(11) **FREMLÆGGELSESSKRIFT** 143046

DANMARK

(51) Int. Cl.³ G 01 P 3/44

(21) Ansøgning nr. 6750/69 (22) Indleveret den 19. dec. 1969

(24) Løbedag 19. dec. 1969

(44) Ansøgningen fremlagt og fremlæggelsesskriftet offentliggjort den 16. mar. 1981

DIREKTORATET FOR PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(30) Prioritet begæret fra den 19. dec. 1968, 785252, US

(71) HONEYWELL INC., 2701, Fourth Avenue South, Minneapolis, Minnesota, US.

(72) Opfinder: Vernon H. Aske, 3415 Arbor Land, Hopkins, Minnesota, US.

(74) Fuldmægtig under sagens behandling:
Ingeniørfirmaet Lehmann & Ree.

(54) Vinkelhastighedsføler.

Den foreliggende opfindelse angår en vinkelhastighedsføler, d.v.s. en føler, som, når den drejes rundt omkring sin følsomhedsakse eller sine følsomhedsakser, giver udgangssignaler, der angiver dens vinkelhastighed omkring disse akser.

Mange vinkelhastighedsfølere anvender gyroskopiske principper og er følgelig komplicerede og kostbare på grund af det store antal præcisionskomponenter, som kræves. Endvidere gør anvendelsen af gyroskopiske principper sådanne følere udsatte for fejl på grund af temperatur, masseubalance og dynamisk tværkobling.

Der kendes endvidere vinkelhastighedsfølere, hvori den såkaldte corioliskraft udnyttes. Sådanne følere er også relativt komplicerede og kostbare. Således skal grundinertielementet i en coriolisføler være præcist afbalanceret for at få et nøjagtigt følerudgangssignal.

De fleste coriolisfølere anvender desuden piezoelektriske krystaller til at afføle svingninger. Sådanne krystaller er imidlertid stærkt temperaturfølsomme, hvilket naturligvis medfører driftsvanskeligheder. Følere af coriolistypen er endvidere følsomme for lineære accelerationer, hvorfor der ofte skal træffes forholdsregler til at eliminere udgangssignaler forårsaget af sådanne accelerationer. Endelig er udgangssignalet i en coriolisføler afhængigt af omdrejningshastigheden.

For at undgå de ovennævnte problemer er der blevet udviklet en vinkelhastighedsføler af en anden art. I denne vinkelhastighedsføler anvendes en føler, der virker i afhængighed af vinkelacceleration i stedet for hastighed, og føleren drejes således,at dens følsomhedsakse ligger langs den ønskede akse først den ene vej og derefter den anden. Ved drejningen ændres vinkelhastigheden af føleren således med det dobbelte af vinkelhastigheden, der skal måles. Denne ændring i vinkelhastighed er en vinkelacceleration, som måles af føleren. Metoden med gentagen drejning af en vinkelaccelerationsføler muliggør således måling af vinkelhastigheden.

Vinkelaccelerationen af accelerometret er imidlertid ikke kun afhængig af vinkelhastigheden, der skal måles, men også af den hastighed, hvormed det drejes. Hastigheden, hvormed det drejes, skal følgelig normalt styres nøjagtigt, da enhver variation i drejningshastigheden vil frembringe en tilsvarende variation og unøjagtighed i udgangssignalet. Det er formålet med den foreliggende opfindelse at afhjælpe denne ulempe.

Opfindelsen angår således en vinkelhastighedsføler af den i krav 1's indledning angivne art, som er ejendommelig ved det i samme kravs kendetegnende del angivne. Ved anvendelse af et væskeringsaccelerometer, hvor væsken i ringen kan bevæge sig frit omkring ringen, og en motor til drejning af ringen ved en hastighed, som er tilstrækkelig stor til,at de viskose modstandsvirkninger af ringen på væsken er forsvindende små, gøres amplituden af udgangssignalet kun afhængig af vinkelhastigheden, der skal måles, og uafhængig af drejningshastigheden af accelerometret. Denne drejningshastighed påvirker kun frekvensen af udgangssignalet.

Som det senere vil fremgå mere klart, fungerer vinkelhastighedsføleren ifølge opfindelsen ikke gyroskopisk og lider derfor ikke af de deraf følgende tidligere nævnte ulemper. Endvidere optræder heller ikke de ovenfor nævnte ulemper ved følere af coriolistypen. Der kræves således ikke nogen præcisionsafbalancering, ligesom der ikke anvendes temperaturfølsomme krystaller. Konstruktionen af vinkelhastighedsføle-

ren ifølge opfindelsen kan være en sådan, at behovet for nulindstilling undgås og tillige muliggøres dens anvendelse over et bredt temperaturområde uden temperaturregulering. Føleren kan være af en konstruktion, som er ufølsom for lineær acceleration, og dynamisk tværkobling kan undgås. Endvidere kan den tilvejebringe et selvgenereret udgangssignal ved en slags dynamovirkning.

Virkemåden af vinkelhastighedsføleren ifølge opfindelsen forstås bedst ved betragtning af et bestemt eksempel på den foran beskrevne konstruktion. Accelerometerunderstøtningen antages at have et, fortrinsvis to, lejer, som tillader accelerometret, der kan være af den enaksede type, at dreje rundt. Organerne til at bevæge, i dette tilfælde til at dreje, accelerometret rundt, kan være en motor, som fortrinsvis er således indrettet, at den drejer accelerometret rundt med en i det væsentlige konstant hastighed. Det antages, at føleren som et hele er monteret på et legeme, hvis vinkelhastighed skal måles, og at denne montering er en sådan, at accelerometrets rotationsakse er vinkelret på den akse, omkring hvilken denne rotation sker, følgelig benævnt "måle"-aksen.

Når accelerometret drejes rundt af motoren, kommer dets føleakse følgelig på linie med måleaksen én gang for hver 180°'s omdrejning. Når de to akser er på linie, er vinkelhastigheden, som virker omkring accelerometrets føleakse, naturligvis vinkelhastigheden af legemet omkring måleaksen. Mellem de to på linie liggende stillinger afhænger andelen af vinkelhastigheden omkring måleaksen, som virker omkring accelerometrets føleakse, dvs. vinkelhastighedsvektorkomposanten, af vinklen mellem de to akser. F.eks. er det klart, at når vinklen er 90°, dvs. at de to akser er vinkelret på hinanden, er vinkelhastighedsvektorkomposanten, som virker omkring føleaksen, nul. Mellem disse to stillinger varierer denne vektorkomposant med tiden på sinusformet måde.

Når accelerometret drejes rundt af motoren, er det følgelig udsat for en vinkelhastighed omkring sin føleakse, og denne vinkelhastighed vokser fra nul til legemets hastighed omkring sin måleakse i løbet af de 90° forud for den orientering, hvor akserne er på linie. Under de næste 90° falder den til nul. Under de følgende 90° vokser den til hastigheden af legemet, effektivt i den modsatte retning på grund af vinkelændringen på 180°, og under de næste 90° falder den derpå igen til nul.

Accelerometret udsættes således for en sinusformet og med tiden varierende vinkelhastighed, dvs. en sinusformet varierende acceleration omkring sin føleakse. Denne acceleration afhænger af

vinkelhastigheden af legemet omkring måleaksen og af vinkelhastigheden af accelerometret omkring sin omdrejningsakse, dvs. motorhastigheden. Hvis den førstnævnte er kendt, angiver accelerometerudgangssignalet følgelig legemets vinkelhastighed omkring måleaksen.

Som tidligere understreget er den netop beskrevne konstruktion af vinkelhastighedsføleren kun et eksempel. Accelerometerunderstøtningen kan således være en sådan, at den tillader oscillation af accelerometret i stedet for rotation. I dette tilfælde kan organerne til bevægelse af accelerometret være en svingningsmekanisme. Andre former for accelerometerbevægelse vil let indses, idet det eneste krav er, at de skal medføre variation af vinklen mellem måle- og føleakserne. Det er følgelig ikke nødvendigt, at aksen for rotation eller anden bevægelse af accelerometret er vinkelret på dets føleakse. Forudsat at disse to akser ikke er parallelle, vil bevægelse af accelerometret medføre en sådan vinkelvariation.

Det følger af det foregående, at bevægelse af føleren som et hele omkring en eller anden akse, der ikke er parallel med omdrejningsaksen, vil frembringe en deraf følgende virkning på accelerometerudgangssignalet på grund af den resulterende med tiden varierende vinkelhastighedsvektorkomposant, som vil virke omkring accelerometrets føleakse. Følgelig kan en sådan føler betragtes som havende mere end en føle- eller måleakse. For at bestemme de separate vinkelhastigheder omkring de respektive måleakser i stedet for blot den resulterende vinkelhastighed, hvoraf den sidste er repræsenteret ved accelerometerudgangssignalet, skal komposanterne afhængige af de respektive vinkelhastigheder imidlertid uddrages af udgangssignalet. I dette øjemed kan accelerometret indeholde organer til at give signaler, som angiver de øjeblikkelige værdier af vinklerne mellem accelerometrets føleakse og følerens måleakser, og organer til at sammenligne disse signaler med accelerometerudgangssignalet. Sammenligningsorganerne kan virke på samme måde som en demodulator, men i hvert tilfælde uddrager de af accelerometerudgangssignalet de komposanter, som forårsages af vinkelhastighederne omkring de respektive måleakser.

Væsentlige fordele opnås ved hjælp af accelerometret indeholdende en magnet og en leder, som er bevægelige i forhold til hinanden omkring accelerometrets føleakse, idet konstruktionen af dette er en sådan, at ved acceleration af accelerometret omkring dets føleakse accelererer magneten eller lederen med samme hastighed, medens den anden udsættes for en kraft, som er utilstrækkelig til at bringe den til at accelerere med samme hastighed, hvorved der som resultat optræder en relativ bevægelse, således at der følgelig induceres en

trøm i lederen af magnetens felt, hvilken strøm derfor tilvejebringer accelerometrets udgangssignal. En af disse fordele er, at sådanne accelerometre frembringer et selvgenereret udgangssignal. En anden endnu mere vigtig fordel hidrører fra, at motoren er således indrettet, at den drejer accelerometret rundt med en hastighed, som er tilstrækkeligt høj til, at magneten eller lederen, som udsættes for den nævnte kraft, forbliver i det væsentlige i stilstand, så at den relative bevægelse af magneten og lederen er i det væsentlige lig med følerens vinkelhastighed omkring sin føleakse eller -akser. Under disse forhold er accelerometerudgangssignalet, som er afhængigt af den strøm, der induceres i lederen, i det væsentlige uafhængigt af motorhastigheden. Følgelig kan en ikke reguleret motor, dvs. en motor, som ikke har konstant hastighed, f.eks. en induktions- eller hysteresemotor, anvendes til at dreje accelerometret rundt, hvilket medfører en reduktion i pris. En sådan virkemåde kan også bedst beskrives ved betragtning af et eksempel, hvor det antages, at magneten er af den permanente type, er ringformet og er fastgjort i accelerometret koncentrisk med dettes føleakse, lederen er en kviksølvring, der også er koncentrisk med føleaksen, og en spole er anbragt i nærheden af kviksølvringen, og ved relativ bevægelse af kviksølvringen og magnetfeltet induceres en strøm i spolen af strømmen i kviksølvringen, hvor den førstnævnte strøm udgør accelerometrets udgangssignal.

Det antages, at accelerometret, som indeholder kviksølvringen, drejes rundt med en konstant vinkelhastighed omkring sin føleakse. Hvis vinkelhastigheden af accelerometret forøges, drejer accelerometret til at begynde med rundt omkring kviksølvet og frembringer derved en kraft, som søger at accelerere kviksølvet op til denne højere hastighed. Situationen er følgelig den, at accelerometret accelererer med samme acceleration, medens kviksølvet også accelererer, men med en lavere acceleration. Denne lavere acceleration er afhængig af den kraft, som udøves af accelerometret på kviksølvet, og det kan vises, at denne er i det væsentlige uafhængig af den relative rotationshastighed, dvs. af accelerometrets vinkelacceleration. Det følger heraf, at den maksimale værdi af forskellen mellem de to accelerationer er afhængig af vinkelaccelerationen af accelerometret. Denne maksimale værdi svarer til den maksimale relative rotationshastighed mellem accelerometret og dermed magneten og kviksølvet. Følgelig er den maksimale amplitude af accelerometrets udgangsstrøm afhængig af vinkelaccelerationen.

Dette er rigtigt, hvis kviksølvet bevæger sig over en væ-

sentlig afstand. Når accelerometret imidlertid danner en del af en vinkelhastighedsføler ifølge opfindelsen, er dette ikke nødvendigvis tilfældet. Da kviksølvets acceleration er i det væsentlige uafhængig af vinkelaccelerationen, som udøves på accelerometret ved forøgelse af motorhastigheden, aftager den afstand, over hvilken kviksølvet bevæges som følge af følerens rotation omkring sin måleakse, og over en vis motorhastighed, der kan være ca. looo omdrejninger pr. minut, forbliver kviksølvet i det væsentlige i stilstand. Under disse omstændigheder drejer accelerometret og dermed magneten i virkeligheden rundt skiftevis i modsatte retninger omkring en stationær leder, hvori den maksimale amplitude af strømmen derfor er afhængig af vinkelhastigheden af føleren omkring dens måleakse. Accelerometret fungerer således i virkeligheden ikke som et rigtigt accelerometer, idet amplituden af dets udgangssignal kun er afhængig af akselhastigheden og ikke også af motorhastigheden. Det er dette forhold, som muliggør anvendelse af en ikke reguleret motor.

Til yderligere forklaring af funktionen af vinkelhastighedsmålere ifølge opfindelsen skal der i det følgende henvises til tegningen, hvor

fig. 1A-1E i idealiseret form viser de forskellige accelerometerudgangssignaler, som fås fra vinkelhastigheds- og vinkelaccelerationsfølsomme accelerometre,

fig. 2 et tværsnit i en udførelsesform for en vinkelhastighedsføler ifølge opfindelsen,

fig. 3 i perspektiv og delvis i snit vinkelaccelerometret anvendt i føleren vist i fig. 2,

fig. 4 et billede ovenfra af accelerometret anvendt i en anden udførelsesform for en vinkelhastighedsføler ifølge opfindelsen og

fig. 5 et snit efter linien 5-5 i fig. 4.

Der henvises først til fig. 1A, hvor accelerometret er betegnet med 7 og monteret således, at det kan rotere kontinuert omkring en akse lo. Accelerometret har en føleakse 11 vinkelret på omdrejningsaksen lo. Vinkelhastighedsføleren, hvori det anvendes, antages at have på hinanden vinkelrette måleakser 1 og 2, der begge er vinkelrette på omdrejningsaksen lo.

Det antages først, at føleren drejes rundt omkring måleaksen 1 med en konstant hastighed ω_m, medens accelerometret 7 drejes rundt med en konstant hastighed ω_r omkring aksen lo. Vektorkomposan-

ten af ω_m, der virker omkring accelerometrets føleakse 11, er repræsenteret ved ligningen $\omega_s = \omega_m \sin \omega_r t$, hvor $\omega_s = \omega_m$ til tidspunkter t_1 og t_3 og $\omega_s = 0$ til tidspunkter t_2 og t_4. Afhængigt af om accelerometret virker i afhængighed af vinkelhastigheden ω_m alene eller ligeledes af omdrejningshastigheden ω_r, frembringer det et udgangssignal ω_s eller $\dot{\omega}_s$ med de i fig. 1E viste former.

I det førstnævnte tilfælde er det klart, at amplituden af accelerometerudgangssignalet ω_s er uafhængig af omdrejningshastigheden ω_r som allerede forklaret, selv om frekvensen af udgangssignalet ω_s naturligvis afhænger af ω_r.

I det sidstnævnte tilfælde er accelerometerudgangssignalet proportionalt med den afledede af ω_s med hensyn til tiden, som er $\omega_r \omega_m \cos \omega_r t$. Her er amplituden af accelerometerudgangssignalet $\dot{\omega}_s$ afhængigt af omdrejningshastigheden ω_r og har igen en frekvens, der også afhænger af ω_r. Dette fremgår tydeligere ved betragtning af fig. 1A-1D, idet vinkelhastigheden af accelerometret 7 omkring dets føleakse 11 er lig med følerens vinkelhastighed omkring sin måleakse 1 til tidspunkterne t_1 og t_3. Følgelig må vinkelaccelerationen omkring føleaksen 11 være nul som vist i fig. 1E.

Fig. 1A-1D viser føleren med en anden måleakse 2 vinkelret på måleaksen 1 og på omdrejningsaksen 10. Hvis føleren udsættes for rotation omkring denne akse 2, medens den drejes rundt omkring omdrejningsaksen 10, vil accelerometerudgangssignalet være identisk med et af dem, der er vist i fig. 1E, afhængigt af om accelerometret virker i afhængighed af vinkelhastigheden alene eller også i afhængighed af omdrejningshastigheden ω_r, bortset fra at der vil være en faseforskydning på 90°. Dette kan ses i fig. 1A, da vinkelhastigheden omkring accelerometrets føleakse som følge af omdrejningen omkring måleaksen 2 er nul til det i figuren viste øjeblik i modsætning til vinkelhastigheden, som frembringes ved rotation omkring måleaksen 1, hvor den er ω_m.

Der skal nu henvises til fig. 2 og 3, hvor der er vist en vinkelhastighedsføler, som er indrettet til at fungere på den ene eller den anden af de to netop beskrevne forskellige måder. De allerede anvendte henvisninger anvendes igen for at angive tilsvarende komponenter. Føleren er således indrettet til at måle vinkelhastighed omkring to på hinanden vinkelrette måleakser 1 og 2, hvor måleaksen 1 strækker sig lodret i papirets plan, og måleaksen 2 strækker sig vinkelret på papirets plan. Som forklaret nedenfor angives den målte vinkelhastighed omkring måleaksen 1 på et kalibreret instrument 3,

og vinkelhastigheden omkring måleaksen 2 på et kalibreret instrument 4.

Føleren består af et hus 5 fremstillet af et materiale, der virker som en afskærmning for magnetiske spredningsfelter, og monteret på det legeme, hvis vinkelhastighed skal måles, idet orienteringen af føleren er en sådan, at de to måleakser 1 og 2 falder sammen med de akser, omkring hvilke legemet roterer. Huset 5 omslutter et kammer 6, hvori vinkelaccelerometret 7 er understøttet ved hjælp af lejer 8 og 9, således at det kan dreje rundt omkring en akse lo, der er vinkelret på begge måleakserne 1 og 2. Accelerometret er følsomt for vinkelacceleration omkring en akse 11, der med accelerometret orienteret som vist i fig. 2 ligger på linie med måleaksen 1.

Som det fremgår af fig. 3, har vinkelaccelerometret 7 et i hovedsagen cylindrisk hus 12, der kan være fremstillet af det samme materiale som huset 5, og hvis indre afgrænser et cylindrisk kammer 13. Et spoleformet organ 14, som har to kraver 15, adskilt af et nav 16 med mindre diameter, og som er fremstillet af elektrisk ledende materiale, er monteret i kammeret 13. Et lag elektrisk isolation 17, som forer det indre af kammeret 13, adskiller det spoleformede organ 14 fra huset 12. En ringformet kerne 18, der bærer en ringspole 19, omgiver navet 16. Magnetisk ledende stykker 2o er ensartet fordelt omkring det spoleformede organ 14. Hvert stykke 2o er monteret ved hver ende i huset 12 og strækker sig gennem isolationen 17 og de to rande 15. Elektrisk isolation 21 adskiller hvert stykke 2o fra randene 15. En ringformet permanent magnet 22 omgiver stykkerne 2o og dermed kernen 18 og spolen 19 og er magnetiseret i en radial retning, dvs. med den ene pol på ydersiden og med den anden pol på indersiden af ringen. De ydre og radiale overflader af magneten 22 bærer et lag elektrisk isolation 23. Denne isolation sammen med isolationen 17 afgrænser et ringformet kammer 24, som er fyldt med kviksølv 25.

Kviksølvet 25 tilvejebringer en vej for den magnetiske flux, som frembringes af magneten 22. Denne flux kan betragtes som om den passerer radialt udad gennem kviksølvet 25 ind i huset 12, hvori den derpå vender om og går radialt indad tilbage til magneten 22 gennem de med afstand anbragte stykker 2o.

Det antages, at accelerometret accelereres med en konstant vinkelacceleration omkring sin føleakse 11. Når dette sker, kan kviksølvet 25 ikke følge med. Følgelig optræder der relative bevægelser mellem magnetfeltet, som frembringes af magneten 22, og kviksølvet 25. En spænding, som er direkte proportional med denne relative bevægelse, der selv kan være direkte proportional med accelerationen, frem-

bringes i en lodret retning i kviksølvet. Dette giver anledning til en elektrisk strøm, som passerer gennem de to rande 15 og navet 16 på det spoleformede organ 14. Ved elektromagnetisk induktion induceres en tilsvarende strøm i spolen 19, og denne kan, som det klart fremgår, være proportional med den øjeblikkelige vinkelacceleration, som accelerometret udsættes for.

Foruden kammeret 6, som indeholder accelerometret 7, afgrænser huset 5 kamre 26,27 og 28.

I kammeret 26 er monteret en stator 29 i en induktionsmotor. Statoren samvirker med induktionsmotorens rotor 3o, der er fastgjort til en aksellignende forlængelse 31 af accelerometrets hus 12. Som forklaret nedenfor drejer induktionsmotoren accelerometret rundt omkring aksen lo med en konstant hastighed.

Ind i kammeret 27 strækker sig fire "poler" 32, hvoraf kun to er synlige, som er ensartet fordelt med $9o^{o}$'s mellemrum omkring aksen lo. Den fælles akse for de to synlige poler 32 er parallel med måleaksen 1, medens den fælles akse for de to andre poler 32 er parallel med måleaksen 2. Hver pol bærer en spole 33. Hvert par diametralt modstående spoler er forbundet i serie over et tilsvarende par udgangsledninger 34 og 35. Den aksellignende forlængelse 31 bærer en permanent magnet 36. Når accelerometret drejes rundt, inducerer den deraf følgende rotation af magneten 36 en sinusformet spænding over hvert par diametralt modstående spoler 33 og følgelig over udgangsledningerne 34 og 35. Frekvensen af disse to sinusformede spændinger er naturligvis proportional med accelerometrets omdrejningshastighed. På grund af afstanden mellem spolerne 33 er de to spændinger $9o^{o}$ ude af fase.

Kammeret 28 indeholder to børster 37, som berører hver deres slæberinge 38, som ligger rundt om en aksellignende forlængelse 39 af accelerometrets hus 12. Slæberingene 38 er forbundet over spolen 19 ved hjælp af et par ledninger 4o. På denne måde udtages spændingen, som frembringes over spolen 19, fra accelerometret.

To demodulatorer 41 og 42 er forbundet med de to børster 37 som vist. Til demodulatoren 41 er også forbundet de to ledninger 34, medens der til demodulatoren 42 også er forbundet de to ledninger 35. Udgangen fra demodulatoren 41 styrer det kalibrerede instrument 4, medens udgangen fra demodulatoren 42 styrer det kalibrerede instrument 3.

Med den ovenfor beskrevne føler afhænger formen af accelerometerudgangssignalet, dvs. spændingen, som frembringes over spolen

19, af, om hastigheden af induktionsmotoren er over eller under ca. looo omdrejninger pr. minut. Over denne hastighed forbliver kviksølvet 25 i det væsentlige i ro. Følgelig repræsenterer amplituden af spændingen, som frembringes over spolen 19, i det pågældende øjeblik den samme hastighed af føleren omkring måleaksen 1 eller 2. Betragtes kun rotation omkring måleaksen 1, har spændingen med andre ord i hovedsagen form som ω_s vist i fig. 1E. For at sikre at afvigelser i motorhastigheden har en minimal virkning, foretrækkes det, at motorhastigheden er betydeligt over looo omdrejninger pr. minut. F.eks. har en værdi på 8ooo omdrejninger pr. minut givet tilfredsstillende resultater. Under looo omdrejninger pr. minut frembringer kviksølvet 25 betydlig bevægelse, og følgelig har spændingen over spolen 19 tendens til at antage formen $\dot{\omega}_s$ vist i fig. 1E. Under disse omstændigheder skal motoren drives ved en konstant hastighed, eller også skal der være mulighed for at bestemme dens øjeblikkelige hastighed.

Uanset arbejdsmåden virker de to demodulatorer 41 og 42 på den måde, at de sammenligner deres respektive indgangssignaler for af spændingen, som frembringes over spolen 19, at uddrage de to komposanter, som repræsenterer rotation omkring måleakserne henholdsvis 1 og 2.

Der henvises herefter til fig. 4 og 5. Heri er forskellige dele af accelerometret, såsom elektrisk isolation og bærende konstruktionselementer, ikke vist. Der anvendes igen en kviksølvring 6o. Denne bevæger sig i en kanal umiddelbart indenfor en magnetisk ledende ring 62. En firepolet magnet 64 er anbragt i kviksølvringen og har to nordpoler og to sydpoler. Magneten 64 kan være udført af fire stangmagneter eller to over kors anbragte stangmagneter. Et radialt felt strækker sig igen fra hver pol i magneten 64 ud gennem kviksølvet til returvejsringen 62 og tilbage gennem kviksølvet 6o til en modsat pol. Vinkelacceleration bevirker, at det magnetiske felt bevæger sig i forhold til kviksølvet 6o. Følgelig induceres en strøm i kviksølvet 6o, og denne inducerer et magnetfelt i fire transformatorer 66, som er fordelt omkring omkredsen af kviksølvet 6o. Fig. 5 viser en af disse transformatorer 66 set fra siden. Transformatoren har en kerne, som strækker sig gennem et hul i et ringformet organ 69, som passerer gennem kviksølvet 6o og den magnetiske returring 62. Følgelig frembringer magnetfeltet i transformatoren 66 en udgangsspænding over en sekundærvikling 72. De fire transformatorer 66 er forbundet i serie over udgangsklemmer 74. Spændingen over disse klemmer vil være proportional med den relative bevægelse af magneten 64 i forhold til kviksølvet 6o. Hvis accelerometret drejes tilstrækkeligt hurtigt rundt,

er denne relative bevægelse proportional med vinkelhastigheden omkring måleaksen, som allerede forklaret, og spændingen over klemmerne 74 er derfor proportional med denne vinkelhastighed.

P a t e n t k r a v.

1. Vinkelhastighedsføler til måling af vinkelhastighed omkring en given akse (f.eks. 11) omfattende et vinkelaccelerometer (7), som frembringer et udgangssignal, der angiver vinkelacceleration omkring en følsomhedsakse, organer (3o) til drejning af vinkelaccelerometret omkring en akse (1o), der er skrå i forhold til dets følsomhedsakse, således at vinklen mellem dets følsomhedsakse og den givne akse ændrer sig med tiden, og således at vinkelaccelerometret derved undergår vinkelacceleration, når komposanten af den ønskede vinkelhastighed langs følsomhedsaksen varierer, og organer (41) til demodulering af det resulterende signal til bestemmelse af den ønskede vinkelhastighed omkring den givne akse, k e n d e t e g n e t ved, at vinkelaccelerometret er af den i og for sig kendte art, som omfatter en kviksølvring (25), der er beliggende i et hus (12), således at den er frit bevægelig omkring accelerometrets følsomhedsakse, og en magnet (22) og spændingsafføIende organer (15, 19), som er indrettet således, at et udgangssignal induceres i de spændingsafføIende organer proportionalt med kviksølvets hastighed, og at organerne(3o)til drejning af vinkelaccelerometret drejer dette rundt ved en sådan hastighed, at kviksølvet i kviksølvringen er i det væsentlige upåvirket af viskos modstand fra ringens vægge, således at amplituden af udgangssignalet er uafhængig af vinkelaccelerometrets rotationshastighed.

2. Vinkelhastighedsføler ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at accelerometrets vinkelstilling afføles (32, 33), og at der findes flere demodulatorer (41, 42), som er indrettet til i afhængighed af accelerometrets vinkelstilling at måle vinkelhastigheder omkring flere akser.

3. Vinkelhastighedsføler ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at der er to demodulatorer, hvis respektive følsomhedsakser er vinkelret på hinanden og på accelerometrets omdrejningsakse.

4. Vinkelhastighedsføler ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at de spændingsafføIende organer udgøres af en spole (19), der er anbragt i huset i nærheden af kviksølvet, og ledende materiale (15) i huset, som slutter en ledende vej fra kviksølvet omkring spolen og er koblet til denne.

5. Vinkelhastighedsføler ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t ved, at spolen er en ringspole, hvis radius er lidt mindre end kviksølvringens radius.

Fremdragne publikationer:
USA patenter nr. 3145572, 3253471.

Fig. 1A.

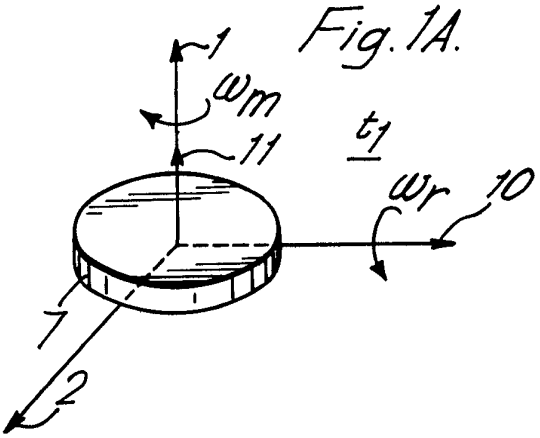


Fig. 1B.

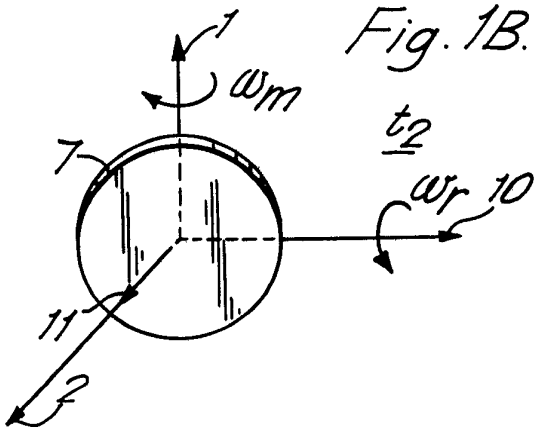


Fig. 1C.

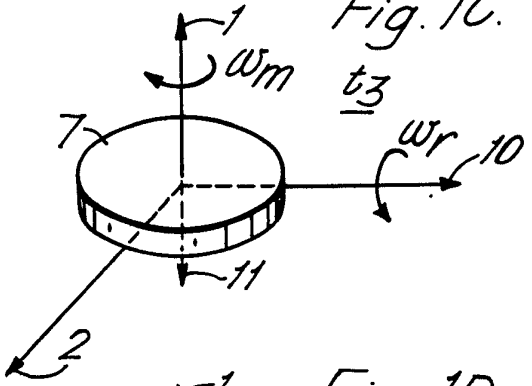


Fig. 1D.

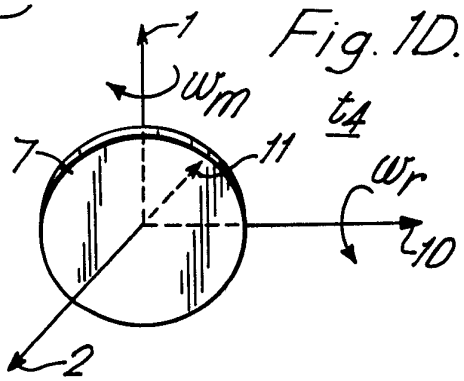
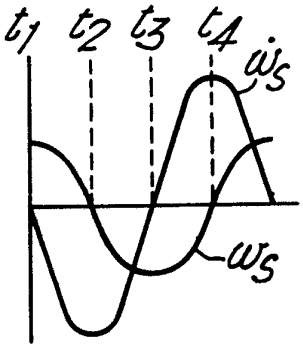


Fig. 1E.



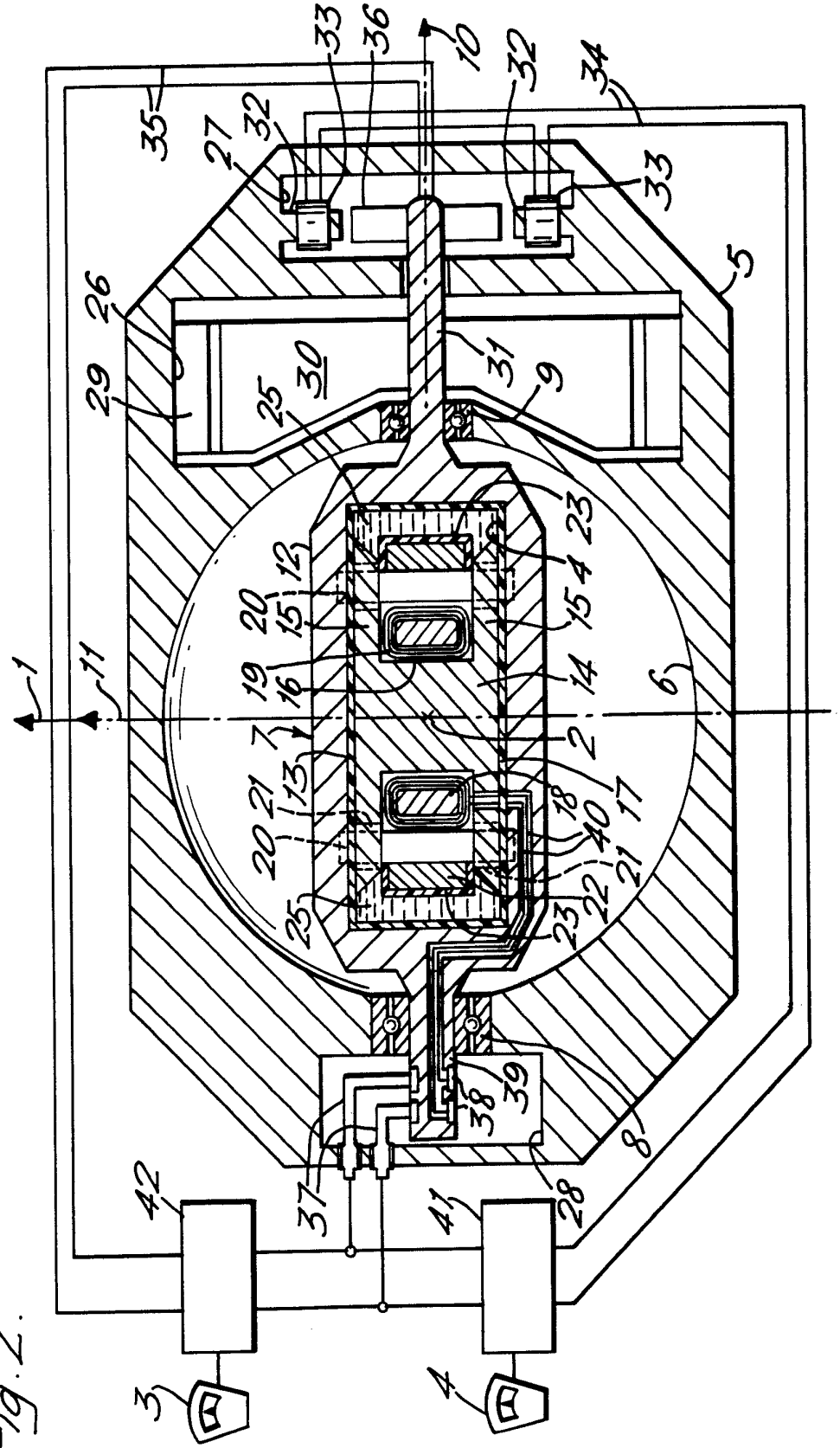

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42

Fig. 2.

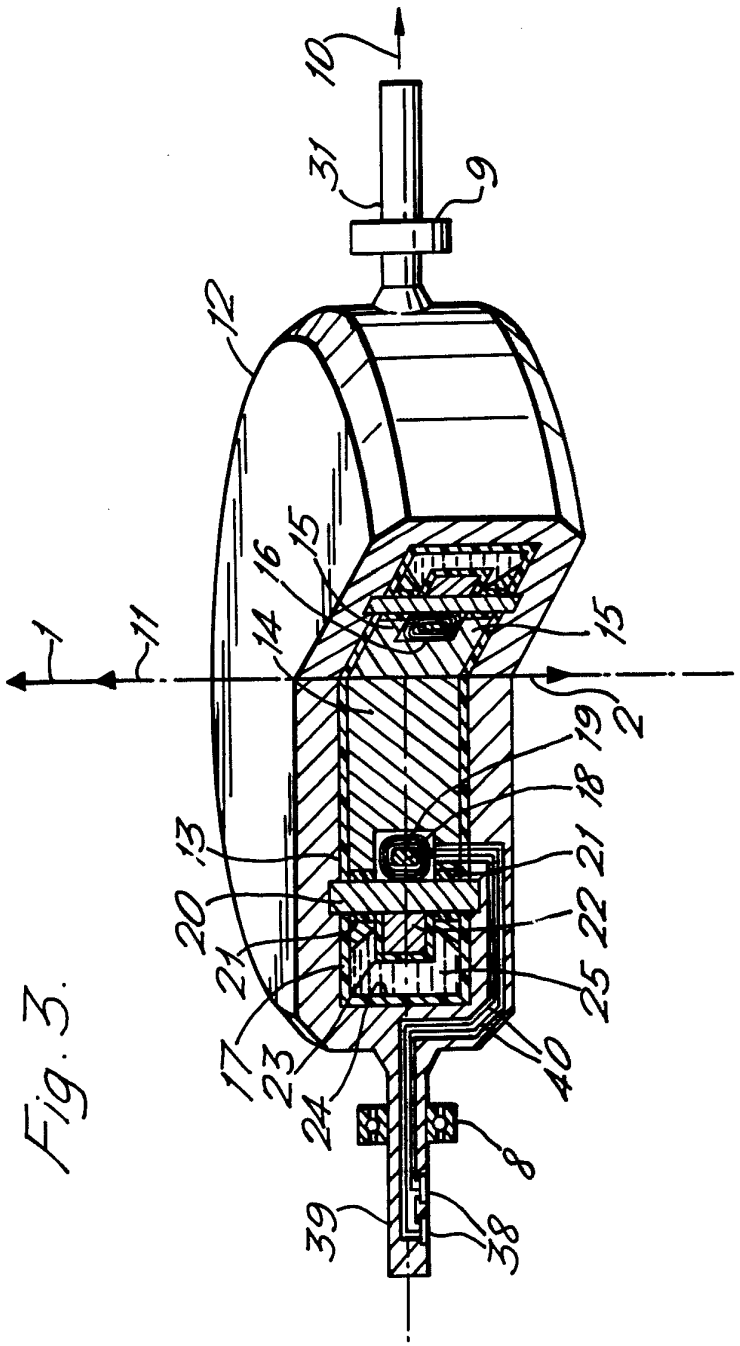


Fig. 3.

Fig. 4.

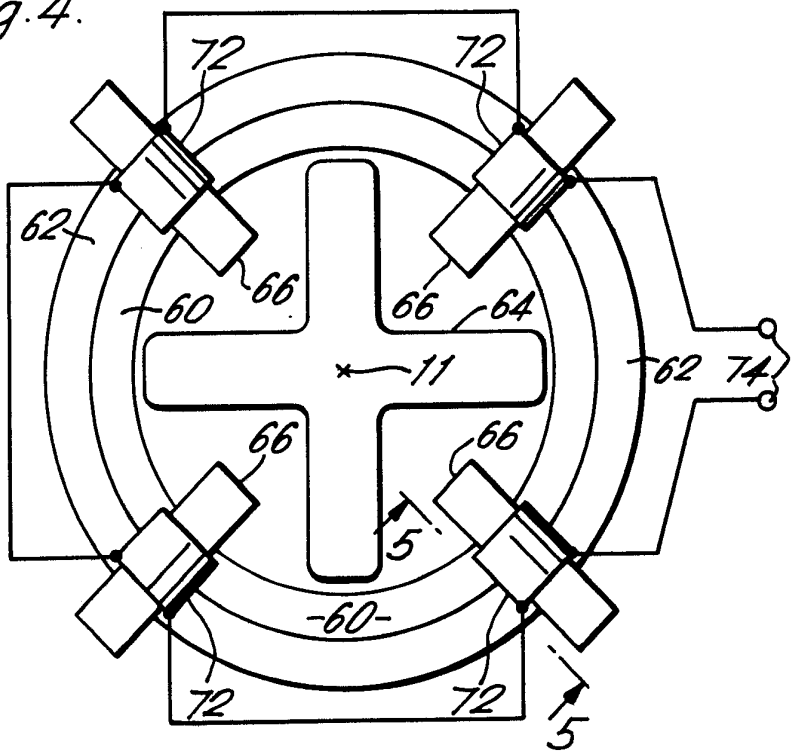
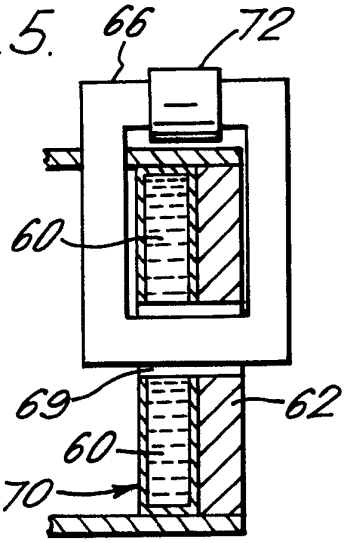



Fig. 5.