



PATENTDIREKTORATET
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 1006/83

(51) Int.Cl.⁵ G 01 G 3/14

(22) Indleveringsdag: 28 feb 1983

(24) Løbedag: 05 jul 1982

(41) Alm. tilgængelig: 28 feb 1983

(44) Fremlagt: 07 jan 1991

(86) International ansøgning nr.: PCT/SE82/00234

(86) International indleveringsdag: 05 jul 1982

(85) Videreførelsesdag: 28 feb 1983

(30) Prioritet: 10 jul 1981 SE 8104314

(71) Ansøger: *Ingenjoersfirma Torsten Ljungstroem AB; Ringvaegen 20; S-191 45 Sollentuna, SE

(72) Opfinder: Karl Rikard Torsten *Ljungstroem; SE

(74) Fuldmægtig: Firmaet Chas. Hude

(54) Elektronisk vægt

(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammendrag:

1006-83

Elektronvægten er især beregnet til anvendelse som en platformvægt. Vægten indbefatter et følerorgan med seks understøtningspunkter (A - F), der i ét plan danner to trekanters hjørner. Understøtningspunkterne (A - C) er placeret ved hjørnerne af den ene trekant og er forbundet til en basis, medens vægtskålen er understøttet ved understøtningspunkterne (D - F) ved den anden trekants hjørner. Følerorganet indbefatter et legeme (6), der er således forbundet til de forskellige understøtningspunkter (A - F), at det er underkastet et bøjningsmoment, når vægtens skål er belastet. Føleorganet er også udstyret med elektriske organer (9) til at angive bøjningsmomentet.

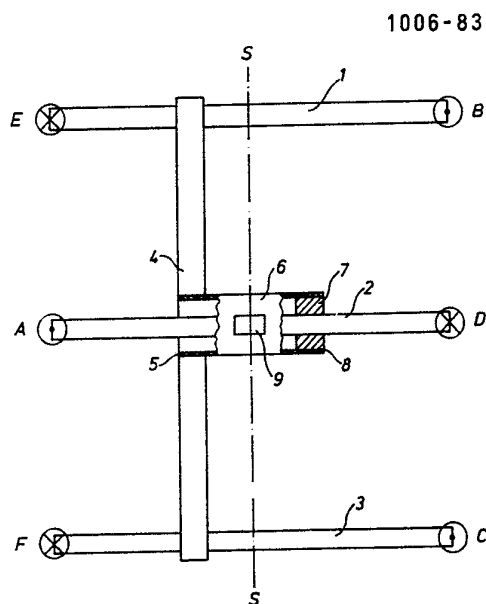


Fig. 2

Den foreliggende opfindelse angår en elektronisk vægt af den i krav 1's indledning angivne art.

Almindeligvis er nøjagtig måling af en kraft i én retning forholdsvis let. Ved f.eks. at veje i en ophængt vægtskål, kan man således få nøjagtig vægtinformation ved at benytte en målende følerindretning eller en viser. I de fleste tilfælde kan en svingende og ustabil vægtskål imidlertid ikke accepteres, men der er behov for en i det væsentlige massiv skål eller platform for belastningen.

10 For at opnå en stabil vægtskål kunne skålen f.eks. ophænges i tre arme, der strækker sig ud fra en basis og er forbundet til skålen ved hjælp af strain gauges. Alternativt kunne en belastningscelle placeres under hvert hjørne af en platform. Begge disse løsninger kræver flere følerindretninger, der skal indstilles til at have nøjagtigt den samme følsomhed for at angive den samme vægt uafhængigt af belastningens placering på vægtskålen eller platformen. Sådanne konstruktioner er teknisk forholdsvis komplekse og dyre.

20 Hvis man i stedet for benytter en central belastningscelle under platformens midte, frembringes store momenter, når belastningen forskydes til et hjørne. Disse momenter skal optages af belastningscellen uden registreringsfejl, hvilket, især når platformen er stor og der kræves en stor nøjagtighed, næppe er muligt at opnå, ikke engang med specielt konstruerede belastningsceller.

For at eliminere sådanne sidekræfter og uønskede momenter, har man benyttet kendte mekaniske vægskonstruktioner med parallel styring af platformen. Den elektroniske følerindretning er i disse tilfælde indrettet således, at kraften alene optages i én retning. I nogle tilfælde er sådanne

følerindretninger blevet substitueret for en fjeder eller et system af balancerede vægtskåle eller en kontravægt. Når den oprindelige mekaniske vægtkonstruktion har været en dyr præcisionsvægt og følerindretningens integration er blevet udført med stor nøjagtighed, har man opnået gode resultater, skønt ved meget store omkostninger.

Fra US-patentskrifterne 4.274.501 og 4.276.949 er det også kendt at benytte vægte med mellemliggende måleenheder, der er understøttet ved seks punkter, og som er udstyret med sensorindretninger. De bærende samlinger er imidlertid arrangeret således, at armene er meget korte, og nøjagtigheden er følgelig også meget lille. En anden mangel ved at benytte denne vægttype er, at understøtningspunkterne er udformet som knive, der nemt kan beskadiges, og er påvirket af slid, der påvirker vægtens nøjagtighed.

De mange forsøg til at ændre eksisterende mekaniske vægte til elektronisk vejning har svigtet på grund af, at der under tiden er benyttet så korte balance- eller vægtarme i den mekaniske konstruktion, at nøjagtighedskravet i forhold til armlængden har været af størrelsesordenen på 1/1000 mm. Dette er både vanskeligt at opnå og opretholde, bl.a. på grund af slid.

Til grund for den foreliggende opfindelse ligger den ambition at anvise en elektronisk vægt, der er enkel og billig set ud fra et fremstillingssynspunkt, og som omfatter en følerindretning, der såvidt muligt eliminerer alle uønskede kræfter og momenter forårsaget af belastningens placering på en platform eller tilsvarende, og som kun behøver én følerindretning. Konstruktionen skulle være sådan, at man undgår korte momentarme, der kræver stor fremstillingsnøjagtighed, og også knive, lejer og muffe, der kan resultere i friktion eller slid. Momentarmenes længde bør

optimeres til at være så lange som mekanisk mulig. Endvidere bør ingen mekanisk indstilling eller samling normalt være nødvendig.

5

Ovenstående formål opnås ved, at den indledningsvist omtalte vægt ifølge opfindelsen er ejendommelig ved det i den kendetegnende del af krav 1 anførte. Der benyttes således en såkaldt dobbelt trepunktsunderstøtning, hvilket betyder at vægtskålen eller en tilsvarende part er understøttet ved tre punkter i følerindretningen, der igen er understøttet ved tre andre punkter i en basis. Ved at benytte to trepunktsunderstøtninger er konstruktionen statisk fuldt bestemt.

10

15

Det er ikke absolut nødvendigt, at de to trekanten er symmetriske, men hvis man benytter den i krav 2's kendetegnende del angivne udførelsesform får man en symmetrisk og dermed fremstillingsteknisk enkel konstruktion. Det i den kendetegnende del af krav 2 og 3 anførte medfører en enkel konstruktion af de kraftoverførende elementer, medens krav 4 medfører en benyttelse af en konstruktion, der har en evne til at optage store kræfter. Det i den kendetegnende del af krav 6 anførte medfører, at kræfterne mellem vægtskålen og følerindretningen rendyrkes, dvs. at kræfterne overføres som rene træk henholdsvis trykkræfter. Det i den kendetegnende del af krav 7 medfører, at forskellige vægtområder kan kombineres i samme enhed, medens det i den kendetegnende del af krav 8 anførte medfører en enkel måde til at begrænse disse vægtområder.

20

25

30

Opfindelsen beskrives nedenfor i form af et eksempel under henvisning til tegningen, hvori

fig. 1 i perspektiv viser en udførelsesform for en vægt ifølge opfindelsen med visse dele fjernet,

35

fig. 2 viser et delsnit, set fra oven af en udførelsesform for følerindretningen ifølge opfindelsen,

fig. 3 er et lodret snit gennem vægten ifølge opfindelsen,

fig. 4 viser, set fra siden, en alternativ udførelsesform
for en midterpart af følerindretningen, vist i fig. 1,

fig. 5 viser, set fra oven, en anden udførelsesform for fø-
lerindretningen ifølge opfindelsen,

fig. 6 viser, set fra oven, en yderligere udførelsesform for
følerindretningen,

fig. 7 viser en udførelsesform for et ophængerorgan,

fig. 8 viser et fastgørelsesorgan for ophængerorganet ifølge
fig. 7, og

fig. 9 illustrerer et ophængeorgans fastgørelse i én af føler-
indretningens arme.

Følerindretningen vist set fra oven i fig. 2 indbefatter seks
understøtningspunkter A, B, C, D, E og F, der er forbundet
parvis ved hjælp af arme 1, 2 og 3. Armene 1 og 3 er også
forbundet til en tværstang 4, der stift forbundet til én ende
af et målelegeme i form af et rør 6. Armen 2 forløber frit
gennem røret 6 og er ved hjælp af en muffe 7 stift forbun-
det til rørets modstående ende 8. Følgelig danner den komplette
følerindretning en integreret enhed uden nogen hængslet for-
bindelse.

Da alle understøtningspunkter ved hjælp af armene er stift for-
bundet til den ene eller den anden ende af røret 6 vil sidst-
nævnte, når følerindretningen belastes, være underkastet et bøj-
ningsmoment, der på kendt måde afføles ved hjælp af elektriske
strain gauges eller spændingsfølere 9, der er tilvejebragt
på rørets over- eller undersider. Strain gauge'erne 9 er elek-
trisk tilsluttet til en boks, der er udstyret med en elektrisk
strømkilde, såsom et batteri, og organer til at bearbejde

og transformere signalet til en visieranordning.

5 Understøtningspunkterne A, B og C af følerindretningen vist i fig. 2 og markeret som pilespidser er fastgjort til en basis, der kan være kasseformet, medens vægtskålen eller en tilsvarende part er fastgjort til de understøttende parter D, E og F, der er markeret som pilender.

10 Understøtningspunkterne i de to trepunktsunderstøtninger danner hjørner, hver i en ligebenet trekant ABC henholdsvis DEF. Punkterne A og D udgør trekanternes toppunkter og det er vigtigt at strain gauge'erne 9 er placeret nøjagtigt i hver trekants halve højde. Ifølge fig. 2 er armen 2 koaksial med en imaginær
15 højdelinie i den pågældende trekant.

På grund af den dobbelte trepunktsunderstøtning er følerindretningen påvirket af seks hovedkræfter, når vægtskålen er centralt belastet, hvilke kræfter alle er rettet i lodret
20 retning, dvs. vinkelret på papirets plan. Trepunktsunderstøtningernes virkning er, at kraftsystemet er statisk fuldt bestemt og selvjusterende. Hvis basis således er ujævn eller skrå giver dette kun en fejl, der afhænger af forkortelsen af den pågældende momentarms projicerede længde. Denne fejl er i
25 de fleste tilfælde ubetydelig lille, således at der normalt ikke vil kræves nogen nivellering af vægten.

Følerindretningen vist i fig. 2 kan f.eks. ophænges på den i fig. 3 viste måde. Den arm, der forbinder understøtningspunkterne A og D til målerøret 6's ende 8 er som i fig. 2
30 angivet ved henvisningstallet 2. I en boks 10, der tjener som en basis, er punktet A således understøttet ved hjælp af en bladfjeder 11, der ved henvisningstallet 12 er nittet til boksens væg. På tilsvarende måde er også punkterne B og
35 C understøttet ved boksens modstående væg.

En vægtskål 13 er understøttet ved hjælp af en bladfjeder 14 i understøtningspunktet D. Fjederen 14 er ved henvisningstallet 15 nittet til vægtskålen. På en tilsvarende måde under-

understøttes skålen ved dens modstående kant af understøtningspunkterne E og F.

- 5 For at undgå drejemomenter om følerløret 6's længdeakse bør fjedrene 11 henholdsvis 14 være fastgjort drejeligt ved armen 2's ender. De andre fastgørelsespunkter er stive. Ved at benytte bladfjedre tillades nogen aksial forskydning mellem skålen og basis samtidigt med, at fjedrene fungerer til at centrere disse parter i forhold til hinanden. Foruden trækkræfterne skal fjedrene også være i stand til at overføre nogle trykkræfter, jvf. nedenfor. Bladfjedrene kan imidlertid erstattes af andre ækvivalente ophængerorganer.
- 10
- 15 Hvis følerindretningens taravægt ikke tages i betragtning ved den i fig. 3 viste vægt med følerindretningen ifølge fig. 2, vil summen af de på følerindretningen virkende og fra vægtskålen med belastning hidrørende tre nedadrettede kræfter være lig med summen af de opadrettede reaktionskræfter hidrørende fra basen. Forskydes belastningen mellem forskellige punkter på vægten, vil dette selvfølgelig ikke påvirke kraftsummens størrelse, hvilket betyder at måle- eller følerløret 6 vil blive underkastet det samme bøjningsmoment om dets midterplan S - S (se fig. 2), i hvilket strain gauge'erne 9 er placeret, uafhængigt af belastningens placering på vægtskålen.
- 20
- 25 På grund af ophængerorganerne 11 og 14's fastgørelse overføres der ikke noget drejningsmoment om længdeaksen. Hvis man som et eksempel betragter kræfterne og den vægt P, der er placeret centralt på vægtskålen, og hvis skålens og følerorganets taravægt ikke er taget i betragtning, vil kræfterne ved punkterne
- 30 A og D begge være $P/2$, men være modsat rettede. Kræfterne i punkterne B, C henholdsvis E, F vil hver være $P/4$, og to og to være rettet i modsat retning til hinanden. Det kan nemt vises, at det moment, der ved hjælp af kraftparret A - D transmitteres til følerlørets højre ende, er lig med, men rettet modsat til det moment, der overføres ved den venstre ende fra kraftparrene B - E og C - F. Hvis afstanden mellem punkterne A og D betegnes som L, vil størrelsen af det moment M, der
- 35

måles ved midterplanet S - S af strain gauge'erne 9 være:

$$M = P \times L/2.$$

5

Hvis nu belastningen fjernes fra midten, således at den er placeret f.eks. nøjagtigt over punktet A, vil kraften ved A vokse til værdien P, medens kræfterne ved B og C vil være 0. Kræfterne ved E og F vil hver vokse til P/2 og kraften ved D vil være 0. De lodrette kræfter, der virker på følerindretningen vil selvfølgelig balancere hinanden og momentet M ved følerindretningens midterplan vil følgelig i dette tilfælde være:

10

$$M = P \times L/2.$$

15

Hvis nu belastningen P antages forskudt til et hjørne af vægtskålen, f.eks. nøjagtigt over punktet E i fig. 2, vil systemet have en tendens til at dreje om en imaginær forbindelseslinie mellem punkterne A og B, og således hæves ved punktet C. Da de bærende fjedre imidlertid også kan optage trykkræfter, holdes systemet af en modsatrettet kraft ved punktet C. Der vil ikke være nogen kraft ved punkterne D og F.

20

25

Det er nemt at vise, at kraften ved punktet C antager P/2, og at kraften ved punktet A andrager P, og ved punktet B andrager P/2. Disse kræfter er rettet modsat til kraften ved punktet C. Denne kraftkonstellation danner et drejningsmoment for tværstangen 4, hvilket imidlertid ikke påvirker følerindretningen 9, men som betyder, at momentet i midterplanet S - S stadig vil være:

30

$$M = P \times L/2.$$

35

På en tilsvarende måde er det muligt at vise, at hvis vægten forskydes til ethvert andet punkt på vægtskålen

overføres der generelt ingen falske momenter eller kræfter til følerrøret 6, skønt der i visse tilfælde opnås momenter i en stiv krydsforbindelse. Hvis vægtskålens og følerindretningens taravægte tages i betragtning, vil dette kun give en fast forøgelse af tara, der nemt kan balanceres elektrisk.

Følerindretningen i fig. 4 er ikke rørformet, men homogen og har en taljepart 16, hvortil strain gauge'erne er fastgjort. Momentet overføres således fra punktet A via den centrale arm 2 og et åg 17 til følerindretningens højre ende, der som i fig. 2 er i forbindelse med punktet D. Momentet fra de andre understøtningspunkter overføres som ovenfor ved hjælp af tværstangen 4 til følerindretningens venstre ende.

Denne udførelsesform er særlig velegnet til meget følsomme vægte, og når det er ønsket at benytte et følermateriale, der ikke nemt kan fremstilles som et rør. Følerindretningen kan imidlertid også ændres på andre måder, og f.eks. kun være en forlængelse af midterarmen 2. Også i dette tilfælde benyttes et åg 17, som vist i fig. 4.

I en følerindretning ifølge fig. 5 har de ydre arme og midterstangen, der forbinder disse arme, generelt en X-form. Det er således muligt at spare materiale og reducere vægten ved at benytte støbt silumin eller tilsvarende materiale. Funktionen er imidlertid den samme, som for følerindretningen ifølge fig. 2.

I den i fig. 6 viste ændrede udførelsesform er midterarmen 2 forskudt i forhold til sidearmene. Som det fremgår af de ligebenede trekanten angivet i figuren, er strain gauge'erne stadig placeret på et fælles midterplan S - S, der deler trekantens højde i to ens dele. Denne udførelsesform kan i nogle tilfælde være fordelagtig for at lette og give mere plads til ophængeorganerne.

Ophængeorganet 18 i den i fig. 7 viste udførelsesform kan fremstilles ved fotogravering eller stansning af et egnet fjedermetal. Ophængeorganet kan f.eks. fastgøres til boksen 10, således som vist i fig. 8, ved hjælp af en klemskrue 19, der samvirker med en indstillingsskrue 20, hvis længde kan indstilles ved hjælp af et gevind 21. Dette kunne være ønskeligt til finindstilling af vægte med meget stor præcision.

Til vægte med en meget stor præcision kan det også være fordelagtigt at ophængeorganerne, som vist i forbindelse med et ophængeorgan 22 i fig. 9, er fastgjort til følerindretningens arme på en sådan måde, at der ikke vil være nogen berøring mellem ophængeorganet 22 og armen i en position svarende til følerindretningens midterplan 23. Ophængeorganet 22 kan f.eks. indsættes i en spalte og være fikseret ved hjælp af en skrue 24. Ophængeorganet 22 kan også være arrangeret således, at det ikke har nogen berøring med armen i den position, der svarer til følerindretningens midterplan, når det er afbøjet af en normal belastning. Dette kan være særligt vigtigt, når man benytter meget forudbelastende vægte, der kræver en stor nøjagtighed.

For at indstille armens længde, f.eks. ophængeorganets understøtningspunkt, i præcisionsvægte af den ovenfor beskrevne art i forhold til følerindretningens midte, er det også muligt at arrangere en kopformet fjederskive eller tilsvarende genstand mellem armens ende og ophængeorganet. Denne skive kan være sammentrykket så meget som nødvendigt ved hjælp af ophængeorganets monteringskrue, og f.eks. ved hjælp af lim låses i den ønskede position. Ved en sådan justering er det muligt at kompensere for mindre fejl, når strain gauge'erne monteres.

De ovenfor beskrevne udførelsesformer for elektronvægte ifølge opfindelsen skal kun anses for at være for øjeblikket fore-

trukne udførelsesformer, og et antal yderligere ændringer er mulige inden for omfanget for princippet med den dobbelte trepunktsunderstøttelse, som defineret i kravene, især med hensyn til den geometriske form af det understøttende arrangement og dettes ophængeorganer. De understøttende trekanters position med hensyn til hinanden kunne således varieres, og strain gauge'ernes orientering blive indstillet således, at de føler bøjningsmomentet.

Ved at benytte denne opfindelse er det forholdsvis nemt at fremstille vægte, der kan ændres hen over forskellige følsomhedsområder. Dette kan gøres ved at anbringe en første følerindretning, beregnet til at benyttes til forholdsvis små belastninger, på en anden følerindretning, beregnet til at blive benyttet til større belastninger, og som er tareret for den første følerindretnings vægt. Vægtskålen for den anden følerindretning og den første følerindretnings basis er passende bygget sammen til én enhed.

Da alle belastninger er beregnet til at blive anbragt på den første følerindretnings vægtskål, må det være muligt at overbelaste dette organ. Desårsag er der tilvejebragt stoporganer, der træder i funktion, når den første følerindretnings maksimale belastning er blevet nået, hvilke stoporganer f.eks. er anbragt på vægtskålen.

Ved hjælp af en omskifterindretning kan signalerne fra den første eller den anden følerindretning efter frit valg forbindes til måleelektronikken, således at det samme vejeapparat kan benyttes til at veje små belastninger med stor opløsning, såvel som store belastninger. Omskiftning mellem forskellige følsomhedsområder kan bevirkes automatisk, f.eks. i afhængighed af det målte signals størrelse.

På den ovenfor beskrevne måde kan et optimalt antal følerindretninger placeres på hinanden for at give den nødvendige

opløsning inden for et ønsket måleområde.

5 Skønt alle ovenfor stående eksempler angår platformvægte kan princippet for de anviste løsninger også f.eks. anvendes til belastningsceller, ved hvilke problemerne i det væsentlige er de samme, eller til andre kraftføleorganer.

10 Det må bemærkes, at det ikke er nødvendigt at benytte lige-benede trekanter, skønt dette arrangement foretrækkes. Det er således muligt at benytte trekanter med forskellig sidelængde, så længe som følerindretningen er placeret ved eller tæt på midterparten af trekanternes højde.

15 P a t e n t k r a v .

20 1. Elektronisk vægt omfattende en lastoptagende platform eller vægtskål (13), en følerindretning med et følerlegeme (6), der er udstyret med elektriske følere, hvilken følerindretning har seks understøtningspunkter (A - F), der set fra oven danner hjørnerne af to fortrinsvis ligebenede trekanter, hvor hver trekant har en grundlinie og en højde, hvor understøtningspunkterne (A - C), der danner den ene trekants hjørner, er forbundet til en basis (10), medens vægtskålen (13) er understøttet af understøtningspunkterne (D - F), der danner den anden trekants hjørner, hvor toppunkterne over for trekanternes grundlinier er rettet mod hinanden, og trekanternes grundlinier er parallelle, og hvor trekanterne set fra oven, delvis overlapper hinanden, k e n d e t e g n e t ved, at halveringspunktet for den ene trekants højde falder sammen med den anden trekants tilsvarende punkt, at de elektroniske følere (9) er placeret ved dette punkt og signalerer det på følerlegemet (6) virkende bøjningsmoment ved belastning af vægtskålen (13), idet den ene ende af følerlegemet (6) er stift forbundet

25
30
35

med trekanternes toppunkter (A,D) og den anden ende (5) er stift forbundet med hjørnerne (B,E,C,F) af trekanternes grundlinier, og at følerlegemets (6) virkningscentrum er placeret ved de sammenfaldende halveringspunkter for trekanternes
5 højde.

2. Vægt ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at hver trekants toppunkt, set fra oven, er placeret på eller forholdsvis tæt ved den anden trekants grundlinie.
10

3. Vægt ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at af de tre arme (1-3) er den ene arm (2) dels forbundet til de understøtningspunkter (A,D), der danner trekanternes toppunkter, og dels stift forbundet til en ende (8) af følerlegemet (6), og at de til understøtningspunkterne (B,E;C,F) forbundne andre arme (1,3) er stift forbundet til følerlegemets (6) modstående ende.
15

4. Vægt ifølge et eller flere af kravene 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at følerlegemet (6) er formet som en cylinder (6) og arrangeret koaksialt i forhold til den arm (2), der forløber mellem trekanternes toppunkter, hvilken arm er stift forbundet til den ene ende (8) af cylinderen (6), og at de andre arme (1,3) er stift forbundet til cylinderens (6) anden
20 ende (5), f.eks. via mellemliggende afstandsorganer (4).
25

5. Vægt ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at de i de to trekanter over for hinanden placerede hjørner (E,B;A,D;F,C) indbyrdes er forbundet ved hjælp af parallelle stænger (1-3), der danner de nævnte arme, og hvor midterstangen (2), der forløber på trekanternes højdelinier, er forbundet til følerlegemets (6) ene ende (8), medens de to andre stænger (1,3) er forbundet til følerlegemets (6) modstående ende ved hjælp af en tværstang (4).
30
35

6. Vægt ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at følerindretningen og platformen (13)

er understøttet således, at der er en vis bevægelsesfrihed tilladt i armenes (1-3) længderetning, og at understøtningspunkterne fortrinsvis er bladfjedre eller tilsvarende organer.

5 7. Vægt ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n -
d e t e g n e t ved, at to eller flere følerindretninger med
forskellige karakteristika er stablet oven på hinanden for at
skabe forskellige følsomhedsområder for vægten.

10 8. Vægt ifølge krav 7, k e n d e t e g n e t ved, at den
omfatter et stoporgan, der aktiveres, når den maksimale be-
lastning af den tilknyttede følerindretning er nået, således
at yderligere vægtforøgelse registreres af en mindre følsom
følerindretning.

15

20

25

30

35

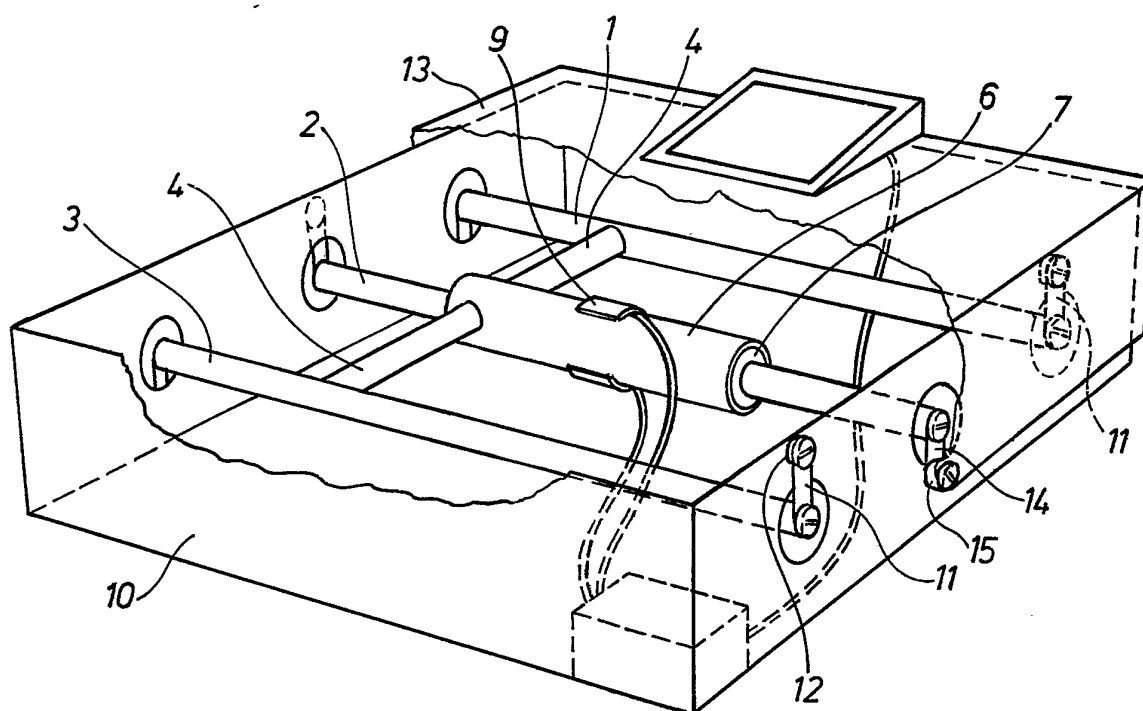


Fig.1

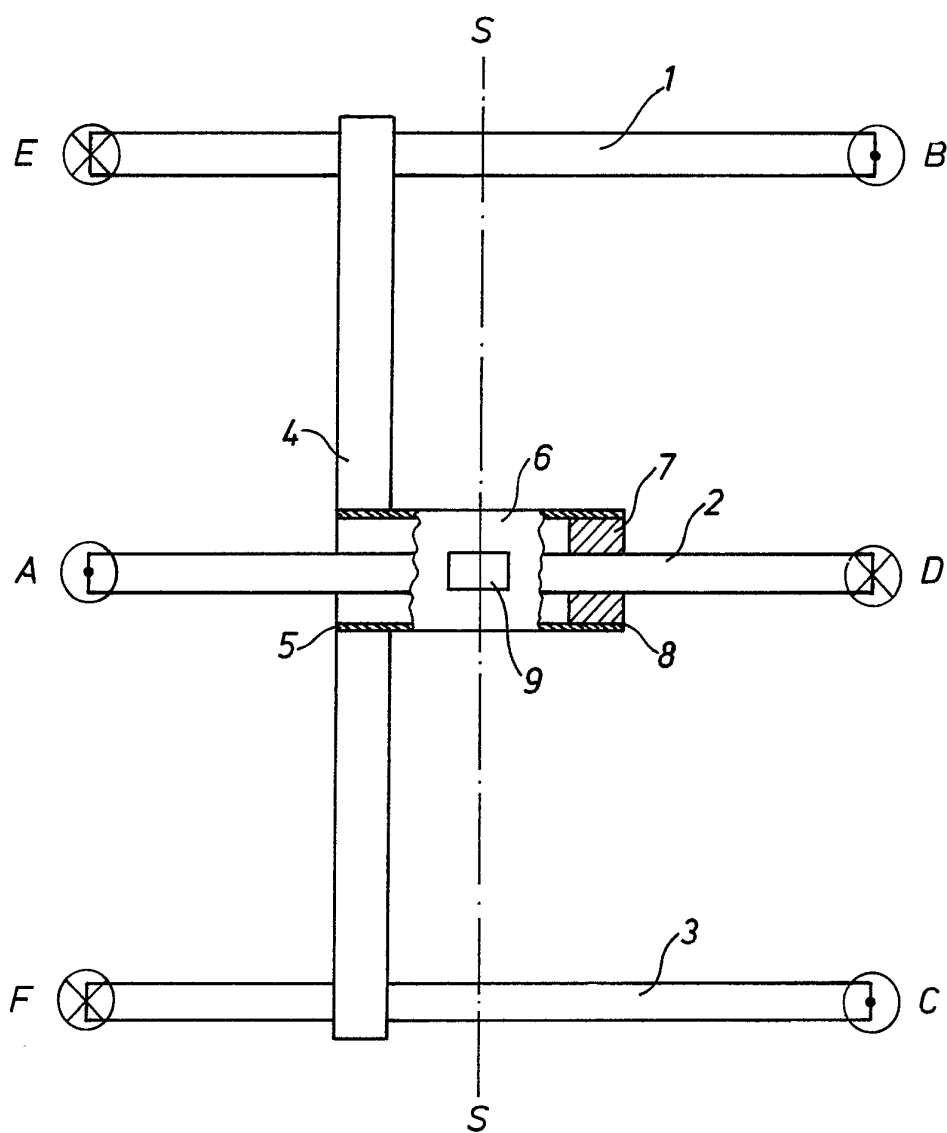


Fig. 2

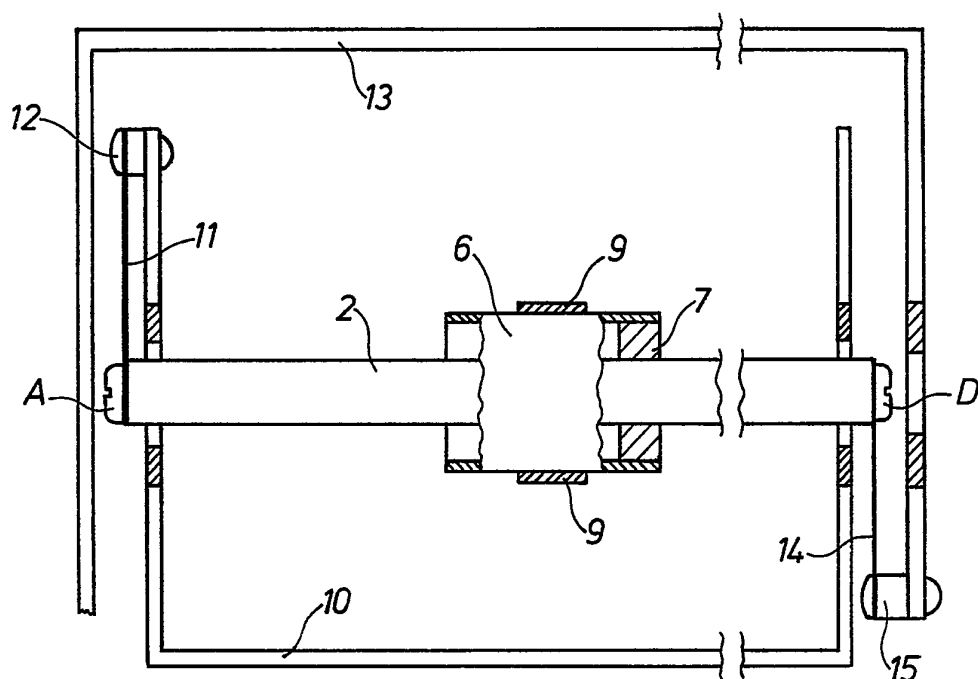


Fig. 3

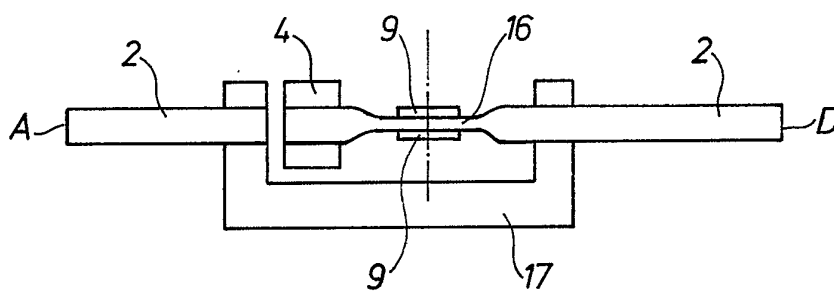


Fig. 4

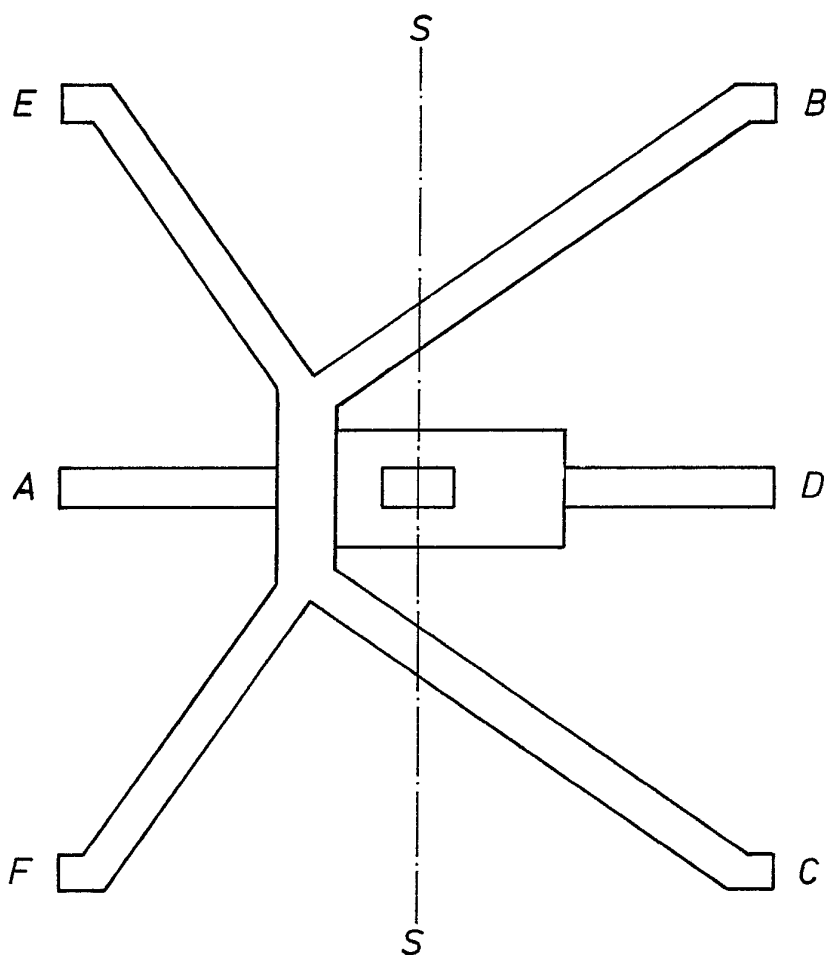


Fig. 5

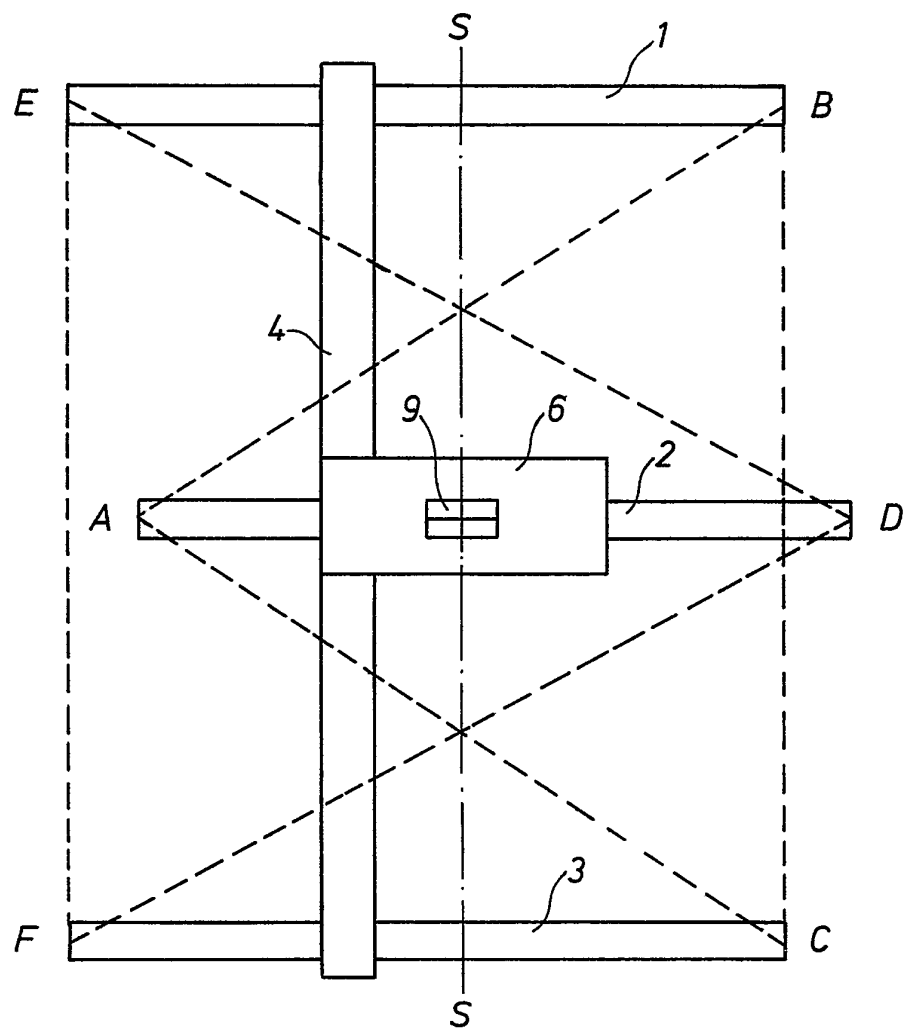


Fig.6

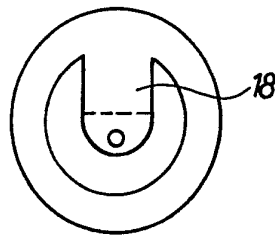


Fig. 7

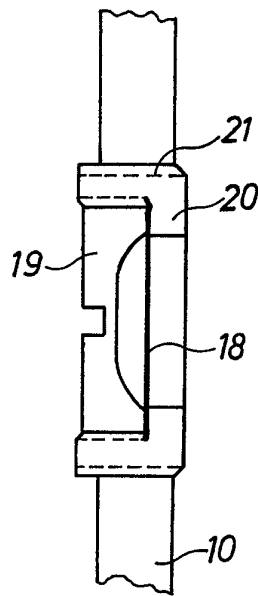


Fig. 8

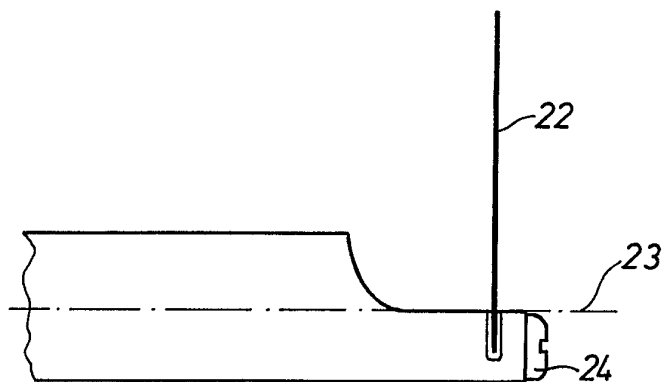


Fig. 9