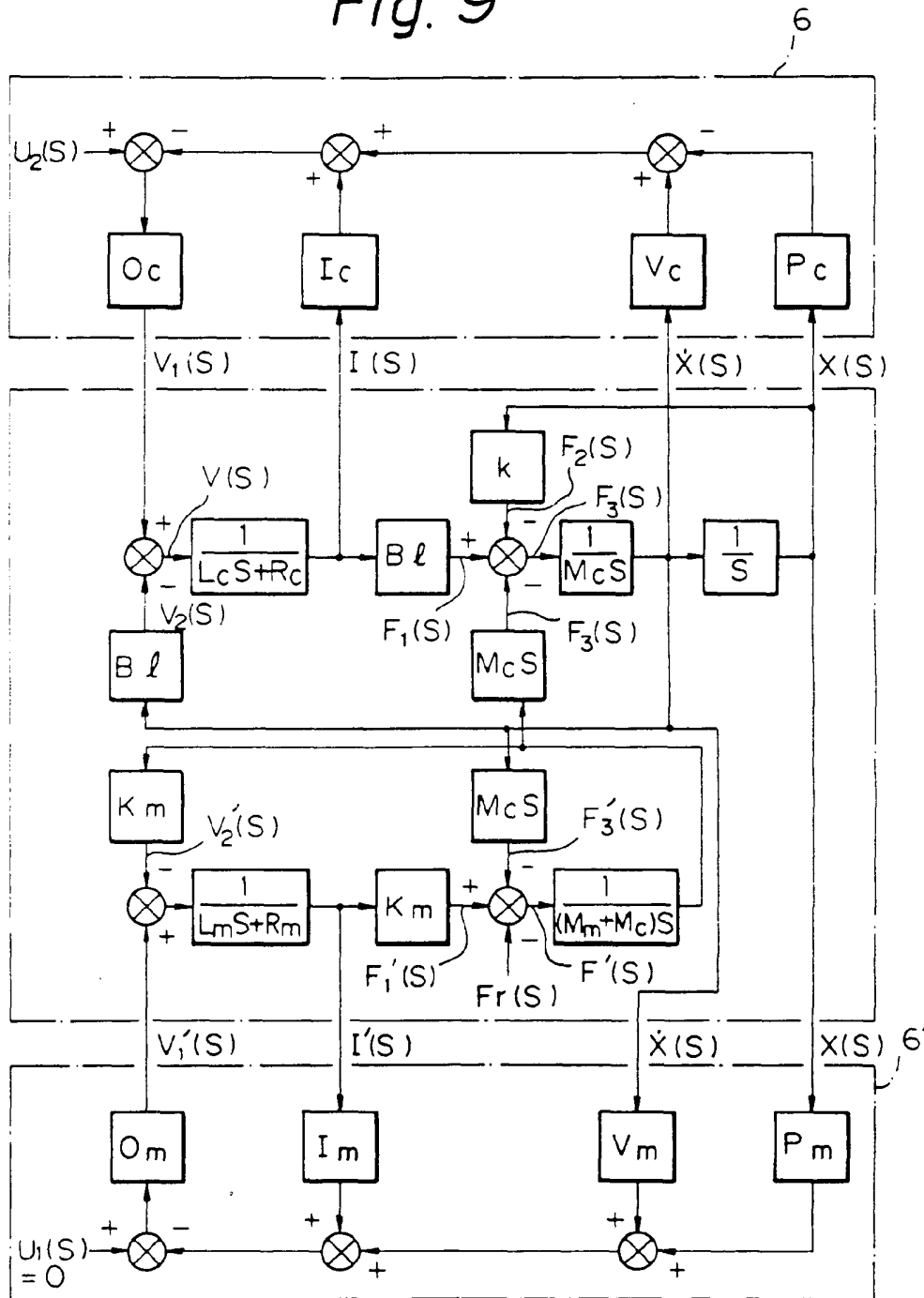
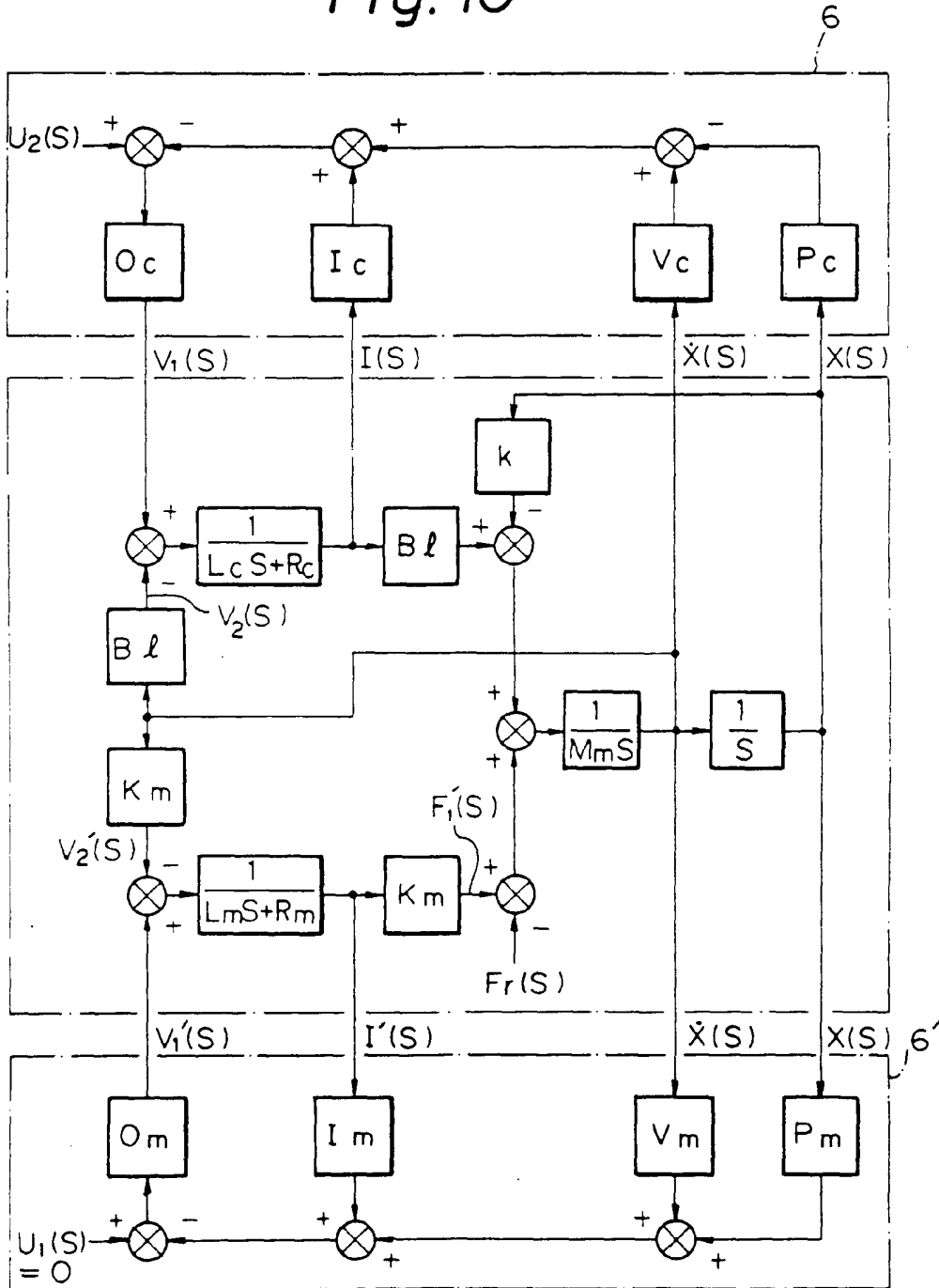


Fig. 10



10

Fig. 11

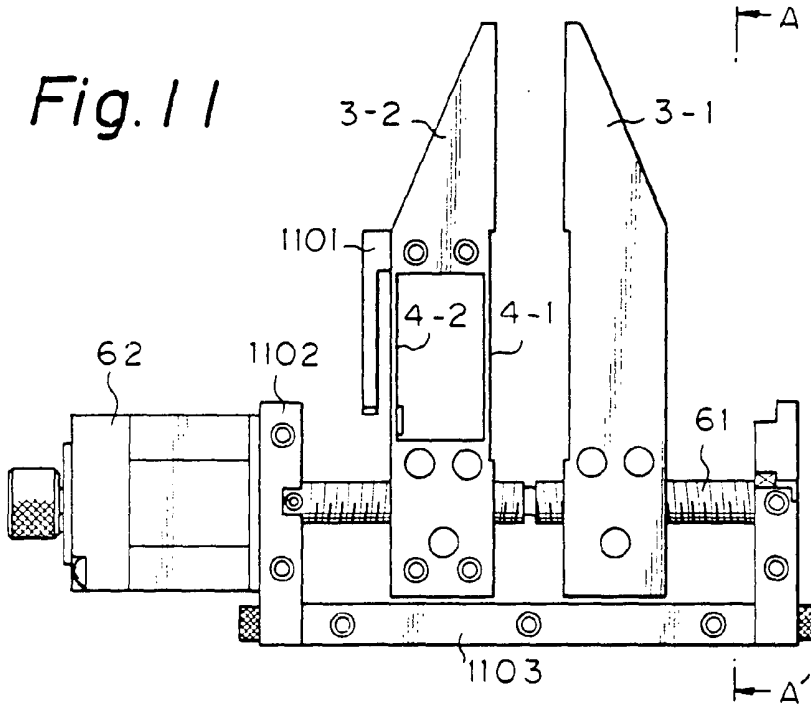


Fig. 12

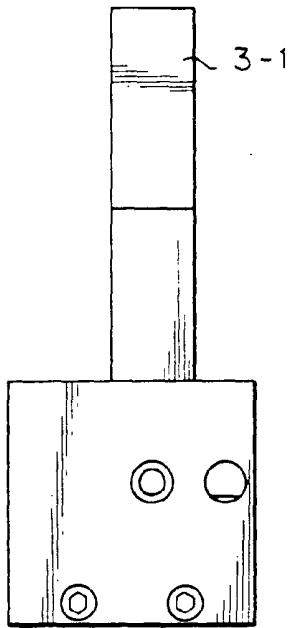


Fig. 13

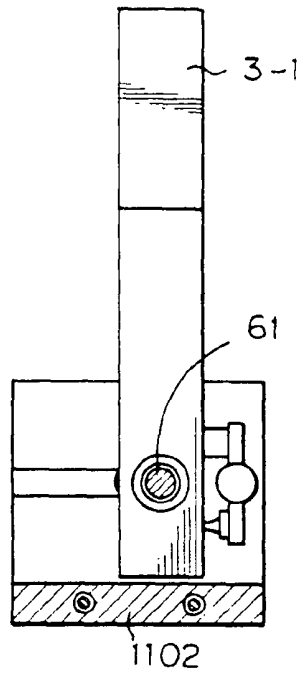


Fig. 14

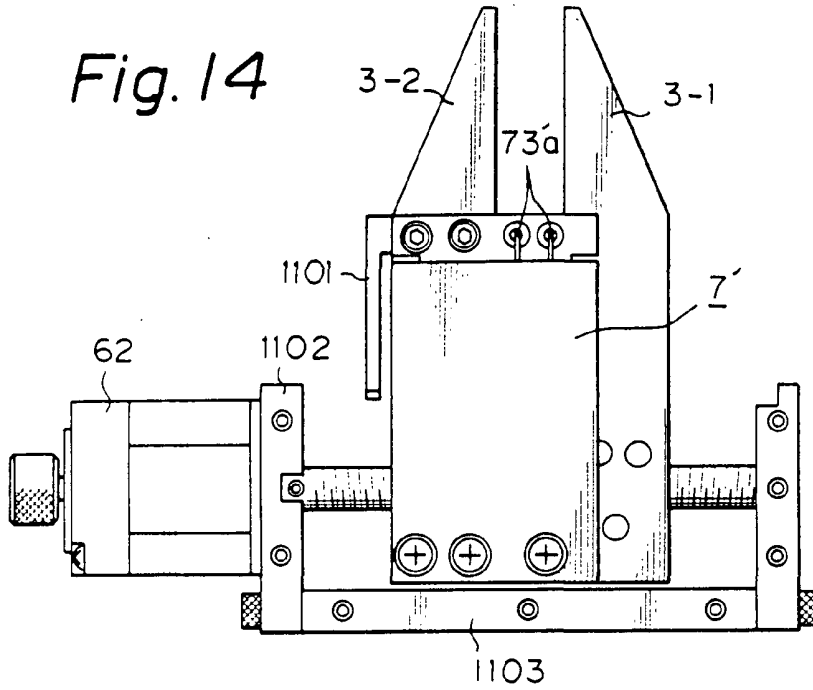


Fig. 15

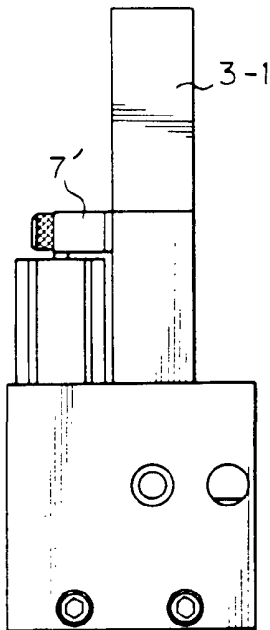


Fig. 16A

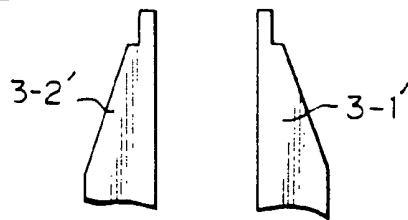


Fig. 16B

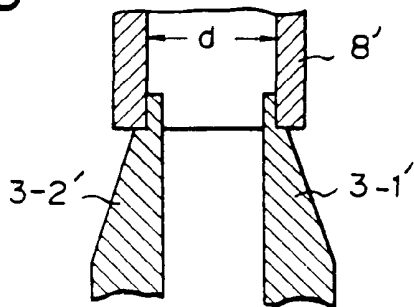


Fig. 17

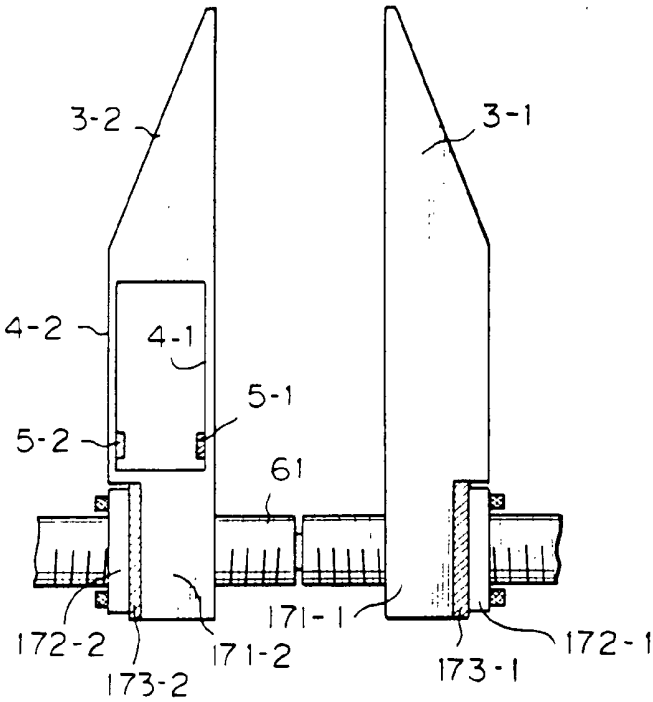


Fig. 18

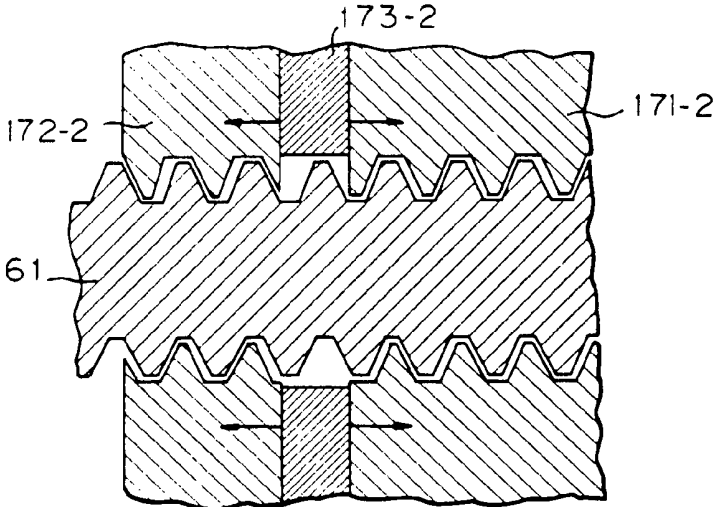


Fig. 19

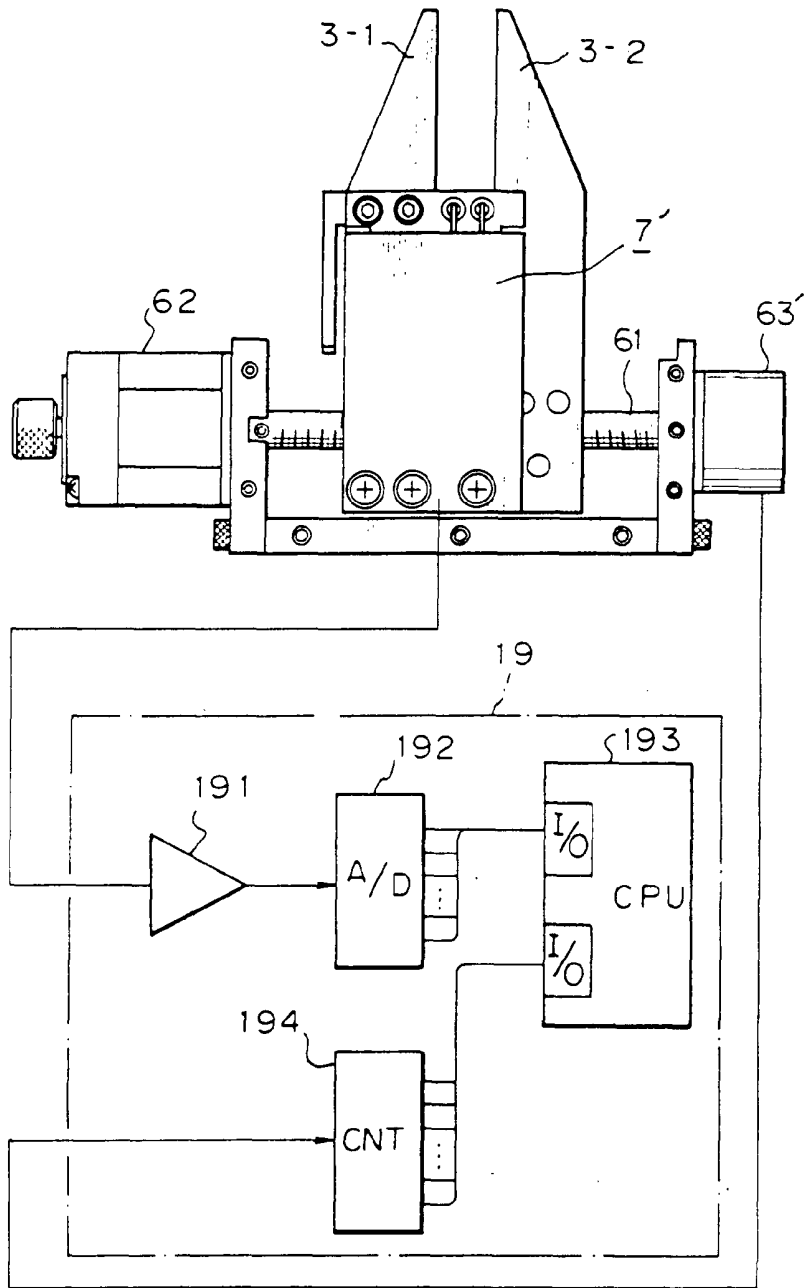


Fig. 20

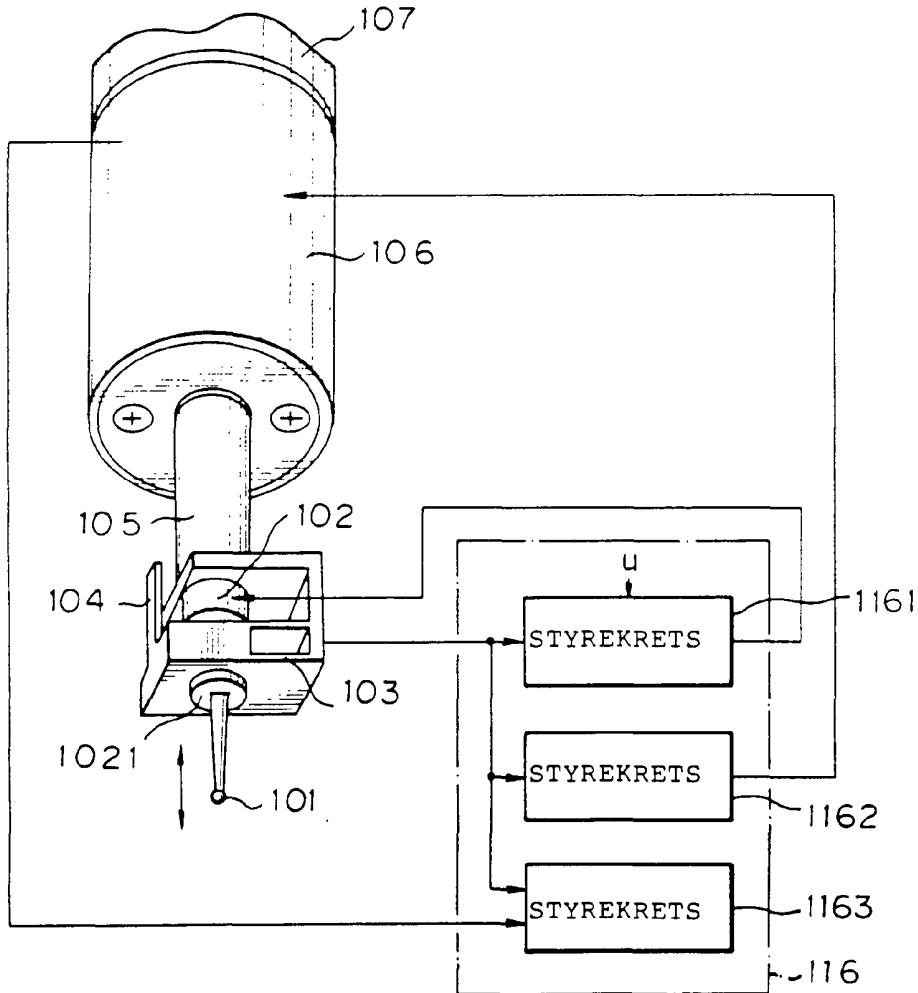


Fig. 21

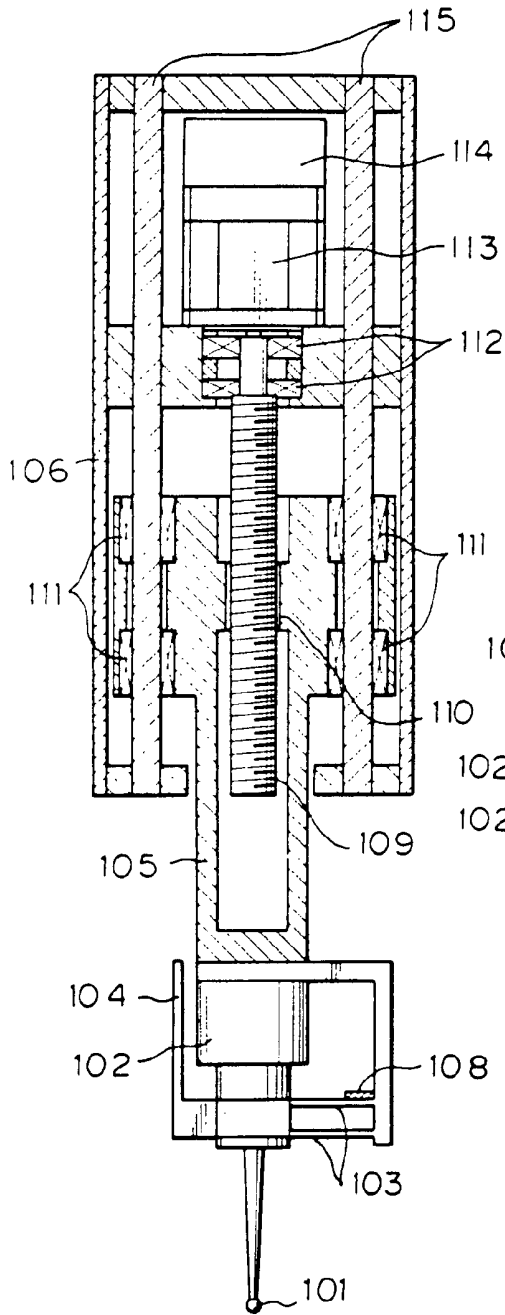


Fig. 22

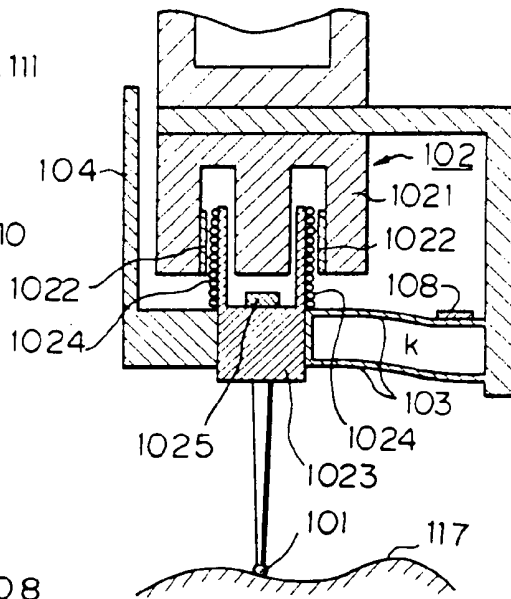


Fig. 23

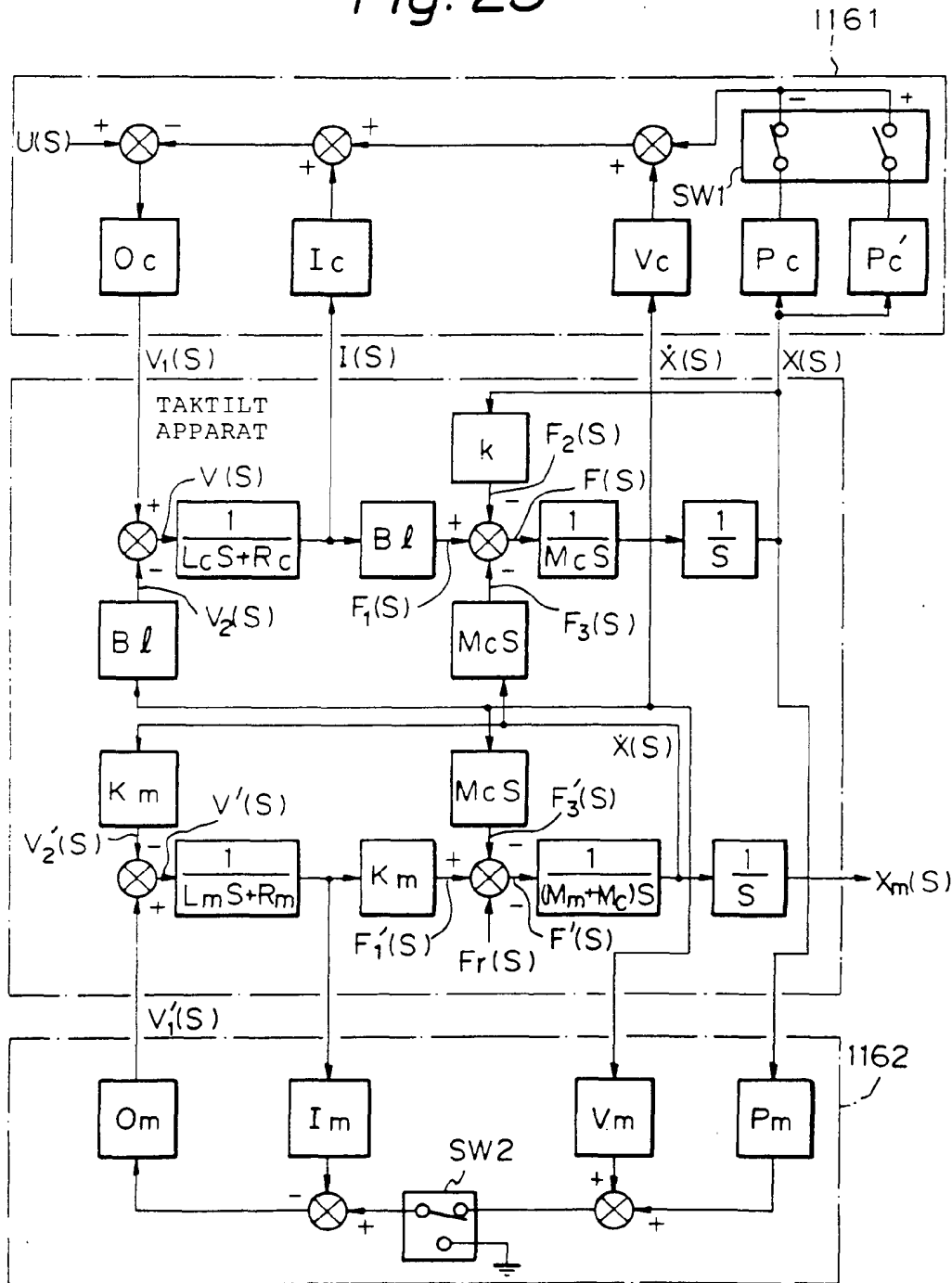


Fig. 24

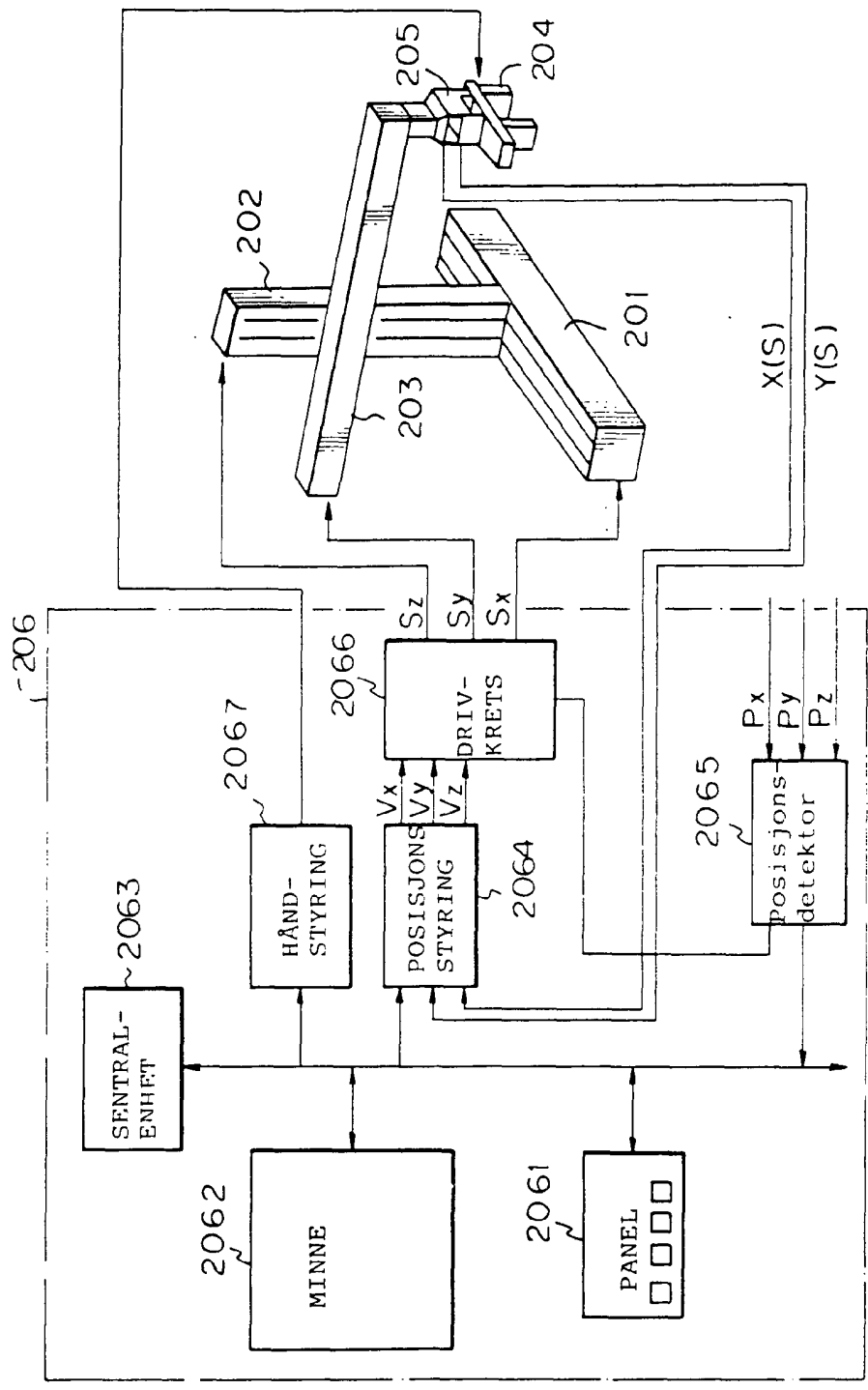


Fig. 25

