



(11) FREMLÆGGELSESSKRIFT 141673

DANMARK

(51) Int. Cl.³ G 01 N 1/17



(21) Ansøgning nr. 2633/76 (22) Indleveret den 11. jun. 1976

(23) Løbedag 11. jun. 1976

(44) Ansøgningen fremlagt og
fremlæggeskriftet offentliggjort den 19. maj 1980

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENEN

(30) Prioritet begæret fra den
25. jun. 1975, 2528340, DE

(71) THOMAS LUND MADSEN, Rosengaardsvej 11, 2830 Virum, DK.

(72) Opfinder: Samme.

(74) Fuldmægtig under sagens behandling:
Internationalt Patent-Bureau.

(54) Apparat til måling af termisk diskomfort hidrørende fra asymmetri i det termiske felt.

Opfindelsen angår et apparat til måling af termisk diskomfort hidrørende fra asymmetri i det termiske felt, indeholdende et følerlegeme med opvarmnings- og temperaturmålemidler samt med følerlegemet forbundet styre- og måleapparatur til bestemmelse af følerlegemets varmeudveksling med omgivelserne. I den offentliggjorte tyske patentansøgning DT-OS 2.157.550 er omhandlet et apparat til måling af en persons termiske diskomfort, dvs. afvigelserne fra den ideelle komforttilstand, hvor den varme, som ved fødens forbrænding doseres i kroppen, afgives til omgivelserne under opretholdelse af en behagelig hudtemperatur. Med dette kendte apparat tages der imidlertid ikke hensyn til den eventuelle asymmetri af det termiske felt hidrørende f.eks. fra flader, der er væsentligt koldere eller varmere

end middeltemperaturen, eller fra stor lufthastighed, dvs. træk.

Det ville derfor være ønskeligt med et apparat til bestemmelse af den termiske diskomfort, der hidrører fra asymmetri i det termiske felt.

Der kendes et følerlegeme til retningsbestemt måling af varmeudvekslingen mellem en flade på følerlegemet og omgivelserne. Hvis den nævnte flade har en sådan farve, at dens varmestraling svarer til hudens, og hvis den holdes på hudtemperatur, er det muligt ved hjælp af det kendte følerlegeme af skaffe sig en vis oplysning om varmeudvekslingen mellem overfladen af et menneskeligt legeme og omgivelserne i en given retning. Hvis det kendte følerlegeme ønskes benyttet til konstatering af det termiske felts asymmetri, må der foretages en række målinger med følerlegemet pegende i forskellige retninger. Da målingen i hver retning først kan foretages efter nogen tid, idet der først skal indstille sig en ligevægtstilstand, bliver anvendelsen af det kendte følerlegeme kompliceret og tager lang tid, hvortil kommer, at målingerne ikke kan blive særligt nøjagtige, fordi det termiske felt kan nå at ændre sig under målingernes udførelse.

Fra det tyske offentliggørelsesskrift nr. 2 416 146 kendes endvidere et apparat med et antal bolometre, der er rettet i forskellige retninger, og med instrumenter til aflæsning af de enkelte, med bolometrene frembragte måleværdier. Ved sammenholdelse af instrumenternes visninger er det muligt at skaffe sig et overblik over, om der findes asymmetri i det termiske felt.

Den foreliggende opfindelse har til opgave at angive et apparat, hvormed det er muligt hurtigt og på enkel måde at få en eksakt måleværdi for den termiske diskomfort, der hidrører fra asymmetri i det termiske felt. Denne opgave løses ifølge opfindelsen ved, at følerlegemet har to parallelt anbragte og fra hinanden varmeisolerede, pladeformede elementer, hvis bort fra hinanden vendende flader er sorte, og at styre- og måleapparatet er indrettet til at holde de sorte flader på tilnærmelsesvis samme temperatur og til at måle forskellen mellem de hertil nødvendige effekter. I dette tilfælde foretages der en direkte måling af forskellen mellem følerlegemets varmeudveksling med omgivelserne i to modsatte retninger, således at man hurtigt og ved hjælp af kun én måling kan skaffe sig oplysning om asymmetrien i det termiske felt. Da målingen i de modsatte retninger foretages samtidigt, er det også sikkert, at man har udelukket fejl hidrørende fra med tiden varierende tilstande.

Af fordelingsmæssige grunde kan det ifølge opfindelsen være hensigtsmæssigt, at hvert pladeformet element er opdelt i flere separate dele. Dette er navnlig af betydning, hvis apparatet er indrettet til måling af andet end den fra asymmetrien hidrørende diskomfort, jvf. nedenfor.

Med henblik på at få et referencegrundlag for de sorte fladers temperaturer er en udførelsesform for apparatet ifølge opfindelsen ejendommelig ved, at det indeholder midler til måling af lufttemperaturen, og at styre- og måleapparatet er indrettet til at holde en fast temperaturforskel mellem luftens og de sorte fladers temperaturer. Temperaturforskellen kan f.eks. være 15°C , hvorved de sorte flader ved en lufttemperatur på ca. 20°C får en temperatur, der nogenlunde svarer til det menneskelige legemes hudtemperatur.

Til måling af luftens og de sorte fladers temperaturer kan apparatet ifølge opfindelsen indeholde temperaturfølsomme modstande, der er indkoblet i målebroer, hvorfra der afledes spændinger til styring af de til de pladeformede elementer førte effekter. Herved opnås en regulering af de sorte fladers temperaturer på særlig enkel måde.

En særlig hensigtsmæssig udførelsesform for apparatet ifølge opfindelsen er ejendommelig ved, at opvarmningseffekten til de pladeformede elementer tilføres i form af impulsrækker med konstant frekvens og amplitude, men variabel impulsbredde, og at styre- og måleapparatet indeholder et drejespoleinstrument med midtpunktsnul, der tilføres de to impulsrækker. I dette tilfælde fås den meget store fordel, at udslaget på drejespoleinstrumentet direkte vil være et udtryk for forskellen mellem de tilførte opvarmningseffekter.

Grænserne for det ubehag, som en person vil føle ved asymmetri i det termiske felt, vil afhænge af personens aktivitetsniveau, og derfor kan der ifølge opfindelsen parallelt med drejespoleinstrumentet være koblet en variabel modstand til indstilling af aktivitetsniveau.

Også personens beklædning vil være bestemmende for den grad af asymmetri, der kan tåles uden ubehag, og for at tage hensyn hertil kan instrumentets skala ifølge opfindelsen være således indrettet, at graden af asymmetri kan aflæses for forskellige clo-værdier.

Opfindelsen forklares nærmere i det følgende under henvisning til den skematiske tegning, hvor

fig. 1 perspektivisk viser et følerlegeme til et apparat ifølge opfindelsen,

fig. 2 et snit gennem en del af det i fig. 1 viste følerlegeme i stærkt forstørret målestok,
fig. 3 et koblingsdiagram over et apparat ifølge opfindelsen,
fig. 4 en skala til et måleinstrument i det i fig. 3 viste apparat og
fig. 5 en anden udførelsesform for et følerlegeme til et apparat ifølge opfindelsen.

Til opretholdelse af termisk komfort kræves for det første, at varmebalancen mellem en person og omgivelserne er i orden. I den offentliggjorte tyske patentansøgning DT-OS 2.157.550 er angivet et apparat, hvormed man kan konstatere, om en persons termiske komfort er optimal, svarende til en PMV-værdi på nul, eller om den afviger herfra i større eller mindre grad.

PMV-værdien (predicted mean vote) er et tal, som er korreleret med en persons opfattelse af de termiske omstændigheder efter følgende skala:

- 3 ubehageligt koldt
- 2 koldt
- 1 køligt
- 0 neutralt
- +1 lunt
- +2 varmt
- +3 ubehageligt varmt

En afvigelse fra det optimale kan f.eks. skyldes, at varmeafgivelsen fra kroppens forskellige dele er uensartet, idet dette giver et termisk ubehag.

Med apparatet ifølge opfindelsen kan det på hurtig og enkel måde konstateres, om der er tale om en asymmetri i det termiske felt, og om denne asymmetri er så stor, at den kan være årsag til den termiske diskomfort. Den termiske diskomfort hidrørende fra et asymmetrisk termisk felt kan enten skyldes en asymmetrisk varmeafgivelse ved stråling eller ved konvektion eller ved en kombination af disse. En person er imidlertid normalt ikke i stand til at konstatere, om der er tale om asymmetrisk stråling eller om asymmetrisk konvektion (træk), idet hudens termoreceptorer sidder under overfladen og re-

gistrerer forskelle i varmestrøm gennem huden, altså varmeledning.

Opfindelsen bygger på nedenstående udtryk for komfortgrænserne for asymmetriske termiske felter:

$$-2,4 - 1,8 I_{clo} \leq \Delta t_w F_{P-W} \leq 3,9 + 1,8 I_{clo}, \quad (I)$$

hvor I_{clo} er beklædningens clo-værdi, dvs. dens evne til at reducere en persons varmetab til omgivelserne ($1 \text{ clo} = 0,155 \frac{\text{m}^2\text{C}}{\text{W}}$),

F_{P-W} er vinkelforholdet mellem person og strålingskilde og

t_w er temperaturforskellen mellem strålingskilde og middelstrålingstemperatur.

Udtrykket gælder, når PMV-værdien er nul. Hvis dette ikke er tilfældet, indsnævres området. Ved opstillingen af udtrykket er anvendt asymmetriske strålingsfelter, hvilket dog er uden betydning, da en person som nævnt ikke kan føle, hvad der er årsag til asymmetrien. Udtrykket er bestemt empirisk på grundlag af et forholdsvis lille antal personer, og talværdierne vil derfor muligvis blive ændret, når der foreligger et større erfaringsmateriale.

Det i fig. 1 og 2 viste følerlegeme til et apparat ifølge opfindelsen er opbygget af en plade 1 af varmeisolerende materiale, der på hver side har en plade 2 og 3 af godt varmeledende materiale, f.eks. sølv. De flader af pladerne 2 og 3, der vender mod omgivelserne, er gjort sorte og matte. Pladerne 2 og 3 har på bagsiden dels varmetråde 4 og 5, dels temperaturfølsomme modstandstråde 6 og 7, f.eks. nikkeltråde. Trådene kan være fastgjort til pladerne ved klæbning.

Den af pladerne 1, 2 og 3 bestående enhed er anbragt på en stang 8, der desuden bærer en lufttemperaturmåler 9, som indeholder en i fig. 1 ikke vist temperaturfølsom modstandstråd, f.eks. en nikkeltråd, og som endvidere kan indeholde en lille blæser, som sørger for en kraftig luftbevægelse omkring modstandstråden og dermed en hurtig og præcis måling af lufttemperaturen. Lufttemperaturmåleren 9 skal være anbragt så tæt som muligt ved strålingsmåleren 1, 2, 3, men dog således at målingerne ikke forstyrrer hinanden.

Varmetrådene 4 og 5, modstandstrådene 6 og 7 samt modstandstråden 10 i lufttemperaturmåleren 9 er over ikke viste ledninger indskudt i det i fig. 3 viste apparatur. Lufttemperaturmålemodstanden 10 udgør i serie med en fast modstand 11 den ene gren i to brokoblinger, hvis andre grene udgøres af henholdsvis modstanden 6 i serie med en fast modstand 12 og en variabel modstand 13 og

modstanden 7 i serie med en fast modstand 14 og en variabel modstand 15. I brodiagonalerne er tilsluttet som sammenligningskoblinger arbejdende forstærkere 16 og 17, hvis ene indgang desuden tilføres en trekantsspænding fra en spændingsgenerator 18 over en kondensator 19. Udgangssignalerne fra forstærkerne 16 og 17 styrer to fortrinsvis elektroniske relæer 20 og 21, hvormed varmelegemerne 4 og 5 kan tilsluttes koblingens fødejævnspænding. Med dette arrangement opnås, at varmelegemerne fødes med en impuls-spænding med fast frekvens, nemlig bestemt af trekantsspændingens frekvens, med fast amplitude, nemlig bestemt af koblingens fødejævnspænding og med en variabel impulsbredde, der afhænger af den pågældende brodiagonals spænding. Hvis spændingen over varmelegemerne 4 eller 5 måles med et drejespoleinstrument fås et udslag, der er proportionalt med den til varmelegemerne førte effekt.

I den i fig. 3 viste kobling er spændingerne E_{FI} og E_{FII} over de to varmelegemer 4 og 5 over modstande 22 og 23 tilført et drejespoleinstrument 24 med nulpunkt midt på skalaen. Dette instruments visning vil derfor være proportional med forskellen mellem de effekter, der tilføres de to varmelegemer.

Instrumentet 24 er shuntet af serieforbindelsen af en fast modstand 25 og en variabel modstand 26, med hvilken instrumentets følsomhed kan varieres. Modstanden 26 indstilles i overensstemmelse med den diskomfortværdi, dvs. PMV-værdi, der måles f.eks. med det fra det ovennævnte tyske offentliggørelsesskrift kendte apparat, og som man kunne betegne den retningsuafhængige diskomfortværdi, idet en person, der befinder sig i et asymmetrisk termisk felt, lettere når de ved udtrykket (I) givne grænser, hvis der er tale om en væsentlig retningsuafhængig diskomfort, end hvis den retningsuafhængige komforttilstand er optimal.

Når apparatet tages i brug, indstilles de to modstande 13 og 15, fortrinsvis i et symmetrisk termisk felt, til sådanne værdier, at de to plader 2 og 3 har samme temperatur, der ligger et fast antal grader, f.eks. 15°C , over lufttemperaturen, der måles med modstanden 10. Når følerlegemet herefter udsættes for et asymmetrisk termisk felt, vil den i fig. 3 viste kobling søge at opretholde de samme temperaturrelationer mellem lufttemperaturen og temperaturen af de to plader 2 og 3, og den forskel i opvarmningseffekt, der kræves hertil, kan aflæses på instrumentet 24.

Det gælder nu om at få fastlagt de steder på instrumentets skala, der svarer til grænserne i udtrykket (I). Når en person føler termisk diskomfort, når disse grænser overskrides, er grunden den, at en for stor lokal afvigelse fra middelhudtemperaturen føles ubehagelig. Ved nu at lade følerens ene side repræsentere den normale hudtemperatur og med den anden side måle afvigelsen herfra kan det konstateres, om udtrykket (I) er opfyldt.

Udtrykket $\Delta t_{W F_{P-W}}$ kan beregnes, hvis man har kendskab til temperaturen af den strålekilde, der forårsager asymmetrien og personens vinkelforhold til denne strålekilde. For følerlegemet er strålingsforholdene enklere. Det deler simpelthen omgivelserne i to halvrum. Hvis den nævnte strålekilde tænkes at befinde sig i halvrum I, fås

$$\Delta t_{W F_{P-W}} = (t_{mrt_I} - t_{mrt_{II}}) 0,5, \quad (II)$$

hvor venstre side af lighedstegnet gælder for en person og højre side for følerlegemet, og hvor t_{mrt_I} og $t_{mrt_{II}}$ betegner middelstrålingstemperaturerne for henholdsvis det ene og det andet halvrum. Faktoren 0,5 skyldes, at hver af følerpladerne har et samlet vinkelforhold til omgivelserne på 0,5.

Hvis I_{clo} sættes lig med nul, fås ved indsættelse af udtrykket (II) i udtrykket (I) følgende udtryk

$$-4,8 \leq t_{mrt_I} - t_{mrt_{II}} \leq 7,8. \quad (III)$$

Da det for varmeudvekslingen mellem en flade og omgivelserne gælder, at

$$\phi = \varepsilon \cdot \tilde{L} (t_F^4 - t_{mrt}^4) \quad (IV)$$

hvor ε er emissionstallet for fladen (som for en sort mat flade er lig med 0,97),

$\tilde{L}$ er Stefan Boltzmanns konstant ($5,75 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{Kelvin}$),

t_F er fladens temperatur (i Kelvin) og

t_{mrt} er omgivelsernes middelstrålingstemperatur (ligeledes i Kelvin), er det nu muligt at finde de forskelle i varmeafgivelse fra følerlegemets to sider, som svarer til henholdsvis den nedre og den øvre grænse i udtrykket (III). Sættes middelstrålingstemperaturen i halvrum II til 20°C , fås ved den nedre grænse

$$t_{mrt_I} = 20 - 4,8 = 15,2^\circ\text{C} \text{ og}$$

$$\Delta \phi_n = 0,97 \cdot 5,75 \cdot 10^{-8} \left[(20+273)^4 - (15,2+273)^4 \right] = \quad (V)$$

26,3 W/m² ,

og ved den øvre grænse

$$t_{mrt_I} = 20 + 7,8 = 27,8^\circ\text{C} \quad \text{og}$$

$$\Delta \phi_\emptyset = 0,97 \cdot 5,75 \cdot 10^{-8} \left[(27,8+273)^4 - (20+273)^4 \right] = \quad (VI)$$

45,5 W/m².

Tilsvarende beregninger kan udføres for andre værdier af I_{clo} .

Det er nu muligt at dimensionere en skala til måleinstrumentet

24. Dimensioneringen bliver særlig enkel, hvis følerpladernes arealer og varmelegemer vælges således, at spændingen E_F bliver lig med $0,1 \cdot \phi_F$, hvor ϕ_F er den til følerpladen førte effekt i W/m².

En sådan instrumentskala 27 er vist i fig. 4. De skrå linjer 28 og 29 angiver grænserne i udtrykket (I). Som det vil ses, er linjerne 28 og 29 ikke parallelle med retningen af instrumentets viser. Dette skyldes, at det område, inden for hvilket en person ikke føler termisk ubehag som følge af termisk asymmetri, udvides jo varmere personen er påklædt. De områder 30 og 31, der ligger uden for linjerne 28 og 29 kan være markeret med farve, f.eks. henholdsvis blå og rødt. Som det vil ses, ligger den nedre og den øvre grænse ikke symmetrisk i forhold til instrumentets nulpunkt, og det er derfor nødvendigt at give følerlegemet en bestemt orientering, således at det altid er side I, der vender mod den strålekilde, der frembringer asymmetrien, eller luftbevægelsen. Den pågældende side er fortrinsvis markeret på følerlegemet, f.eks. ved hjælp af en farvekode.

Da en person som nævnt ikke kan mærke, om asymmetrisk varmeafgivelse skyldes stråling eller konvektion eller en kombination af disse, er det berettiget at erstatte forskellen mellem middelstrålingstemperaturerne, jvf. udtrykket (III), med forskellen mellem den samlede varmeafgivelse fra de to sider I og II. Derfor vil forskellen mellem de spændinger E_{FI} og E_{FII} , som repræsenterer varme-

afgivelserne fra de to sider af følerlegemet med ret stor nøjagtighed, repræsentere den asymmetri i det termiske felt, som en person vil føle på følerlegemets plads.

I fig. 5 er vist en anden udførelsesform for følerlegemet. I dette tilfælde er der på hver side af den varmeisolerende plade 1 anbragt to diametralt modstående sorte og matte plader 32 og 33 og to ligeledes diametralt modsatte blankpolerede plader 34 og 35. Med et sådant følerlegeme og en dertil tilpasset styre- og måleapparat er det muligt ud over den ovenfor beskrevne måling af asymmetrien i det termiske felt også at udføre en måling af lufthastigheden og af middelstrålingstemperaturen.

Opfindelsen er i øvrigt ikke begrænset til de ovenfor beskrevne og på tegningen viste udførelsesformer, men kan ændres på forskellige måder inden for rammerne af efterfølgende patentkrav. Det vil således f.eks. være muligt at indføre de forskellige clo-værdier elektrisk i styre- og måleapparatet, hvorved instrumentets skala kan forenkles, idet de i fig. 4 viste kurver, der repræsenterer de forskellige clo-værdier, da kan udelades.

P A T E N T K R A V

1. Apparat til måling af termisk diskomfort hidrørende fra asymmetri i det termiske felt, indeholdende et følerlegeme (1, 2, 3) med opvarmnings- og temperaturmålemidler (4-7) samt med følerlegemet forbundet styre- og måleapparatur til bestemmelse af følerlegemets varmeudveksling med omgivelserne, k e n d e t e g n e t ved, at følerlegemet har to parallelt anbragte og fra hinanden varmeisole-rede, pladeformede elementer (2 og 3), hvis bort fra hinanden vendende flader er sorte, og at styre- og måleapparatet er indrettet til at holde de sorte flader på tilnærmelsesvis samme temperatur og til at måle forskellen mellem de hertil nødvendige effekter.

2. Apparat ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at hvert pladeformet element er opdelt i flere separate dele (32 og 33).

3. Apparat ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at det indeholder midler (10) til måling af lufttemperaturen, og at styre- og måleapparatet er indrettet til at holde en fast temperaturforskul mellem luftens og de sorte fladers temperaturer.

4. Apparat ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at det til måling af luftens og de sorte fladers temperaturer indeholder temperaturfølsomme modstande (5, 6 og 10), der er indkoblet i målebroer, hvorfra der afledes spændinger (E_F) til styring af de til de pladeformede elementer førte effekter.

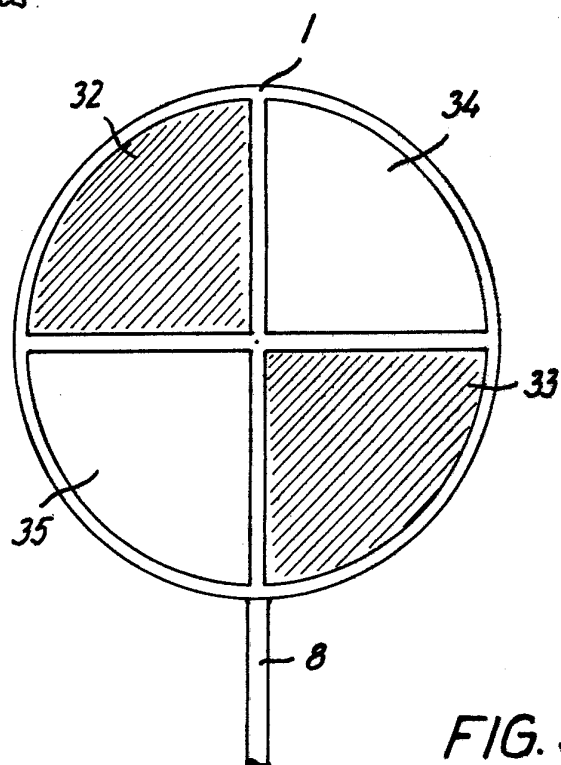
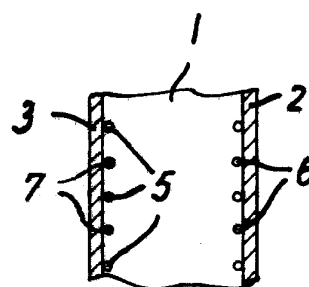
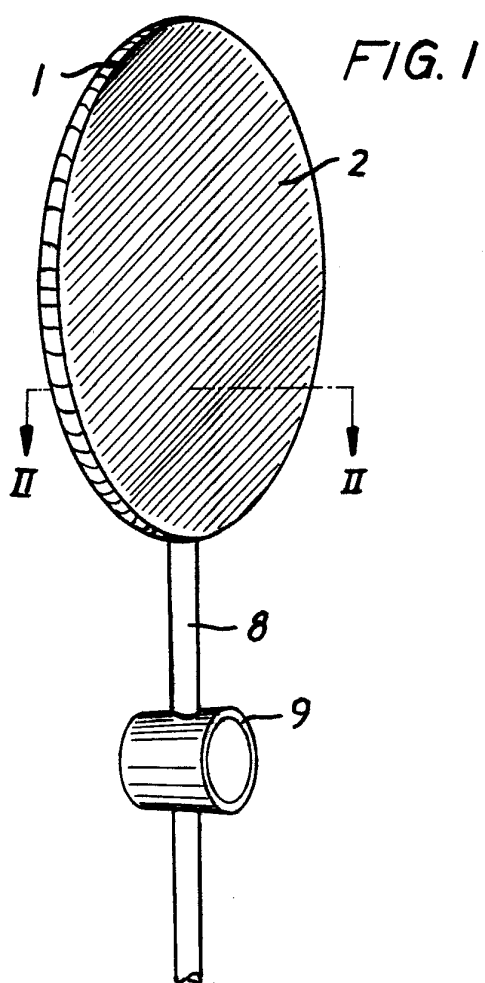
5. Apparat ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t ved, at opvarmningseffekten til de pladeformede elementer tilføres i form af impulsrækker med konstant frekvens og amplitude, men variabel impulsbredde, og at styre- og måleapparatet indeholder et drejespoleinstrument (24) med midtpunktsnul, der tilføres de to impulsrækker.

6. Apparat ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at der parallelt med drejespoleinstrumentet er koblet en variabel modstand (26) til indstilling af aktivitetsniveau.

7. Apparat ifølge krav 5 eller 6, k e n d e t e g n e t ved, at instrumentets skala (27) er således indrettet, at graden af asymmetri kan aflæses for forskellige clo-værdier.

Fremdragne publikationer:

Tysk offentliggørelsesskrift nr. 2416146.



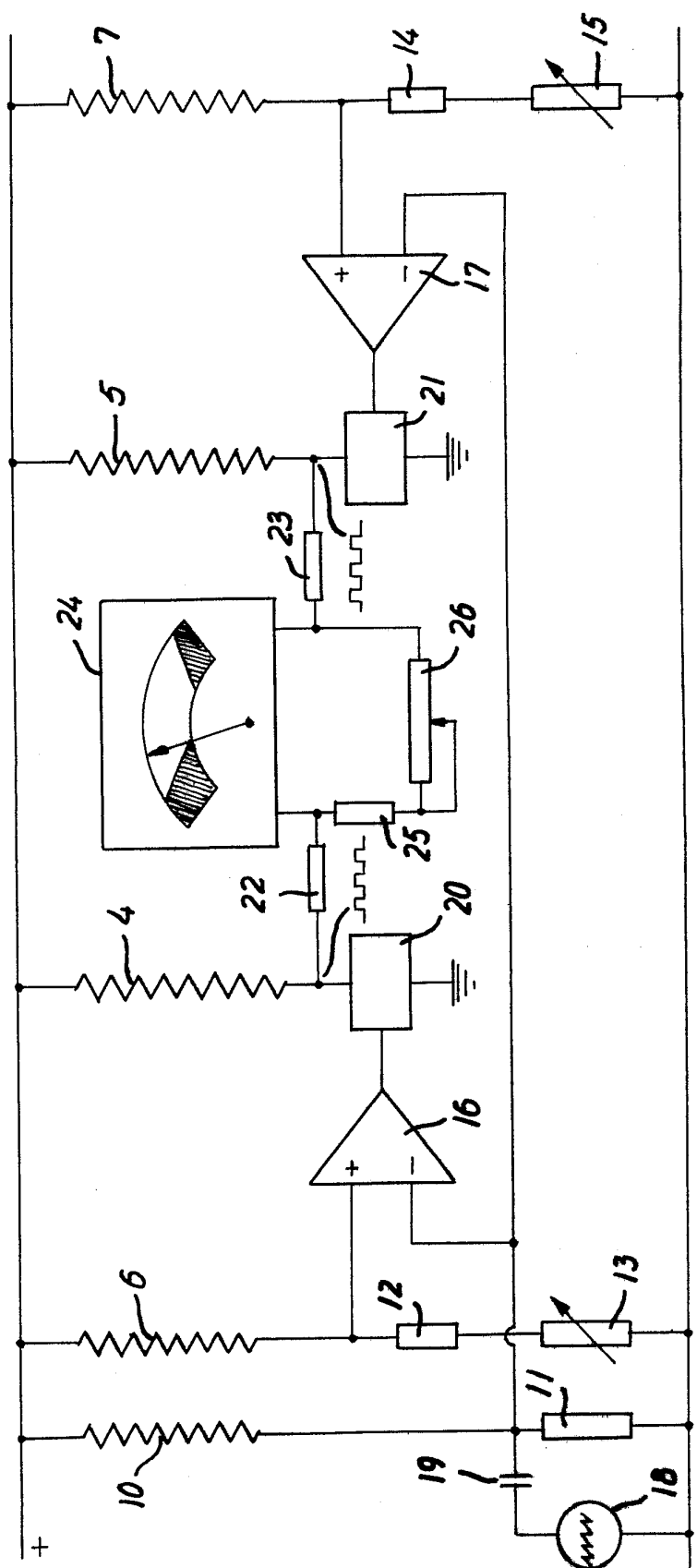


FIG. 3

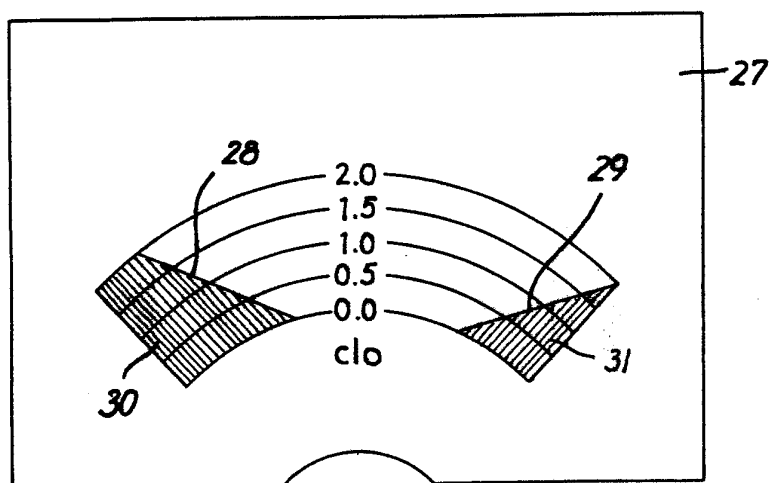


FIG. 4