

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 872268 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 872268

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
G01P 5/12

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 22.05.1987

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 22.05.1987

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 24.11.1987

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 12.06.2019

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

23.05.1986 US 866604

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 •Djorup, Robert S., 20 Lovewell Road, Wellesley Mass., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 •Djorup, Robert S., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Suunnattu lämpöanemometrimuuttaja

Riktad termoanemometeromvandlare

Suunnattu lämpöanemometrimuutin

Esillä olevan keksinnön kohteena on yleensä parannettu lämpöanemometrituntoelin, jota käytetään muutinta
 5 ympäröivän nestemassan liikkeen tai päinvastoin muuttimen nesteen kautta tapahtuvan liikkeen määrittämiseen. Keksintö kohdistuu erityisesti suunnattuun lämpöhäviöanemometri-
 muuttimeen, jota käytetään sen väliaineen, kuten nesteen tai kaasun, ominaisuuksien sekä liikenopeuden ja -suunnan
 10 ilmaisemiseen, johon muutin on upotettu. Keksinnön kohteena ovat myös sekä analogiset että digitaaliset laitteet muuttimen magnetointia ja toimintaa sekä muutinsignaalin lukemista varten.

Aikaisemmin tunnetaan hyvin kuumien lankojen ja
 15 kalvojen käyttö anemometrimuuttimina. Tällaisissa laitteissa kuumennettu vastuselementti toimii tuntoelimenä ja sen geometristä muotoa käytetään avaruustilareagoinnin määrittämisessä siihen törmäävän nestevirtauksen yhteydessä. Tällä tuntoelimellä on nollasta eroava lämpövastuskerroin
 20 ja elementti pidetään vakiovastuksen ja siten myös vakio-
 lämpötilan alaisena. Esimerkkejä aikaisemmin tunnetuista lämpöhäviöanemometrimuuttimista, lämpöanemometrituntoilmaisimista ja niiden käyttöpiireistä on selostettu U.S.
 patenttijulkaisuissa N:ot 3,363,462, 3,352,154, 3,604,261,
 25 3,677,085, 3,900,819, 4,024,761, 4,206,638, 4,279,147 ja
 4,549,433.

U.S. patenttijulkaisuissa N:ot 3,352,154 ja
 3,677,085 selostetaan radiaalisia muuttimia varustettuina
 muuttimen lieriöön tai pyöreään reunaan asetetuilla kais-
 30 taleilla tai langoilla. U.S. patenttijulkaisuun N:o
 3,352,154 viitaten siinä esitetään lieriön akselin suuntaisesti lieriön stagnaatioalueelle asetetut kapeat suuntaillmaisukaistaleet. Tällaista asennuskohtaa ei voida ol-
 lenkaan käyttää törmäävän virtausvektorin alaisessa muut-

timessa, tämän vektorin siirtyessä muuttimen geometrisen muodon akselin suuntaista ulottuvuutta pitkin. Pitkänomaiset ohuet kalvokaistaleet tai langat ovat käyttökelpoisia radiaalisen, mutta ei aksiaalisen virtauksen yhteydessä.

- 5 U.S. patenttijulkaisussa N:o 3,677,985 selostetaan upotettuja lankoja, kaistaleita ja kalvoja, jotka on asetettu pareittain selvästi erilleen kappaleessa, jonka leveyden ja paksuuden välinen suhde on miltei 3:1. Selostettu tangentenvirtausmittarigeometria on tarkoitettu käyttöön rajoittavassa johdossa tai putkessa, jossa esiintyy radiaalinen pakkovirtaus muutinta vasten sekä rajoitettu vapaa virtaus. Selostuksessa kerrotaan, että kukin tuntoelin on pyritty suojaamaan tukikappaleen yli kulkevalta virtaukselta tämän kappaleen itsensä toimiessa esteenä.

- 15 U.S. patenttijulkaisussa N:o 3,604,261 selostetaan laajasti segmentoituja lieriömäisesti tuettuja ilmaisin-kalvoja muuttimen geometrisessä rakenteessa, joka on suunniteltu törmäävää radiaalista virtausta varten, lämmönsiirron jakautumismuutoksen riippuessa suuntaillmaisesta sillä ilmaispinnalla, joka sijaitsee pyörteisellä suojanpuolella tukilieriön dynaamisten erotuskohtien takana.

- Aikaisemmin käytetyissä lämpöanemometrimuuttimissa, jotka eivät sisällä liikkuvia osia, on luonteenomaisesti esiintynyt eriasteisia vaikeuksia läheisen yhtäläisyyden saavuttamiseksi "ihanteellisen" kosiniominaiskäyrän kanssa yhdessä tasaisen ja jatkuvan siirron kanssa virtauksen yhdestä suunnasta vastakkaiseen suuntaan. Sähköisten "värinäsignaalien" ja keinotekoisien sivulta sivulle tapahtuvan "keilan" vaihdon käyttö on auttanut akseliylikulun epäsäännöllisyyksien lievittämisessä. U.S. patenttijulkaisuissa N:ot 4,206,638 ja 4,279,147 selostetaan, että lisäparannusta on saavutettu käyttämällä itses-
tään indusoitunutta pyörteistä vanaa luontaisesti tapahtuvana "aerodynaamisena värinäsignaalina" akselin yli-

kulkualueilla. Vaikka U.S. patenttijulkaisu N:o 4,549,433 ei selostakaan lämpöanemometriä, siinä neuvotaan kuitenkin yksittäisten lattalevyjen tukemien tuntoelimien asennus jännityksettömällä tavalla.

- 5 Esillä oleva keksintö tarjoaa käyttöön huomattavan parannuksen lämpöanemometrimuuttimen kulma- tai suunta-herkkyydessä parantaen myös havaittua signaalikohinasuhdetta tai signaalin antotehoa muuttimen kuumennustehon syöttöarvoon verrattuna yhdessä tätä varten tarkoitettujen
10 parannettujen säätö- ja lukulaitteiden kanssa.

- Esillä olevan keksinnön mukainen suunnattu lämpöanemometrimuutin sisältää sähköä johtamattoman alustakeroksen, jonka ainakin kaksi aluetta on pääasiassa lämpöeristetty toisistaan ja peitetty resistiivisellä tunto-
15 johtimella, tämän johtimen kulkiessa vain kytketyn virtauksen alueella. Sovellutusmuotoja selostetaan, joissa alustakerros sisältää parin pyöreitä lieriömäisiä elementtejä, joista kumpikin on varustettu vain kytketyn virtauksen alueen peittävällä resistiivisellä tuntojohti-
20 mella. Eräässä toisessa sovellutusmuodossa käytetään yksinkertaista pyöreää lieriömäistä alustakerrosta. Toisessa tärkeässä sovellutuksessa käytetään suorakulmaista lieriömäistä alustakerrosta varustettuna molemmilla vastakaisilla pinnoillaan resistiivisillä tuntojohtimilla.
25 Eräässä lisäsovellutusmuodossa käytetään yhtä tai useampaa tankoa asetettuina muutinelementtien yläpuolelle tai sekä ylä- että alapuolelle niiden sekä tukemiseksi että suojelemiseksi ja myös sisäisen aerodynaamisen turbulenssin tai värinän synnyttämiseksi matalan kulmaherkkyyden
30 parantamista varten tulevan nestevirtauksen suhteen. Analogiset ja digitaaliset virtapiirit selostetaan myös resistiivisten tuntojohtimien käyttöä varten sekä käyttökelpoisten antosignaalien saamiseksi.

Esillä olevan keksinnön erään tärkeän ominaispiir-

teen mukaisesti aiheuttavat muuttimen kumpaankin päähän asetetut levyt pyörretilan, joka virtaa resistiivisten tuntojohtimien kautta aiheuttaen aerodynaamisen värinä-

5 timen akselin suuntaisesti tulevaa virtausta varten.

Seuraavassa selostetaan lyhyesti keksintöön liittyviä piirustuksia.

Kuvio 1 esittää perspektiivikuvantoa esillä olevan keksinnön periaatteiden mukaisesti tehdystä suunnatusta

10 lämpöanemometrимуuttimesta;

Kuvio 2 esittää pystyleikkausta kuvion 1 mukaisen suunnatun lämpöanemometrимуuttimen rakenteesta linjaa 2-2 pitkin otettuna ja nuolien suunnassa katsottuna;

Kuvio 3 esittää kaaviomaisesti pyöreän lieriön ohi

15 tapahtuvaa matalanopeuksista nestevirtausta, joka kulkee kohtisuorasti lieriön akselin suhteen;

Kuvio 4 esittää kuvion 2 kaltaisen muuttimen poikkileikkausta näyttäen toisen sovellutusmuodon, jossa tuntoelimiä kannattava alustapari on liitetty jäykästi yhteen;

20 Kuvio 5 esittää poikkileikkausta kuvion 2 kaltaisesta muuttimesta näyttäen kolmannen sovellutusmuodon, jossa tuntoelinparia kannattaa yksinkertainen pyöreä lieriömäinen alusta;

Kuvio 6 esittää poikkileikkausta kuvion 5 kaltaisesta muuttimesta, jossa tuntoelinparia kannattaa yksinkertainen ontto lieriömäinen alusta;

Kuvio 7 esittää perspektiivikuvantoa esillä olevan keksinnön periaatteiden mukaisesti tehdyn suunnatun lämpöanemometrимуuttimen neljännestä sovellutusmuodosta;

30 Kuvio 8 esittää pystyleikkausta kuvion 7 mukaisesta suunnatusta lämpöanemometrимуutinrakenteesta linjaa 8-8 pitkin otettuna ja nuolien suunnassa katsottuna;

Kuvio 9 esittää poikkileikkausta kuvion 5 kaltaisen muuttimen viidennestä sovellutusmuodosta, jossa tun-

toelinparia kannattavat yksinkertaisen suorakulmaisen lieriömäisen alustan vastakkaiset pinnat;

Kuvio 10 esittää poikkileikkausta kuvion 9 kaltaisesta muuttimesta, jossa tuntoelementtejä kannattaa latta-
 5 levyalusta, tämän alustan ollessa liimattuna samanlaisen lattalevyalustan kannattaman tuntoelimen takapintaan, molempien levyjen muodostaessa siten suorakulmaisen poikkileikkauksen;

Kuvio 11 esittää poikkileikkausta kuvion 10 kaltaisen muuttimen kuudennesta sovellutusmuodosta, jossa molemmat lattalevyjen kannattamat tuntoelimet on asennettu keskeisen tukitangon molemmille puolille;

Kuvio 12 esittää kuvion 11 mukaisen muuttimen lisäsovellutusta, jossa kuvion 2 mukainen tuntoelinpari on
 15 erotettu toisistaan ja asennettu keskeisen tukitangon molemmille puolille;

Kuvio 13 esittää poikkileikkausta kuvioiden 2 ja 12 mukaisen muuttimen eräästä toisesta lisäsovellutusmuodosta, jossa kuvion 12 esittämän tuntoelinparin kumpikin
 20 elin on muodostettu samalla lieriömäisellä alustalla olevasta kahdesta tuntoelimestä;

Kuvio 14 esittää kuvion 1 mukaisen muuttimen seitsemättä sovellutusmuotoa, jossa tuntoelinpari on asennettu keskeisesti kahden yhdensuuntaisen tukitangon väliin;

25 Kuvio 15 esittää poikkileikkausta kuvion 14 mukaisesta muuttimesta, jossa kuvion 10 esittämä tuntoelinpari on asennettu keskeisesti kahden yhdensuuntaisen tukitangon väliin;

Kuvio 16 esittää perspektiivikuvantoa kuvion 1 mukaisen muuttimen kahdeksannesta sovellutusmuodosta, jossa virtauksen estolevy on asennettu muuttimen kumpaankin päähän tuntoelinparin poikki;

Kuvio 17 esittää yksinkertaistettua sähkökaaviota analogisesta magnetointi- ja lukulaitteesta kuvion 1 esit-

tämää kaksoistuntoelimellä varustettua muuttajaa varten, jossa käytetään erillisiä ulostuloja suuntamerkin ilmaisevia ja virtausnopeuden lukusignaaleja varten;

5 Kuvio 18 esittää yksinkertaistettua sähkökaaviota analogisesta magnetointi- ja lukulaitteesta kuvion 1 mukaisista kaksoistuntoelimellä varustettua muutinta varten, tämän laitteen sopiessa erityisen hyvin kuvioiden 14, 15 ja 16 mukaisista muutinta varten, jossa käytetään yksinkertaista yhdistetyn virtauksen suuntasignaalia sekä nopeudenantosignaalia;

Kuvio 19 esittää yksinkertaistettua sähkökaaviota lämpöhäviömuuttimen yksittäisen tuntoelimen magnetoinnista ja lukemisesta digitaalisen tietokonelaitteiston toiminnan ja valvonnan alaisena;

15 Kuvio 20 esittää yksinkertaistettua sähkökaaviota kuvion 1 mukaisen kaksoistuntoelimellä varustetun muuttimen magnetoinnista ja lukemisesta, tämän muuttimen ollessa digitaalisen tietokonelaitteiston toiminnan ja valvonnan alaisena useiden tuntoelimien käyttöä ja lukemista varten;

Kuvio 21 esittää osaa kuviosta 20 näyttäen kuvion 1 tyyppisten särkeen liitettyjen monituntoelimien käytötavan.

Piirustuksiin ja erityisesti kuvioon 1 viitaten 25 merkitsee numero 20 yleensä esillä olevan keksinnön periaatteiden mukaisesti valmistettua suunnattua lämpöanemometrимуutinta. Muutin 20 sisältää kaksi lieriömäistä yhdensuuntaista tuntoelementtiä tai -elintä, joita on yleensä merkitty numeroilla 21a ja 21b, niiden ollessa 30 resistiivisiä tuntoelimiä, joiden pituudet ovat huomattavasti suurempia läpimittoihin verrattuna. Tuntoelinten 21a ja 21b tyyppillinen ulkoläpimita voi olla 0,6 mm ja kokonaispituus 25 mm, jolloin pituuden ja läpimitan välinen suhde on miltei 42:1. Kuten kuvioista 1 ja 2 näkyy,

ovat elimet 21a ja 21b fyysisesti erillään toisistaan ja ne on liitetty yhteen pitkin pituuttaan sideaineen tai jonkin muun liitosvälineen 22 avulla, vaikka ne voisivatkin olla liitettyinä toisiinsa vain kummassakin päässään edellyttäen, että mitään avointa nestevirtausväylää ei esiinny elinten 21a ja 21b välissä. Tuntoelimet 21a ja 21b ovat rakenteeltaan samanlaisia ja on suotavaa, että ne ovat myös mahdollisimman identtisiä.

Tuntoelinkappaleet 21a ja 21b on varustettu sähköliitántäjohtimilla 23a ja 23b ja niiden toinen pää vastaa-
vasti sähköliitántäjohtimilla 24a ja 24b. Tuntoelinten 21a ja 21b runkokappaleet on peitetty yhtenäisesti sähköä johtavalla vastuskalvolla vain suoraan törmäävälle nestevirtaukselle alttiina olevassa pintaosassaan. Liitántäjohdot 23a, 23b, 24a ja 24b on tehty samanlaisesta materiaalista haitallisten lämpöpariliitosvaikutusten välttämiseksi ja ne auttavat siten muuttimen 20 mahdollisimman alhaisen sähköisen ominaiskohinatason saavuttamisessa yhdessä maksimaalisen stabiilisuusajan kanssa. Käytettynä materiaalina on tavallisesti platina ja tässä selostuksessa esitetään sen suositeltava käyttö kauttaaltaan, vaikka muitakin materiaaleja, kuten nikkeliä, voitaisiin myös käyttää. Tuntoelimien 21a ja 21b yhteydessä käyttökelpoisia vaihtoehtoisia materiaaleja on selostettu U.S. patenttijulkaisussa N:o 3,352,154.

Tuntoelimen mahdollisimman suuren mekaanisen kestävyyden ja yhtenäisyyden saavuttamiseksi johdinliitántöjen suhteen on johtimet 23a, 23b, 24a ja 24b asetettu samaan syvyyteen onttojen lieriömäisten tuntoelimien 21a ja 21b keskireikään ja juotettu paikoilleen lasimaisen suur-
lämpötilamateriaalin, kuten paksukalvopiiriteollisuudessa käytetyn borosilikaattilasien, avulla. Esimerkkinä tällaisesta materiaalista voidaan mainita Engelhard Industriesin A-3025 paksu silokalvo, joka poltetaan ilmassa lämpö-

tilassa 900°C. Liitántäjohtimien asetusta tuntoelimeen on valvottava huolellisesti, niin että koko tuntoelimen lämpömassajakautuma on mahdollisimman identtinen päästä päähän ja yksiköstä yksikköön kumpaakin tuntoelintä 21a ja 21b varten toistettavien dynaamisten lämpöhäviökäyrien varmistamiseksi. Vastuskalvo kiinnitetään tuntoelimiin 21a ja 21b sen jälkeen kun liitántäjohtimet 23a, 24a, 23b ja 24b on juotettu tai liimattu paikoilleen. Kiinnitetty vastuskalvo työntyy tuntoelinkappaleiden 21a ja 21b sekä liitántäjohtimien 23a, 24a, 23b ja 24b yli muodostaen siten luotettavan sähköliitännän. Muutinta 20 voivat fyysisesti tukea sen liitántäjohtinparit 23a, 23b ja 24a, 24b. Liitántäjohtimien 23 ja 24 läpimitta voi yleensä olla 0,25 mm ja niitä voidaan taivuttaa ja muotoilla asennuksen yhteydessä esiintyvien tarpeiden mukaisesti.

Suunnattu lämpöanemometrимуutin 20 on rakenteeltaan sellainen, että se reagoi sen poikki kulkevaan nestevirtaukseen tasossa, jonka määrittävät tuntoelimien 21a ja 21b kaksi yhdensuuntaista akselia, näiden akselien sisältyessä kyseiseen tasoon. Reagointiherkkyys on maksimissaan muuttimen 20 poikki kohtisuorasti tuntoelimien 21a ja 21b suhteen kulkevan virtauksen yhteydessä ja minimissään muuttimen 20 suuntaisen eli tuntoelimien 21a ja 21b pituussuuntaisen virtauksen yhteydessä. Käyttämällä sopivia magneettointi- ja lukulaitteita voidaan sekä tulevan nestevirtauksen nopeus että suunta helposti määrittää. Pientä vaihtelua herkkyydessä voidaan havaita tulovirtauksen osalta, joka liikkuu ulos tuntoelimien 21a ja 21b akselien muodostamasta tasosta. Tämä on vain yksi niistä syistä, joiden ansiosta muutinta 20 voidaan käyttää monella tavalla tuulen nopeuden ja suunnan ristikkäiseen mittaukseen meteorologisissa sovellutuksissa, ja kolme tällaista muutinta 20 voidaan suunnata reagoimaan kolmiulotteiseen virtaukseen lähes 360 palloasteen verran. Kun esimerkiksi muu-

tinta 20 yksin tai kohtisuorina pareina vaakasuorassa suunnassa käyttävä instrumentti asennetaan laivaan, saadaan tulokseksi käyttökelpoinen ja tarkka reagointi kovankin merenkäynnin aikana.

- 5 Voidaan väittää, että "ihanteellisen" suunnatun tuntoelimen muodostaa yksi ainoa koossapysyvä elin, joka siten poistaa kaikki elinparien yhteensovitukseen, säätöön jne. liittyvät ongelmat. Tällaista tilannetta on vaikea, ellei suorastaan mahdotonta aikaansaada, koska
- 10 kaksi erillistä tuntoelintä tarvitaan ilmaisemaan suunta-merkin muutos yhdessä nopeuden kanssa. Kahta tällaista laitetta ei voida asettaa samaan tilaan. Käyttökelpoisena kompromissiratkaisuna on liittää tuntoelin pari yhdelle yhteiselle lieriömäiselle alustalle, jossa ne ovat mahdol-
- 15 lisimman vähän erossa toisistaan. Mitä lähempänä elimet ovat toisiaan lämpövuorovaikutusta kuitenkin välttäten, sitä parempi on niiden yleinen suuntayhteneväisyys ihanteelliseen kosiniratkaisuun verrattuna laajimmalla mahdollisella nopeusalueella. Lämpöhäviöt yhdestä elimestä vas-
- 20 takkaiseen elimeen pyrkivät huonontamaan signaalikohinasoja, koska tällaiset lämpöhäviöt merkitsevät tuhlettua kuumennustehoa, joka ei edesauta tulovirtauksen indusoiman lämmönsiirron havaitsemista.

- Kuvio 2 esittää pystyleikkausta kuvion 1 mukaisesti
- 25 ta lämpöanemometrimuuttimesta 20 linjaa 2-2 pitkin otettuna ja nuolten suunnassa katsottuna. Tuntoelin 21a käsittää sähköä johtamattoman ontion putkimaisen tiiviin alumiinioksidista tehdyn tulenkestävän lieriömäisen alustakappaleen 25a. Alustakappaleen 25a pinnan osalle
- 30 on asetettu platinasta tehty vastuskalvo tai päällyste 26a. Tukena toimiva alustakappale 25a voidaan tehdä muista sopivista sähköä johtamattomista materiaaleista, kuten kvartsista, kovalasista, mullitista, alumiinisiliikaatista ja vastaavanlaisista tulenkestävistä materiaa-

leista. Tällaisia alustarakenteita on saatavissa Degussa Corporationista yksi- tai monireikäisinä ohuina putkina, jotka on tehty alumiinioksidista, alumiinisilikaatista ja vastaavanlaisista tulenkestävistä materiaaleista laajalla kokoalueella standardiluettelon mukaisesti. Matallien käyttö- ja valmistuslämpötilojen esiintyessä kalvon 26a asetuksessa ja käytössä, esimerkiksi tiettyjen höyrytyspäällystysmenetelmien yhteydessä, voidaan alusta 25a tehdä pehmeästä lasista tai jopa muoviputkesta. Vastuskalvon 10 päällyste 26a sisältää lisäkerroksen 27a tehtynä lasi-
emalista, silolasista, sulatetusta piidioksidista, silikonilakasta, "TEFLONIN" (tavaramerkki) kaltaisesta muovista tai muusta suojaavasta päällystemateriaalista, joka antaa hankaus- ja kulumissuojan vastuskalvolle 26a. On tärkeää, 15 että suojapäällystettä 27a varten valittu materiaali on kiinteää eikä muutu ajan mukana ollessaan jatkuvasti alttiina muuttimen 20 ympäristön vaikutukselle. Esimerkkinä neutraalista silolasista, joka sopii yhteen sekä platinan että alumiinioksidin kanssa, voidaan mainita Engelhardt 20 Industries'in #6624 silokumilasi, joka poltetaan lämpötilassa 625°C. Suojakerros 27a voidaan asettaa tuntoelinkappaleen 21a koko pinnalle upotuksen, harjauksen tai ruiskutuksen avulla tai se voidaan rajoittaa vain vastuskalvon 26a rajoittamalle alueelle vaikuttamatta haitallisesti 25 tuntoelimen suorituskykyyn tai käyttöikänsä. Suojakerroksen 27a paksuus on tavallisesti alle 0,025 mm ja useimmiten sitä käytetään 0,006 mm/paksuisena polttamisen jälkeen. Suojakerrosta 27a laajennetaan alueelle, jossa platinasta tehty vastuskalvo 26a ulottuu platinajohtimien 24a ja 23a 30 yli, suojaten siten sähköliitännöjä tuntoelinkappaleen 21a molemmissa päissä. Alustakappaleen 25a tyypillisinä mittoina ovat lieriömäinen läpimitta 0,6 mm, reikäläpimitta 0,3 mm ja pituus noin 25 tai 30 mm. Koko tuntoelin 21a voidaan tehdä suuremmaksi tai huomattavasti pienemmäksi 35 kyseisen sovellutuksen asettamien vaatimusten mukaisesti.

Vastus- eli metallikalvon 26a paksuus on yleensä suuruusluokkaa 2-10 mikronia sähkövastuksen ollessa useita ohmeja. Sen paksuutta voidaan vaihdella käyttöön valitun erityisen päällystysmenetelmän mukaisesti. Useita erilaisia

5 päällystysmenetelmiä voidaan käyttää ja jos on mahdollista käyttää tyhjöruiskutusvälineitä, voidaan platinasta tai muusta metallista tehty kalvo 26a kerrostaa alustalle 25a ja johtimien 23a ja 24a muodostamaan yhdistelmään asettamalla joukko päällysteyhdistelmiä rinnakkain,

10 niin että ne koskettavat toisiaan koko pituudellaan. Tällä tavoin vastuskalvo voidaan asettaa noin 180° kehäkatteella alustan 25a ympärille. Ruiskutustekniikoita käytettäessä kalvo 26a on paksuimmillaan lähinnä ruiskutuslähde-
vassa kohdassa ja ohuimmillaan sekä vähiten vastusta sisältävänä reunoissa, jotka ovat kauimpana ruiskutuslähteestä. Halvempi tapa kalvon 26a asettamista varten on

15 käyttää ikivanhoja painatusmenetelmiä tai uudemmassa pakusukalvoja valmistavassa teollisuudessa käytettyjä menetelmiä käyttämällä platinatahnaa painomusteen sijasta.

20 Esimerkkinä sopivasta platinatahnasta voidaan mainita Engelhardt Industries'in #6082 tai #6926 tahnat, jotka voidaan polttaa lämpötilassa $800-850^{\circ}\text{C}$, mikä on alle lyijyvaippajohtimen kiinnityssidontalämpötilan 900°C . Platinatahna voidaan puristaa kiilotetulle metalli- tai

25 lasilevyille ja pehmeää kumitela voidaan käyttää platinatahnan siirtämiseksi alustalle 25a telaamalla sen akselin suunnassa. Kalvon 26a katekulmaa ohuen lieriön 25a pinnan päällä voidaan säätää kumitelan kovuuden ja käytetyn kosketuspaineen avulla. Suuremmalla kosketuspaineella

30 varustettua pehmeä kumitela antaa laajemmat katekulmat alueella 120° - yli 180° , kun taas alhaisemmat kosketuspaineet voivat rajoittaa katekulman arvoon 90° tai jopa pienemmäksikin. Platinatahnan asetuksen jälkeen tuntoelin poltetaan sen materiaaliin liittyvien valmistajan ohjei-

den mukaisesti. Telattu paksukalvo on ohuimmillaan keski-
 osassa ja paksuimmillaan reunoissa. Samalla tavoin voidaan
 suojasilolasitus 27a asettaa paikoilleen telan avulla.
 On suotavaa, että kalvon 26a polttolämpötila on lyijyvaip-
 5 pajohtimien 23a ja 24a alustakappaleeseen 25a kiinnittämi-
 sessä käytetyn korkeita lämpötiloja kestävän silolasitus-
 materiaalin uudelleenpolttamisalueella. Lisätietoja tunto-
 elinten materiaaleista, rakenteesta ja käyttösovellutuk-
 sista on saatavissa U.S. patenttijulkaisuissa N:ot
 10 4,206,638 ja 4,279,147.

Tuntoelin 21b on rakenteeltaan elimen 21a kaltai-
 nen ja sen yhteydessä on käytettyjä samoja viitenumeroita
 kirjaimella "b" varustettuina.

Kuten kuviosta 2 parhaiten näkyy, estetään ristik-
 15 käinen virtaus tuntoelimien 21a ja 21b välillä itse tunto-
 elimien avulla tai käyttämällä liitântämateriaalia 22,
 joka pitää myös tuntoelimet 21a ja 21b mekaanisessa lin-
 jauksessa. Jos liitântämateriaali 21 on kyllin kestävä
 ja kiinteää, sitä voidaan asettaa vain tuntoelinparin 21a
 20 ja 21b kumpaakin päähän, koska ristikkäinen virtaus tun-
 toelimien 21a ja 21b välillä estetään lieriöiden sivuavan
 kosketuksen avulla koko niiden pituudella, jolloin mitään
 väylää ristikkäiselle virtaukselle ei jää. Siten pieni
 pisara tai tippa syanoakrylaattisideainetta 22, kuten
 25 Eastman 910:tä, voidaan asettaa tuntoelinparin 21a ja 21b
 kummankin pään väliin. Kun sideainepisara asetetaan vain
 kumpaankin päähän, voidaan yksittäinen tuntoelin helposti
 korjata tai vaihtaa vahingon sattuessa. Liitântämateriaa-
 li 22 voidaan liuottaa sopivan liuottimen avulla tai puo-
 30 lijoustavaa materiaalia käytettäessä leikata erittäin
 ohuen partakoneen terän avulla. Materiaalina liitântää
 22 varten voi myös olla puolijoustava sideainemateriaali,
 kuten Dow-Corning silikoniharts, silikonilakka, silikon-
 kumisideaine tai jäykempi epoksiharts. On otettava huo-

mioon, että kuumennetut tuntokalvot 26a ja 26b ovat muuttimen 20 ulkopuolella poissa välittömästä kosketuksesta liitännän 22 kanssa. Tämä rakennejärjestely minimoi tai poistaa sen vaikutuksen, joka liitännämateriaalin 22

5 muuttuvuudella ajan ja ympäristön johdosta saattaa olla tuntoelimien 21a ja 21b suorituskykyyn. Se vähentää myös tarvetta liittävän sideainemateriaalin 22 saman määrän tarkan asettamisen suhteen muuttimen 20 kumpaankin tuntoelimeen 21a ja 21b.

10 Platinakalvojen 26a ja 26b vastus mitoiltaan kuvattunlaista muutinta 20 varten on yleensä 2-6 ohmin vastusalueella huonelämpötilassa. Optimi kalvovastus voidaan parhaiten määrittää muuttimen 20 magnetointia varten käytetyn sähköisen säätimen ominaisuuksien avulla, ja sellaiset tekijät kuin käytettävissä oleva virtalähde, käytetyt vahvistintyypit, valittu käyttömenetelmä, käyttöneste jne. 15 ovat kaikki laitesuunnittelijan valvottavissa.

Tuntoelimien 21a ja 21b pituuden ja läpimitan välinen suuri suhde saa aikaan kulmaherkkyyden neste- tai ilma- 20 virtauksen suhteen virtausvektorin liikkeessa pois päin kohtisuorasti tuntoelimein 21a ja 21b lieriömäisten akselien suhteen kohdistuvasta normaalivirtauksesta törmäävän virtauksen vaihdellessa 360° verran tuntoelimien 21a ja 21b yhdensuuntaisten akselien määrittämässä tasossa. Suun- 25 tamerkki voidaan määrittää mittaamalla sähköisesti muutos kummankin tuntoelimen 21a ja 21b suhteellisissa vastusarvoissa, kun niitä verrataan toisiinsa tasapainotetussa siltapiirissä, tai määrittäminen voidaan suorittaa vertaamalla kummankin tuntoelimen 21a tai 21b johtamaa tehoa vieressä olevan tuntoelimen suhteen, kun kumpaakin tuntoelintä 30 käytetään erikseen vakiolämpötilassa. Nestevirtauksen nopeus määritetään mittaamalla tasapainotetun siltapiirin differentiaalisien antosignaalin suuruus, joka on neljän- nen juuren verrannollisuusasteessa nopeuden lisäykseen,

tai nestevirtauksen nopeus voidaan määrittää mittaamalla se teho, jonka kumipikin tuntoelin 21a tai 21b johtaa toimiessaan vakiolämpötilassa.

Kuvio 3 esittää kaaviomaisesti matalanopeuksisen virtauksen virtausviivoja 31 pyöreän lieriön 30 ohi nestevirtauksen tapahtuessa kohtisuorasti lieriön 30 akselin suhteen. Kuviossa on esitetty laminaarinen eli pyörteetön virtaus. Kuvio esittää lieriön 30 poikkileikkausta virtauksen tapahtuessa oikealta vasemmalle törmäten lieriöön 30 ensin kohdassa 32. Kohta 32 määritetään etummaisena stagnaatiopisteenä ja sen voidaan oikeammin sanoa olevan stagnaatioalue, jos virtaus on vähänkään pyörteinen. Suhteellinen nopeus stagnaatiopisteessä 32 on aina nolla virtauksen 31 nopeudesta riippumatta. Stagnaatiokohtaa 32, jossa virtaus jakautuu lieriön 30 ympäri, ei määritetä pelkästään erityisenä pisteenä, ellei nestevirtaus sisällä lainkaan pyörteisyyttä, ja koska tämä ei ole mahdollista, on siten oikeampaa määritellä se stagnaatioalueena, jota on merkitty myös numerolla 32. Virtaus jatkuu lieriöäintojen 33a ja 33b ympäri eroten lieriöstä 30 noin $108,8^\circ$ päässä stagnaatiokohdasta 32 matalien nopeuksien yhteydessä. Lieriön 30 takana oleva alue sisältää kaksi pyörrekohtaa 34a ja 34b, joiden koko ja voimakkuus riippuu muiden tekijöiden ohella virtauksen nopeudesta. Kuvioon 2 viitaten tuntoelimessä 21a oleva tuntokalvo 26a, joka ulottuu liitöntävirtauksen ulkopuolelle, kohdat 33a ja 33b kuviossa 3, pyrkii vähentämään havaittua signaalia virtauksen funktiona. Muutinelimen suorituskyky voidaan optimoida, jos aktiivista tuntoaluetta ei uloteta liitöntävirtausalueen ulkopuolelle. Stagnaatioaluetta 32 voidaan käyttää hyväksi haluttaessa jakamalla osiin tai lohkomalla tuntokalvo tukilieriön akselia pitkin ulokemaisen tai yksipäisen muutinrakenteen valmistamiseksi, jonka yhdessä päässä sijaitsevat kalvojohdinliitännät kaksinkertaisen

taustakalvon ansiosta. Poistettu kalvosegmentti sijaitsee yksinkertaisesti stagnaatioalueella 32.

- Selostus nestevirtauksen kulkemisesta lieriön ympäri on löydettävissä sivuilta 21-26 ja 59-65 teoksessa
- 5 "Modern Developments in Fluid Dynamics", osa 1, toimittajana S. Goldstein, julkaistu 1965 Dover Publications Inc'in toimesta, New York, N.Y., USA.

- Kuvio 4 esittää poikkileikkausta suunnatun lämpöanemometrimuuttimen 20a toisesta sovellutusmuodosta, joka
- 10 on kaikissa paitsi yhdessä suhteessa kuvion 2 esittämän muuttimen 20 poikkileikkauksen kaltainen. Materiaalit ja valmistusmenetelmät ovat samoja. Ainoana erona on se, että alustakappaleet 25a ja 25b sivuavat ja koskettavat toisiaan koko aksiaalisella pituudellaan, suojasilolasituksen
- 15 27c peittäessä koko tuntoelinparin 21a ja 21b liittäen ne siten jäykästi yhteen koko pituudellaan. Neutraalia silolasitusta, kuten Engelhardt #6624:ää, käytettäessä on tulokseksi saatu sidos riippumaton muuttimen 20a käyttöiästä, jolloin pitkäaikainen stabiilisuus lisääntyy. Kuvioiden 1
- 20 ja 2 mukaista liitöntämateriaalia ei käytetä, koska sitä ei tarvita. Tuntoelin 21a on tehokkaasti lämpöeristetty tuntoelimestä 21b paksuntamalla alustojen 25a ja 25b seinät sivuamiskohdan vieressä olevalla suojapäällysteellä 27c tuntoelimien 21a ja 21b välissä.

- 25 Kuvio 5 esittää poikkileikkausta suunnatun lämpöanemometrimuuttimen 20b kolmannelle sovellutusmuodosta, jossa vastuskalvojen 26a ja 26b muodostama pari asetetaan yhdelle ainoalle kahdella reiällä varustetulle alustalle 25c. Koko muuttimen 20b peittää suojapäällyste 27c. Val-
- 30 mistusmateriaalit ja -menetelmät ovat kuvioiden 1 ja 2 mukaisen muuttimen 20 mukaisia, vaikka alustaa 25c varten voidaankin ajatella käytettäväksi materiaalia, jolla on alumiinioksidia alhaisempi lämmönjohtavuus yksinkertaista alustaa käytettäessä molempien kalvojen 26a ja 26b tuke-

miseksi lähekkäin sijaitsevana parina, alustan 25c kautta kulkevan lämpösidoksen vähentämiseksi. Erityisen suositeltavana materiaalina tätä varten voidaan pitää mulliittiposliinia, alumiinioksidin, silikonioksidin ja magnesiumoksidin yhdistelmää, jonka lämmönjohtavuus on yksi kymmenesosa alumiinioksidin lämmönjohtavuudesta lämpötilassa 100°C. Kuten edellä on mainittu, voidaan alustareikää käyttää helpottamaan lyijyvaippaisen johtimen kiinnitystä. Kahden lähekkäin asetetun kalvon 26a ja 26b käyttö yhdelle ainoalle lieriömäiselle alustalle 25c asetettuina muistuttaa "ihanteellista" yksinkertaista koossapysyvää muuttinrakennetta, jonka yhteydessä halutaan, että yksi ainoa fyysinen laite huolehtii useammasta kuin yhdestä tuntu- tai muutintoiminnosta nestevirtauksen häiriintyessä mahdollisimman vähän.

Kuvio 6 esittää poikkileikkausta kuvion 5 kaltaisesta muuttimesta 20c. Muuttimessa 20c käytetään yksinkertaista onttoa putkimaista alustaa 25d, johon asetetaan kaksi tuntokalvoa 26a ja 26b, molempien kalvojen ollessa peitettyinä suojapäällysteellä 27c. Onttoa lieriötä 25d käytettäessä tukirakenteena, voidaan käyttää minimaalista lämpömassaa itse muutinta 20c varten, ja tässä suhteessa taas mulliittiposliini on sopiva vaihtoehto alhaisen lämmönjohtavuutensa ansiosta. Mulliitti on kestävyydeltään huomattavasti alumiinioksidia huonompi, vaikka se ei millään tavoin muodostakaan heikkoa tai vähäpätöistä materiaalia muutinalustan 25d sovellutuksia varten. Lyijyvaippaiset johtimet voidaan kiinnittää juottamalla tai muulla tavoin kummankin kalvon 26a ja 26b ulkopäihin, joissa suojapäällyste 27c voidaan jättää pois pienellä alueella.

Kuvio 7 esittää perspektiivikuvantoa esillä olevan keksinnön periaatteiden mukaisesti tehdyn suunnatun lämpöanomometrimuuttimen 7 neljänneestä sovellutusmuodosta. Tässä sovellutuksessa tuntokalvot 28a ja 28b on kuvaan-

nollisessa merkityksessä taitettu taakse niiden päälle ulokemaisen eli yksipäisen rakenteen muodostamisen helpottamiseksi. Ulokerakenne on erityisen käyttökelpoinen silloin, kun esimerkiksi kolme tällaista rakennetta on as-
 5 tettu kohtisuorasti toistensa suhteen muodostaen geometrisen ryhmittymän, jonka avulla kyetään mittaamaan nestevirtauksen kolme komponenttia. Kun kolme muutinta 7 on asennettu lyijyvaippaisten johtimiensa 23a, 24a, 23b ja 24b avulla fyysisesti pienelle tukirakenteelle tai kannattimelle,
 10 melle, ne voidaan järjestää katkaistun pyramidin reunojen muotoon ilman mitään virtauskenttää häiritseviä sivujohtimia. Nelireikäistä lieriömäistä alustaa 25e käytetään kannattamaan kalvoja 28a ja 28b, jotka molemmat on halkaistu tai erotettu keskiosastaan suurimmalla osalla pituuttaan
 15 kuvion 3 yhteydessä viitattuja stagnaatioalueita pitkin. Kalvo 28b jätetään koskemattomaksi alueella A, jolloin sähkövirta muodostuu osiin jaetun kalvon 28b puoliskoien välillä. Lyijyvaippaiset johtimet 23a, 23b, 24a ja 24b kiinnitetään alustaan 25e kuvioiden 1 ja 2 esittämän muuttimen
 20 timen 20 mukaisella tavalla. Puuttuvan kalvon käsittävä osa 32 kalvoa 28b varten voidaan muodostaa asettamalla alumiinioksidi- tai kvartsitangon muodostama ohut kuitu alustan 25d päälle reikälevynä, jos päällystys suoritetaan tyhjöruiskutuksen avulla. Vaihtoehtoisesti voidaan
 25 jo paikoilleen asetettu kalvo poistaa lasersäteen tai laikkaleikkaustekniikan välityksellä.

Kuvio 8 esittää pystyleikkausta kuvion 7 mukaisesta suunnatusta lämpöanemometrimuutintrakenteesta 7 linjaa 8-8 pitkin otettuna ja nuolien suuntaan katsottuna. Osiin
 30 jaetut tuntoelinparit 28a ja 28b on erotettu toisistaan alustalla 25e, joka sisältää puuttuvat osat 32 ja 32a kalvoja 28b ja vastaavasti 28a varten. Osien 32 ja 32a merkitys on esitetty kuvion 7 mukaisessa selostuksessa. Suojapäällystys 27c asetetaan koko muuttimen 7 ja johti-

mien 23a ja 24a, 23b ja 24b ja kalvojen 28a ja 28b kiinnitysalueiden päälle.

Kuvio 9 esittää poikkileikkausta kuvion 5 kaltaisen muuttimen 9 viidennestä sovellutusmuodosta, jossa tunto-

5 elinparia 26g ja 26h kannattavat yksinkertaisen suorakulmaisen lieriömäisen alustan 25f vastakkaiset pinnat. Kummankin kalvon 26g ja 26h pinta on peitetty suojapäällistyksellä 27d ja vastaavasti 27e. Poikkileikkaukseltaan suorakulmaisen muuttimen 9 joutuessa reunaansa vasten koh-

10 distuvan ristikkäisen virtauksen alaiseksi, tapahtuu virtauksen voimakas jakautuminen tässä terävässä reunassa eikä mitään stagnaatioaluetta esiinny epämääräistä tai nolavirtausta varten. Virtauksen erottuminen tapahtuu aina suorakulmion ylä- ja alareunassa. Virtauskentän määrittää-

15 täsmällisesti kiinteän suunnikkaan geometrinen muoto ympyränmuodon asemasta. Muuttimen 9 valmistus eroaa pyöreiden lieriömäisten muuttimien valmistustavasta. Lattalevyn muodostamaa alustaa tehtynä alumiinioksidista tai vastaavanlaisesta tulenkestävästä materiaalista käytetään useiden

20 tuntoelinparien valmistukseen samanaikaisesti silkki- viiraamalla platinatahna levyn molemmille puolille ja polttamalla levy kuljetinuunissa, jaksollisessa uunissa tai polttouunissa. Suojaava silolasituspäällyste silkki- viirataan poltetun platinakalvon päälle jättäen päätevyö-

25 hykkeet paljaiksi johtimien kiinnitystä varten juottamalla tai vastaavalla tavalla. Alumiinioksidilevyjä, joiden mitat ovat yleensä 25,4 x 25,4 x 0,635 mm (1" x 1" x 0,025") on saatavissa TDK Corporationista, Coors Porcelain Co. ja useista muista paikoista. Polttamisen jälkeen

30 levyt voidaan leikata haluttuun leveyteen, esimerkiksi 0,635 mm, jolloin tulokseksi saadaan miltei neliömäisellä poikkileikkauksella varustettu lieriömäinen muttin 9. Leikkaus tapahtuu yleensä uritettuja timanttisahoja käyttäen. Tämän menetelmän avulla saadaan aikaan suuri yhte-

näisyys samasta levystä leikattujen muuttimien välillä. On suotavaa sovittaa levyn molemmilla puolilla olevat kalvot mahdollisimman tiiviisti yhteen.

Kuvio 10 esittää kuvioiden 5 ja 9 mukaisen muuttimen 10 poikkileikkausta, tuntoelinparin 21c ja 21d ollessa yksinkertaisen yhdistetyn suorakulmaisen lieriömäisen alustan vastakkaisten sivujen kannatama, tämän alustan ollessa muodostettuna kahdesta erillisestä alustasta 25g ja 25h, jotka on liimattu tai sidottu yhteen kohdassa 22a. Kumpikin kalvo 26i ja 26j on suojattu kulumista ja hankautta vastaan päällysteen 27f ja vastaavasti 27g välityksellä. Sidosmateriaali 22a voi olla puolijoustavaa tai jäykkää kuvioiden 1, 2 ja 4 yhteydessä kuvatulla tavalla. Tämä rakenne saattaa olla halvempi kuin kuvion 9 mukainen rakenne, koska alustalevyt 25 päällystetään vain yhdeltä puolelta ennen niiden leikkaamista oikeaan kokoon. Valmistus on samanlainen kuin kuvion 9 mukaisen muuttimen yhteydessä. Kun levyt ovat yksipuolisia, voidaan vierekkäiset parit valita elimiä 21c ja 21d varten, jolloin saavutetaan fyysisten ja sähköisten ominaisuuksien lähes täydellinen yhteensopivuus. Sähköiset johdinliitännät tehdään elimien 21c ja 21d kumpaankin päähän samoin kuin kuvion 9 mukaisen muuttimen 9 yhteydessä.

Kuvio 11 esittää poikkileikkausta kuvion 10 mukaisen muuttimen kuudennesta sovellutusmuodosta, jossa kaksi lattalevyn kannattamaa tuntoelintä 21c ja 21d, kuvio 10, asennetaan keskeisen tukitangon 29 molemmille puolille. Aksiaalista keskeistä tukitankoa 29 voidaan käyttää kuvion 11 mukaisen muuttimen asentamiseen ja asettamiseen muihin mekaanisiin rakenteisiin. Puolijoustavaa sideainemateriaalia 22a, kuten silikonikumisideainetta tai epoksihartsia, voidaan käyttää sitomaan metallikannatin 29 ke-raamisiin alustalevyihin 25g ja 25h. Sähköjohdinliitännät tehdään elimien 21c ja 21d kumpaankin päähän kuvioiden 9

ja 10 mukaisia muuttimia 9 ja 10 vastaavalla tavalla.

Kuvio 12 esittää poikkileikkausta kuvion 11 mukaisen muuttimen eräästä lisäsovellutusmuodosta, jossa kuvion 2 esittämä tuntoelinpari 21a ja 21b on erotettu toisistaan ja asennettu keskeisen tukitangon 29a molemmille puolille. Aksiaalista keskeistä tukitankoa 29a voidaan käyttää kuvion 12 mukaisen muuttimen asentamiseen ja asettamiseen muihin mekaanisiin rakenteisiin ja myös tuntoelinparin 21a ja 21b vahvistamiseen tukemalla niitä koko pituudellaan. Puolijoustavaa sideainemateriaalia 22b ja 22c, kuten silikonikumisideainetta tai epoksihartsia, voidaan käyttää sitomaan metallinen tukitanko 29a muuttimen tuntoelimiin 21a ja 21b. Sähköiset johdinliitännät tehdään elimien 21a ja 21b molempiin päihin kuvioiden 1 ja 2 mukaisten samanlaisten elimien yhteydessä kuvatulla tavalla. On otettava huomioon, että tuntokalvot 26a ja 26b peittävät kuviossa noin 150-180° kannattavista alustaliერიöistä 25a ja vastaavasti 25b, ja että kumipikin tuntoelin 21a ja 21b on peitetty suojapäällysteellä 27a ja 27b. U.S. patenttijulkaisussa N:o 4,024,761 selostetaan, että suunnattu kuumakalvoanemometrимуутin voidaan valmistaa käyttämällä kahta lieriömäisesti tuettua tuntokalvoa, jotka ympäröivät täysin kannatinalustaansa ja että kaksi lieriömäistä tuntoelintä tukeutuu aksiaalisen keskeisen tukitangon molemmille puolille. On myös otettava huomioon, että huomattava tuntoelinkuumennusteho patenttijulkaisun 4.024,761 mukaisessa muuttimessa menetetään keskeisen tukitangon kuumennuksen yhteydessä, ja että suurta osaa tuntokalvosta peittää materiaali, jota käytetään tuntoelien liittämiseen tukitankoon, mikä vähentää haitallisella tavalla muuttimen herkkyyttä tulovirtauksen suhteen ja huomattavasti myös muuttimen signaalikohinasuhdetta.

Kuvio 13 esittää poikkileikkausta kuvioiden 2 ja 12 mukaisen muuttimen eräästä lisäsovellutusmuodosta,

jossa kuvion 12 esittämän parin kumpikin tuntoelin 21a ja 21b on muodostettu kahdesta tuntoelimestä 26c ja 26d sekä 26e ja 26f asetettuina samalle lieriömäiselle alustalle 25a ja 25b. Tuntoelimissä 21c ja 21d käytetään osiin
5 jaettuja kalvoja 26c ja 26d sekä vastaavasti 26e ja 26f. kuvioiden 7 ja 8 mukaisen muuttimen 7 tapaan. Kumpikin elin 21c ja 21d on erotettu toisistaan ja asennettu keskeisen tukitangon 29a molemmille sivuille, jolloin tätä tukitankoa voidaan tukea mekaanisesti yhdestä päästä helpottaen
10 siten ulokerakenteen muodostamista ja asennusta haluttaessa. Sideainemateriaalia 22b ja 22c käytetään tuntoelimien 21c ja 21d liittämiseksi tukitankoon 29a. Rakenne on samanlainen kuin kuvion 12 mukaisen muuttimen yhteydessä. Alusta 25a ja 25b voi olla joko yksi- tai monireikäinen
15 tulenkestävästä materiaalista valmistettu lieriömäinen putki. Sähköliitäntäjohtimet voidaan kiinnittää joko alustareikään tai tuntokalvojen 26c, 26d, 26e ja 26f ulkopintaan kuvatuslaisella tavalla.

Kuvio 14 esittää kuvion 1 mukaisen muuttimen seitsemättä sovellutusmuotoa, jossa tuntoelinpari 21a ja 21b on
20 asennettu keskeisesti kahden yhdensuuntaisen tangon 35a ja 35b väliin. Tukitanko 35a on taivutettu alaspäin kohdassa 35c käänteisen "U:n" muotoon muuttimen 20, sen liitäntäjohtimien sekä tukitankoon 35c liitetyn alemman tukitangon
25 35b asennuksen ja tuennan helpottamiseksi. Yhdensuuntaiset tukitangot 35a ja 35b aikaansaavat mekaanisen suojelun ja yhdessä tangon 35c ja muuttimen 20 vastakkaisessa päässä olevan samanlaisen tangon kanssa ne aiheuttavat aerodynaamisen vaikutuksen muuttimen 20 suorituskykyyn sitä käytettäessä ilmavirtauksen yhteydessä, esimerkiksi tuulen suun-
30 tamuuttimena. U.S. patenttijulkaisussa N:o 4,206,638 selostetaan tuntoelimien päällä olevan yksinkertaisen tangon käyttöä sekä itseindusoidun "aerodynaamisen värinän" käyttöä parantamaan suunnatun lämpöhäviöanemometrimuuttimen

matalakulmaista miltei yhdensuuntaista suorituskkyä parantaen siten akselinylikulkua eli aluetta, jossa tuleva tuulivirtaus muuttaa suuntaa plussasta miinukseksi, esimerkiksi pohjoisesta etelään. U.S. patenttijulkaisussa

5 N:o 4,279,147 selostetaan toisen tangon käyttöä virtauksen symmetrisyyden saavuttamiseksi suunnatun lämpöhäviöanemometrимуuttimen tukirakenteen sisältämän kahden tangon päälle asetetussa tuntoelinparissa, jolloin selostetussa elinparissa käytetään tuntokalvoja, jotka ympäröivät täydellisesti putkimaista lieriömäistä alustaa. Kuvion 14

10 mukainen rakenne sisältää kuvioiden 1, 2, 4, 5 ja 6 mukaisen edellä selostetun muuttimen ominaispiirteet sekä lisäedut, jotka saavutetaan asentamalla se U.S. patenttijulkaisussa N:o 4,279,147 selostetun kaksoistangon väliin,

15 kaikkien näiden tekijöiden parantaessa huomattavasti tuulimuuttimen suorituskkyä.

Kuvio 15 esittää poikkileikkausta kuvion 14 mukaisen muuttimen rakenteesta, jossa muutin 10 on asennettu keskeisesti kahden yhdensuuntaisen tukitangon 35a ja 35b

20 väliin kuvion 14 mukaisella tavalla. Sähköliitäntäjohtimet 24c ja 24d on liitetty muuttimen 10 yhden pään pintaan rakennekuvan esittämällä tavalla kulkien tukitangon 35c pystysuoraan osaan. Kuvioiden 9 ja 11 mukaiset muuttimet voidaan samalla tavoin liittää yhteen kuvion 15

25 mukaisen kaksoistangon kanssa mekaanisen lisäsuojelun saavuttamiseksi yhdessä parantuneen aerodynaamisen suorituskvyn kanssa.

Kuvio 16 esittää perspektiivikuvantoa kuvion 1 mukaisen muuttimen 20 kahdeksannesta sovellutusmuodosta, jossa virtauksen estolevy 36a ja 36b on asennettu muuttimen 20 kumpaankin päähän sen tuntoelinten poikki kohtisuorasti muuttimen 20 pituusakselin suhteen. Levyt 36a ja 36b voidaan tukea lyijyvaippaisten johdinparien 23a ja 23b sekä 24a ja 24b välityksellä muuttimen 20 kumpaankin

päähän. Levyt 36a ja 36b olisi eristettävä sähköisesti ja, niiden ollessa tehtyinä metallista, ne olisi eristettävä johtimista 23a, 23b, 24a ja 24b. Muuttimen 20 pituudesta riippuen voi levyjen 36a ja 36b koko olla yhdestä kymmen-
5 kertainen muuttimen 20 poikkileikkausleveyteen verrattuna ja niiden muoto voi olla pyöreä, neliömäinen tai epäsäännöllinen, kunhan vain symmetria säilyy muuttimen 20 päästä päähän. Estolevyjen 36a ja 36b tehtävänä on muodostaa tahallinen este tai häiriö muuttimen 20 suuntaisesti kulke-
10 van virtauksen liikeradalle vanapyörteisyyden muodostamiseksi levyjen 36a ja 36b taakse, aiheuttaen tällöin itse asiassa "aerodynaamiseksi värinäksi" kutsutun ilmiön eli nopean siirtymän sivulta toiselle muuttimen 20 akselin suuntaisesti tai lähes sen suuntaisesti kulkevan virtauksen yhteydessä. Muutinosan 20 yli tapahtuvan virtauksen
15 estävät levyt 36a ja 36b ja kukin pulssi levyjen 36a ja 36b takana olevassa pyörrekanavassa vuorottelee sivulta sivulle virtauksen tapahtuessa muuttimen 20 akselin suunnassa. Pyörrevaikutuksen voimakkuus vähenee virtausvektorin siirtyessä poispäin yhdensuuntaiselta akselilta virtaamaan kohtisuorasti muuttimen 20 akselin suhteen. Lattalevyn takana olevaa pyörretilaa selostetaan sivuilla 36-41 edellä mainitussa viiteteoksessa: "Modern Developments in Fluid Mechanics".

25 Estolevyjä 35a ja 35b voidaan käyttää myös edullisesti asennettuina kuvion 7 mukaisen ulokemuuttimen 7 kumpaankin päähän ja kuvioiden 9, 10, 11, 12 ja 13 mukaisissa muuttimissa.

Kuvio 17 esittää yksinkertaistettua sähkökaaviota
30 analogisesta magnetointi- ja lukulaitteesta kuvion 1 esittämän muuttimen tuntoelinparia 21a ja 21b varten, erillisten ulostulojen ollessa muodostettuina suuntamerkin 54 ja virtausnopeuden 55 lukusignaaleja varten. Suuntatuntoelinpari 21a ja 21b on esitetty liitettynä neli-

haaraisen Wheatstonen sillan kahtena haarana, tämän sillan
 ollessa muodostettuna myös vastusten 42 ja 43 avulla. Vas-
 tuksia 42 ja 43 käytetään tasapainottamaan silta muutinta
 ympäröivän nestemäisen väliaineen ollessa levossa eli
 5 nopeudeltaan nolla. Kuvion 17 mukainen silta magnetoidaan
 liitäntöjen 40 ja 41 välityksellä ja sillan tasapaino
 kohtien 50 ja 51 välillä havaitaan ja sitä vahvistetaan
 erotusvahvistimen 53 välityksellä muodostaen siten signaa-
 li 54, joka on mittana suuntasillan tasapaino- tai epäta-
 10 sapainoasteelle. Signaali 54 ilmaisee epätasapainon hei-
 lahtamalla joko positiiviseen tai negatiiviseen polaari-
 suuteen yhden tuntoelimen 21a tai 21b ollessa suuri-
 nopeuksisen tuuletuksen alaisena. Vastusten 42 ja 43 yh-
 dessä tuntoelementtien 21a ja 21b muodostaman sillan voi-
 15 daan katsoa olevan sähköisessä mielessä yksinkertainen
 vastus, josta puolestaan tulee yksi haara toisessa Wheat-
 stonen sillassa, jonka muodostavat ensimmäisen Wheatsto-
 nen sillan, eli suuntasillan, kanssa sarjaan kytketty te-
 hovastus 44 ja vastukset 45 ja 46, joita käytetään toisen
 20 sillan tasapainottamiseen vastusten 45 ja 46 arvojen mää-
 rittämässä toimintakohdassa. Kumpaakin vastusta 45 tai 46
 voidaan muuttaa sillan suunnittelun aikana tai potentio-
 metriä tai säädettävää vastusta voidaan käyttää niistä
 toista, mutta ei molempia, varten. Tämän ansiosta laitteen
 25 käyttäjä voi valita toimintakohdan ja laiteherkkyyden. Vah-
 vistin 48 on erotusvahvistin sisältäen suurvirtaustulon,
 joka syötetään takaisin suljetun silmukan tavoin siltaan
 kohdassa 49. Vahvistimen 48 sisäänotto tapahtuu sillan
 poikki kohdissa 41 ja 47 negatiivisen takaisinkytkennän
 30 varmistamiseksi.

Erotusvahvistin 52 on liitetty suuntasillan poikki
 kohtiin 40 ja 41 ja sitä käytetään virtausnopeuden määri-
 tykseen tuntoelimiä 21a ja 21b vasten aivan kuin ne muo-
 dostaisivat yhden ainoan elimen. Tuntoelimet 21a ja 21b

toimivat yhdessä vastusten 42 ja 43 kanssa vahvistimen 52 suhteen yksinkertaisena vastuslähteenä, joka on herkkä kaikille muutoksille sen osissa. Tuntoelimet 21a ja 21b ovat itse asiassa nollasta eroavalla kertoimella varustettuja vastuksia, ja platinaa käytettäessä kalvoa varten lämpötilakertoimella on korkea positiivinen arvo. Tämän tosiasian ansiosta vastusten 45 ja 46 arvot voidaan säätää siten, että siltatasapainoon vaadittavat vastusarvot saavutetaan, kun yhtenä vastuksena tarkastellun suuntasillan sarja-rinnakkainen kokonaisvastus yhdessä tehovastuksen 44 kanssa tasapainottuvat vastusten 45 ja 46 suhteen sisältämällä samat vastussuhteet sillan kummallakin puolella. Aktiivinen puoli käsittää vastuksen 44 yhdessä suuntasillan kanssa. Vertailupuoli käsittää vastukset 45 ja 46.

Kun tuntoelimet 21a ja 21b ovat kylmiä eivätkä toimi, niiden vastus on niiden toiminta-arvoa alhaisempi, ja valvomalla niiden toiminta-arvoa vertailusuhteen asetuksen avulla voidaan valita käyttöön sillan itsetoimista tasapainoa varten vaadittavat kuumavastusarvot, joita kaikkia säädetään vahvistimen 48 kautta siltaan kohdassa 49 tulevan negatiivisen feedbackin avulla. Feedback-silmukka säätää automaattisesti virran koko siltayhdistelmän kautta, kunnes tuntoelimien 21a ja 21b vastus saavuttaa sillan tasapainottavan vastusarvon. Pieni siirrosjännite on oltava vahvistimen 48 ulostulossa virtapiirin ollessa ensimmäistä kertaa kytkettynä päälle ja tuntoelimien ollessa ympäristölämpötilassa, jolloin siirrosjännitteen aiheuttama pieni siltavirta on riittävä kehittääkseen pienen virhesignaalin kohtien 41 ja 47 välille sallien siten virtapiirin siirtymisen käyttötilaan. Kuvatunlainen toimintatapa edustaa vakio­lämpötilassa (tai vakio­vastuksen avulla) tapahtuvaa menetelmää kuumajohdin- tai kuumakalvo-anemometrin toiminnassa.

Tyypillisessä virtapiirissä kummankin tuntoelimen 21a ja 21b vastuksena on 3,3 ohmia huonelämpötilassa. Varovaisuutta on noudatettava lämpöherkkiä vastusarvoja mitattaessa. Tehovastus 44 on 2 ohmia ja sillä on alhainen vastuslämpötilakerroin sekä riittävä fyysinen koko, niin että itsekuumentuminen ei aiheuta huomattavampaa muutosta sen nimellisessä vastusarvossa virtatasojen vaihdellessa. Kuvioiden 1 ja 2 mukaista muutinta 20 varten, joka on valmistettu annettujen esimerkkien mukaisesti mittakaavassa, tyypillisinä nollanopeuksisina virtatasoina voi olla 0,1 ampeerin alue, ja maksimivirtauksen yhteydessä virtatasot voitaisiin mitata lähelle yhtä ampeeria äärimmäisessä tapauksessa. Vastus 45 on 499 ohmia ja se voi olla tehty täsmäkalvosta tai johdinkäämivastuksesta. Vastusten 42 ja 43 arvot ovat kumpikin 20,000 tai 30,000 ohmia tuntoelimien 21a ja 21b tarpeettoman kuormituksen välttämiseksi. Vastuksen 46 noin 2,245 ohmia oleva arvo aiheuttaa suuntasillan kokonaisvastuksen nousemisen yhdeksään ohmiin, mikä tasapainottaa sillan. Tuntoelinten 21a ja 21b seurauksena oleva pintalämpötila on suuruudeltaan 125-135°C. Vastusta 46 voidaan käyttää tuntoelimien 21a ja 21b lämpötilan kompensoimiseen. Platinasta tehtyä vastuslämpötilailmaisinta tai nikkelistä tehtyä vastuslämpömittaria tai vastaavanlaista lämpötilaherkkää vastusta voidaan käyttää kiinteällä matalalämpötilakertoimella varustetun vastuksen 46 asemasta ympäristölämpötilan muutosten havaitsemiseksi ja ilmaisemiseksi ja anemometrin herkkyyden automaattiseksi säätämiseksi lämpötilan vaihtelujen mukaisesti. Tavallisesti käytetään sarjaan kytkettyä tasoitusvastusta vaimentamaan tai tasoittamaan sillan vastusvarren 46 lämpötilakerroin sillan vertailupuolen vastuslämpötilakertoimen tasapainottamiseksi kuumennettujen tuntoelinten 21a ja 21b vastuslämpötilakertoimen suhteen, Yksityiskohtainen selostus tästä tekniikasta on esi-

tetty U.S. patenttijulkaisussa N:o 3,363,462 ja Sabinin suunnitteluyhtälöt ovat erityisen käyttökelpoisia yleensä lämpöanemometriä varten. |

Ulostulo 54 on kaksoispolaarinen ja ilmaisee, mikä
 5 tuntoelin, 21a tai 21b, on törmäävää nestevirtausta vastas-
 sa. Virtausta vastassa olevan tuntoelimen vastus on alhai-
 sempi kuin virtauksesta poispäin olevan tuntoelimen vas-
 tus, joka lisääntyy näiden vastusten kokonaisarvon pysyes-
 sä vakiona. Ulostulo 55 on yksipolaarinen ja sen avulla
 10 mitataan virtauksen epälineaarinen nopeus, joka ilmaisee
 nestevirtauksen virtaavaan massaansa kadotetun lämmön tai
 tehon määrän.

Vahvistimet 48, 52 ja 53 voivat olla integroidun
 piirin käyttövahvistimia, jotka toimivat positiivisten
 15 ja negatiivisten 12 tai 15 voltin teholähteiden avulla.
 15 voltin käyttö voi saada aikaan ainakin kymmenen voltin
 signaaliheilahdukset ulostuloissa 54 ja 55. Kuvion 17
 mukaisia monisiltapiirejä käytettäessä kahden tai useam-
 man muuttimen muodostaman ryhmän avulla on huolehdittava
 20 asianmukaisesta maadoitus- ja tehonsyöttöpiirijohdotuk-
 sesta muuttimien välisen haitallisen ylikuulumisen vält-
 tämiseksi, joka saattaisi aiheuttaa toimintahäiriön.

Kuvio 18 esittää yksinkertaistettua sähkökaaviota
 kuvion 1 mukaisen muuttimen tuntoelinparia 21a ja 21b var-
 25 ten tarkoitettusta magnetointi- ja lukulaitteesta, joka
 sopii erityisen hyvin käytettäväksi myös kuvioiden 14,
 15 ja 16 muuttimien kanssa yksinkertaisen seosvirtaussuun-
 nan ja nopeuden ilmaisevan signaalin 61 yhteydessä. Kuten
 kuviossa 17, on tuntoelinpari 21a ja 21b esitetty liitet-
 30 tynä nelivartisen Wheatstonen sillan kahtena haarana, vas-
 tuksien 42 ja 43 muodostaessa myös tämän sillan. Vastuksia
 42 ja 43 käytetään tasapainottamaan silta muutinta ympä-
 röivän nestemäisen väliaineen ollessa levossa tai nolla-
 nopeudessa. Kuvion 18 mukainen silta magnetoidaan liitän-

töjen 40 ja 41 välityksellä ja suuntasillan toiminta vakiovastussiltana on selostettu kuvion 17 yhteydessä. Koh-
 tien 50 ja 51 välinen siltatasapaino havaitaan ja vahvis-
 tetaan/erotusvahvistimen 56 avulla muodostaen signaali 61,
 5 joka on suuntasillan epätasapainoasteen mittana. Signaali
 61 osoittaa epätasapainoa heilahtaessaan joko positiivi-
 seen tai negatiiviseen polaarisuuteen yhtä tuntoelinparia
 21a tai 21b tuuletettaessa suuremmalla nopeudella törmää-
 vään nestevirtaukseen verraten. Suojanpuoleisessa eli
 10 "myötätuulen" puoleisessa elimessä esiintyy vähäisempi
 virtausnopeus toisen, eli "vastatuulen" puoleisen elimen
 aiheuttaman estämisvaikutuksen johdosta. Tuloksena olevan
 differentiaalisien antosignaalin 61 suuruus on suorana no-
 peuden mittana. Vastukset 57 ja 59 ovat tulovastuksia vah-
 15 vistimeen 56 ja vastukset 58 ja 60 ovat feedback-vastuksia.
 Erotusvahvistus säädetään feedback-vastuksien 58 ja 60
 sekä tulovastuksien 57 ja 59 välisen suhteen avulla. Tyy-
 pillinen vahvistimen vahvistus on 20 tai 25 täysimittais-
 ta ilmvirtausta varten, jonka nopeus on esimerkiksi 25
 20 m/s.

Kuvio 19 esittää yksinkertaistettua sähkökaaviota
 ykisttävistä lämpöhäviömuuttimen tuntoelintä 21a varten
 tarkoitusta magnetointi- ja lukulaitteesta, joka toimii
 digitaalisen tietokonelaitteen 70 valvonnassa. Digitaalis-
 25 ta tietokonetta tai mikrotietokonetta 70 käytetään valvo-
 maan liitännän 78 välityksellä digitaalialogiamuun-
 ninta 72 (numerokoodi jännite- tai virtamuuttimeen) ja
 analogiadigitaalimuunninta 76 (jännite numerokoodimuut-
 timeen) , joita käytetään magnetoimaan liitännän 73 kautta
 30 ja lukemaan liitännän 75 välityksellä resistiivinen muu-
 tintuntoelin 21a ja syöttämään tiedot edelleen mikrotieto-
 koneen 70 kautta koodattuihin ulostuloihin 79 tallennusta,
 näyttöä, lisäkäsittelyä tai käyttöä ja valvontaa varten
 muiden tosiaika- tai viive- eli erillisprosessien yhtey-

dessä. Mikrotietokone 70 magnetoi ja lukee jaksollisesti tai jaksottomasti lämpöhäviökäyttöolosuhteet tai tehonjohtamistason resistiivisessä tuntoelimessä 21a mitaten tuntoelimen 21a kuumennuksensa yhteydessä nestevirtaukseen

5 menettämän korvatun tehon. Mikrotietokoneen 70 laskemat tulokset esitetään tulostuslinjoissa 79 ja niitä käytetään myös muunnetussa muodossa liitäntöjen 71 kautta digitaalianalogiamuuntimessa 72, joka käyttää tuntoelintä

10 21a tietokoneen 70 määrittämällä tasolla. Muuttimen signaalitasoja merkitsevät digitaaliset koodit syötetään liitäntään 71 välityksellä digitaalianalogiamuuntimeen 72, muutetaan analogisiksi jännite- tai virtatasoiksi ja syötetään liitäntään 73 kautta tuntoelimeen 21a, jonka käyttötehotaso havaitaan liittimessä 75 ja syötetään analogiadigitaalimuuntimeen 76, joka syöttää digitaali-

15 sen numerokoodin 77 tietokoneeseen 70. Tuntoelimelle 21a voidaan antaa nopea käsky toimintaa varten millä tahansa tehotasolla digitaalianalogiamuuntimen 72 tehonsyöttörajoituksien alaisena niin kauan kuin tuntoelimen 21a

20 tehonkäsittelykapasiteettia ei ylitetä. Erittäin alhaisella tehotasolla toimivaa tuntoelintä 21a voidaan käyttää lämpötilahavaintomuuttimena, joka helpottaa paikallisen ympäristölämpötilan mittaamista. Korkeilla tehotasoilla toimivan resistiivisen tuntoelimen 21a nollasta eroava

25 lämpötilakerroin ilmaisee anemometrin suorituskyvyn, mikä merkitsee sitä, että anemometrimuutin kadottaa lämpöä sitä itseään ympäröivään nesteeseen muuttuen tämän nesteen liikenopeuden mukaisesti. Koska kaikki käyttötehotasot ovat

30 tietokoneen 70 valvonnan alaisia ja voivat muuttua korkeilla nopeuksilla, on mahdollista ratkaista useita tuntemattomia tekijöitä sisältävät nestemekanikan tai lämpönestevirtauksen käyttöyhtälöt lämmönsiirtokertoimien määrittämiseksi muutinta 21a varten. Näiden useita tuntemattomia tekijöitä sisältävien samanaikaisten yhtälösarjojen

ratkaisua voidaan esimerkiksi käyttää tuulen nopeuden, ilman lämpötilan ja tiheyden sekä muiden vastaavien arvojen määrittämiseen käyttämällä muutinta 21a erilaisissa lämpötiloissa sisältävässä sarjassa.

- 5 Kuvio 20 esittää yksinkertaistettua sähkökaaviota kuvion 1 esittämän tuntoelinparilla varustetun muuttimen 20 magnetointi- ja lukulaitteesta, jota käytetään ja valvotaan tietokonelaitteen avulla tuntoelinparin 21a ja 21b sekä monimuuttimen 20 toimintaa ja lukemista varten. Kuvio
- 10 20 on sama kuin kuvio 19 lukuunottamatta multiplekserin 74 (sähkömekaanisen kytkimen monikanavaisen sähkökytkimen) lisäämistä, joka liittää yhteen kaksi tai useampia tuntoelimiä 21a...21b, mahdollistaen digitaalisen tietokoneen 70 ja signaali-
muuttimien 72 ja 76 yhteisen toiminnan tun-
- 15 toelinparin 21a ja 21b, monilämpöanemometriyhdistelmien 20 ja muiden vastusrakenteiden avulla, joita voidaan käyttää tuntoeliminä. Kaikkia tässä yhteydessä selostettuja muuttinmuunnelmia voidaan käyttää kuvion 20 mukaisen virtapiirin välityksellä. Kun esimerkiksi kahta tuntoelintä 21a
- 20 ja 21b käytetään kuvatuslaisella tavalla, saa kuvion 20 mukainen virtapiiri aikaan menetelmän muuttimen 20 signaali-
kohonatason parantamiseksi edelleen kytkemällä kumpikin elin 21a ja 21b vuorotellen päälle ja pois päältä ulkoisen virtapiirilaitteen välityksellä, tarkastamalla
- 25 muuttinparin 20 kummankin elimen 21a ja 21b menettämä lämpö nestevirtaukseen sarjamaiseen tapaan samanaikaisen rinnakkaisen tavan sijasta. Tämä toimenpide johtaa magnetointia varten tarvittavan tehon välittömään vähenemiseen 50 prosentilla. Suuremmat nestevirtaussignaalit tai käyttöte-
- 30 hot voidaan lukea sen tuntoelimen ansioksi, joka on nesteen virtaussuuntaa vastassa. Toisena esimerkkinä mainittakoon, että kuvion 20 mukaisen virtapiirijärjestelyn yhteydessä voidaan käyttää yksinkertaista tuntoelintä 21a tai vastaavanlaista vastusta nesteen ominaisuuksien il-

maisemiseen , käyttämällä samalla toista resistiivistä tuntoelintä nesteen jatkuvan näytelämpötilan havaitsemiseen.

Kuvio 21 esittää osaa kuvion 20 mukaisesta virtapiiristä näyttäen, miten multiplekseriä 74 voidaan käyttää vuorottaisesti sarjaan kytkettyjen resisitiivisten tuntoelinten 21a ja 21b...21x ja 21y kanssa, jotka magnetoidaan ja luetaan pitäen kutakin sarjaparia yhtenä ainoana tuntoelimenä. Resisttiivisten tuntojohtimien 21a ja 21b sarjaliitäntä on esitetty multiplekserin 74 kytkinkanavassa m. Yksittäisten ja parittaisten resisttiivisten tuntojohtimien sekoitusta voidaan käyttää tällä tavoin syöttäen digitaalisen tietokoneen antamat käskyt 78 multiplekserikytkimen 74 kautta. Esimerkiksi multiplekserin 74 kytkinkana-
 15 vaan n liitettyssä liitoskohdassa 80 olevaa signaalia voidaan käyttää ilmaisemaan pelkästään suuntamerkki, jonka tunnistava resistiivinen tuntojohdin 21a tai 21b vastaanottaa suuremman tuuletuksen tulonestevirtauksen välityksellä. On myös otettava huomioon, että useampia kuin kaksi
 20 resisttiivistä tuntojohdinta voidaan tällä tavoin liittää sarjassa multiplekseriin 74 kyseisen mittaussovellutuksen asettamien vaatimuksien mukaisella tavalla.

Patenttivaatimukset

1. Suunnattu lämpöanemometrимуutin (20), joka käsittää:

5 sähköä johtamattoman pitkulaisen alustan (25), jossa on pitkittäisakseli ja ainakin kaksi lähietäisyydellä toisistaan sijaitsevaa vastakkaista aluetta (21a,21b), jotka ovat termisesti ja sähköisesti oleellisesti toisistaan eristettyjä, kummankin alueen ollessa peitetty nol-
10 lasta poikkeavan lämpötilakertoimen omaavalla resistiivisellä tuntojohtimella (26a,26b), joka kummallakin alueella kulkee vain sen vyöhykkeen sisällä, joka on suoraan alttiina alustan pituusakselin ja vastakkaisten alueiden (21a,21b) keskikohtien määrittävässä tasossa muunninalustan
15 ylikulkevan virtauksen erottamattomalle liitännäsvirtaukselle, t u n n e t t u siitä, että muutin (20) käsittää ainakin yhden sylinterimäisen tangon (35), joka on sijoitettu hyvin lähelle resistiivisiä tuntojohdinelementtejä (20), niiden suuntaisesti, muodostamaan suorituskykyä
20 parantava aerodynaaminen pyörrevirtaus pienillä törmäävän virtauksen ja muuttimen pituusakselin välisillä kulmilla.

2. Suunnattu lämpöanemometrимуutin (20), joka käsittää:

25 sähköä johtamattoman pitkulaisen alustan (25), jossa on pitkittäisakseli ja ainakin kaksi lähietäisyydellä toisistaan sijaitsevaa vastakkaista aluetta (21a,21b), jotka ovat termisesti ja sähköisesti oleellisesti toisistaan eristettyjä, kummankin alueen ollessa peitetty nol-
30 lasta poikkeavan lämpötilakertoimen omaavalla resistiivisellä tuntojohtimella (26a,26b), joka kummallakin alueella kulkee vain sen vyöhykkeen sisällä, joka on suoraan alttiina alustan pituusakselin ja vastakkaisten alueiden (21a,21b) keskikohtien määrittävässä tasossa muunninalustan ylikulkevan virtauksen erottamattomalle liitännäsvirtaukselle, t u n n e t t u siitä, että muutin (20) käsit-
35

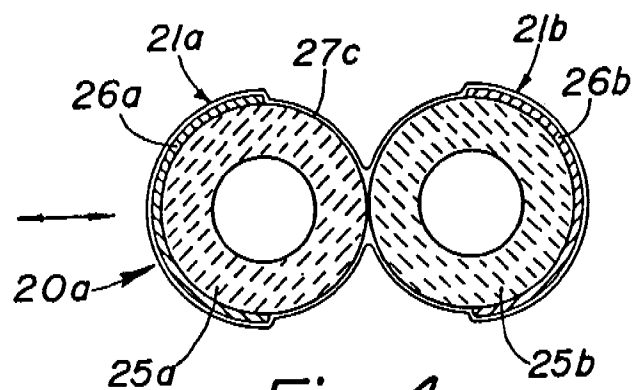
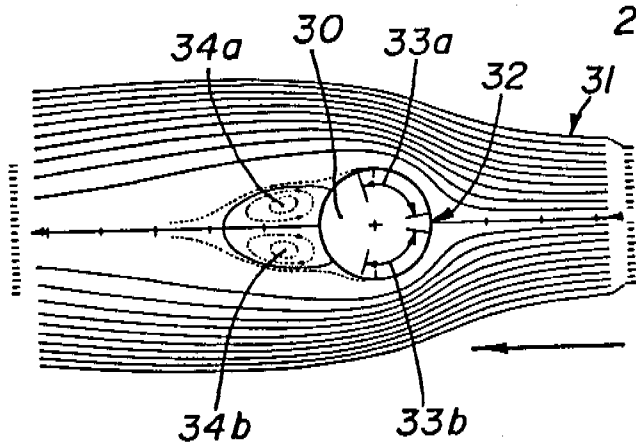
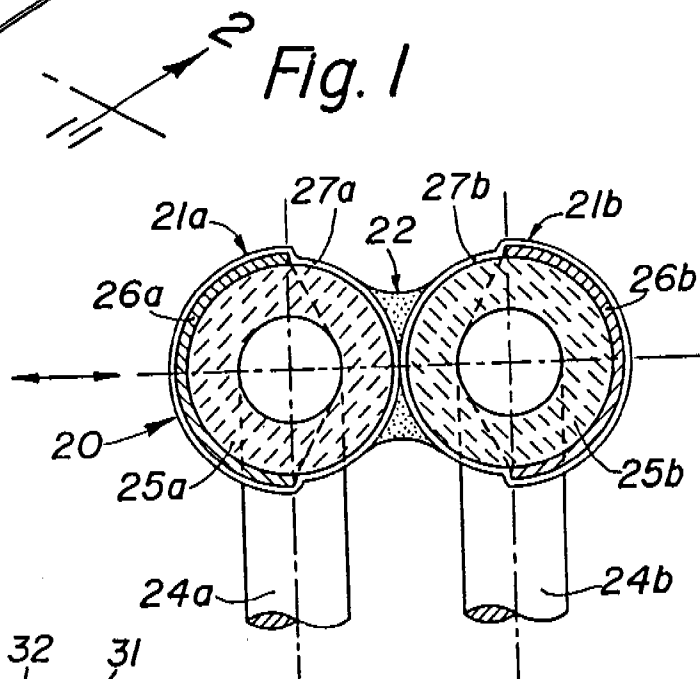
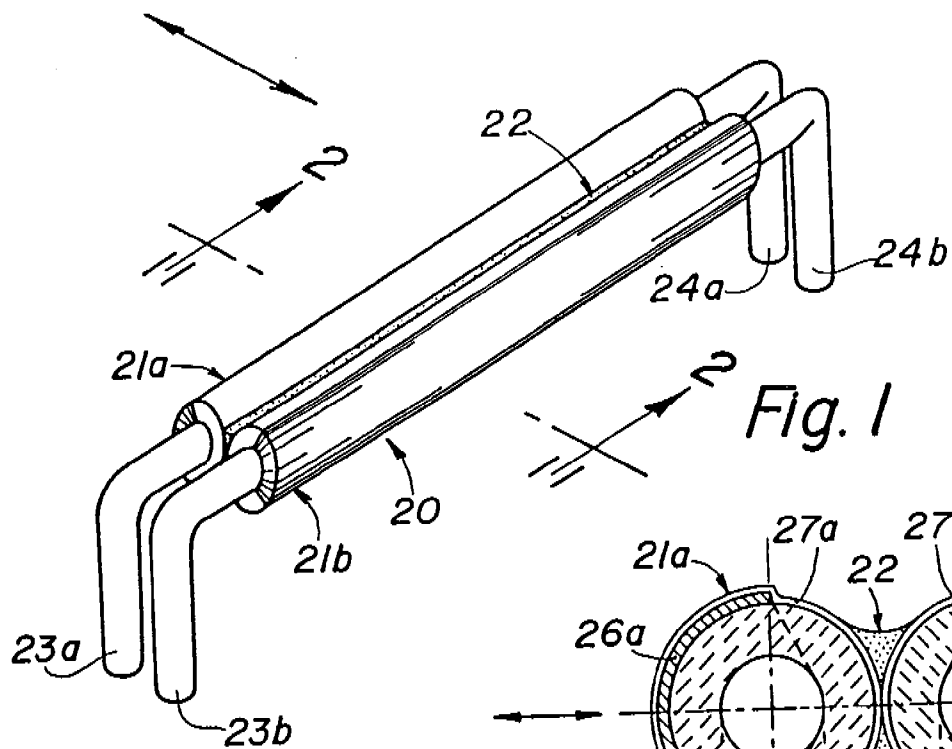
tää kaksi sulkua (36a, 36b), jotka on asennettu muuttimen kumpaankin päähän kohtisuorasti muuttimen pituusakseliin nähden muodostamaan aerodynaaminen pyörrevirtaus, joka parantaa suorituskykyä pienillä kulmilla muuttimen pitkit-
 5 täisakselin kanssa lähes samansuuntaisen törmäävän virtauksen tapauksessa.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen muutin, t u n n e t t u siitä, että alusta (20) sisältää kaksi sylinterimäistä elementtiä (25a,25b), jotka on liitetty
 10 toisiinsa liimalla (22).

4. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen muutin, t u n n e t t u siitä, että alusta (20) sisältää kaksi sylinterimäistä elementtiä (25a,25b), jotka on liitetty toisiinsa resistiivisen tuntojohtimen (26) päällä olevalla
 15 suojapinnoitteella (27).

5. Suunnattu lämpöanemometrimuutin (20), joka käsittää:

sähköä johtamattoman pitkulaisen alustan (25), jossa on pitkittäisakseli ja ainakin kaksi lähietäisyydellä
 20 toisistaan sijaitsevaa vastakkaista aluetta (21a,21b), jotka ovat termisesti ja sähköisesti oleellisesti toisistaan eristettyjä, kummankin alueen ollessa peitetty nol-
 lasta poikkeavan lämpötilakertoimen omaavalla resistiivisellä tuntojohtimella (26a,26b), joka kummallakin alueella
 25 kulkee vain sen vyöhykkeen sisällä, joka on suoraan alttiina alustan pituusakselin ja vastakkaisten alueiden (21a,21b) keskikohtien määrittävässä tasossa muunninalus-
 tan ylikulkevan virtauksen erottamattomalle liitäntävir-
 taukselle, t u n n e t t u siitä, että resistiiviset tun-
 30 tojohtimet on kullakin ainakin kahdella alueella leikattu keskeisesti pääosalta sen aksiaalista pituutta stagnaa-
 tiovyöhykkeellä substraatin vastakkaisten alueiden keski-
 kohdissa mutinelementin ulokeasennuksen mahdollistamiseksi.



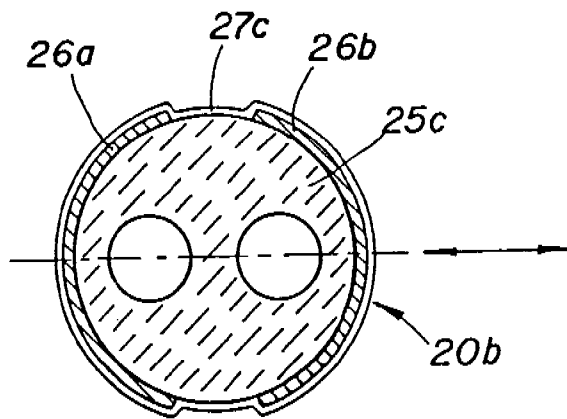


Fig. 5

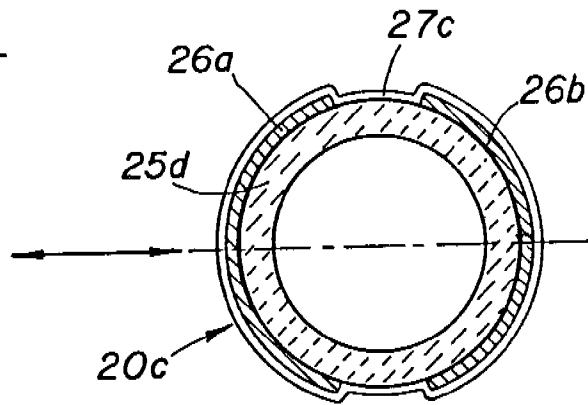


Fig. 6

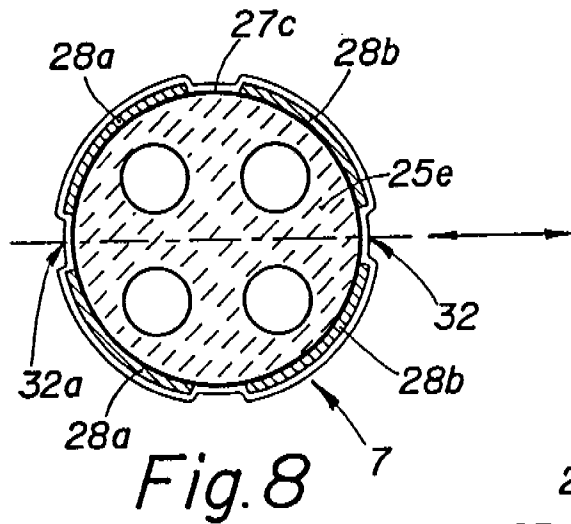


Fig. 8

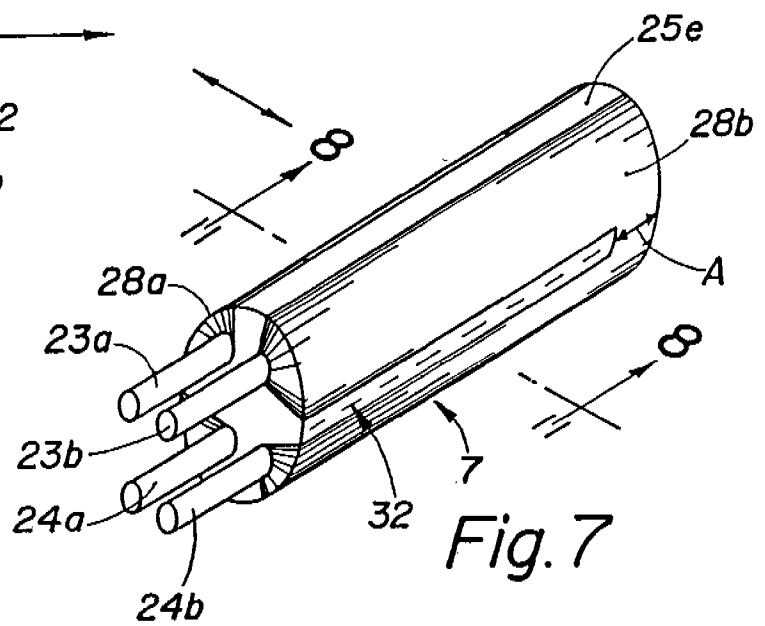


Fig. 7

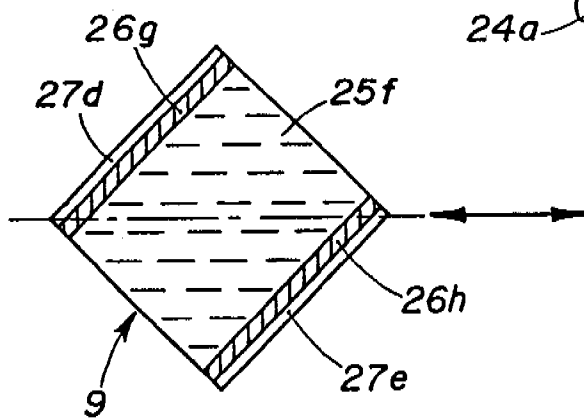


Fig. 9

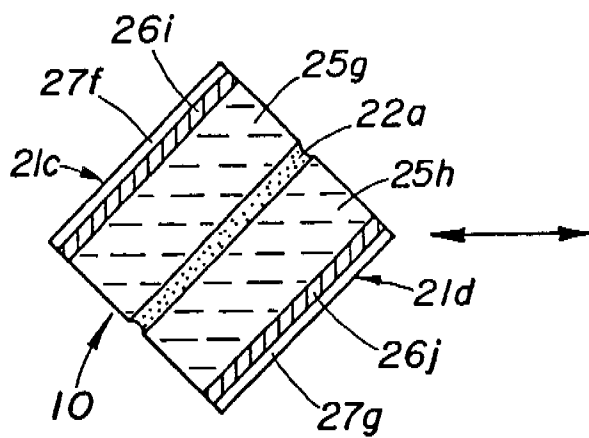


Fig. 10

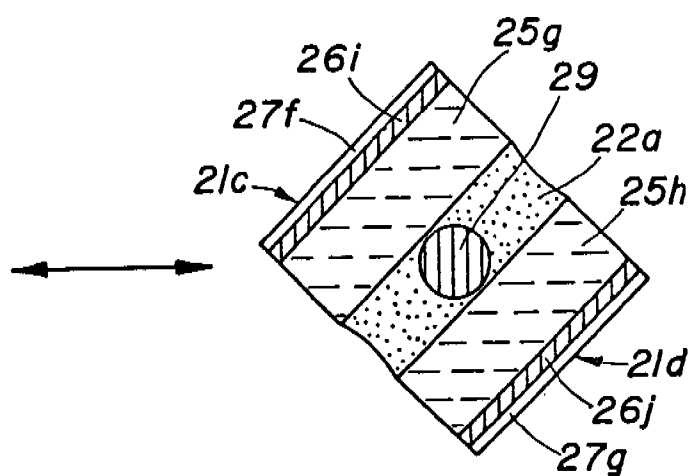


Fig. 11

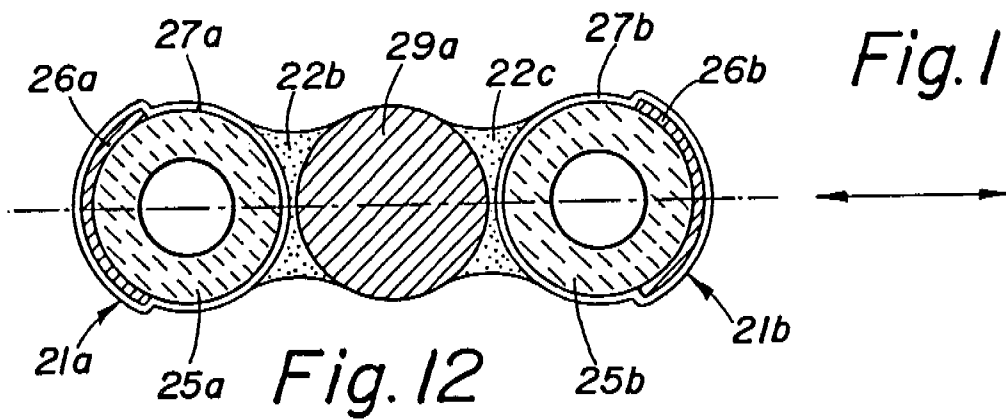


Fig. 12

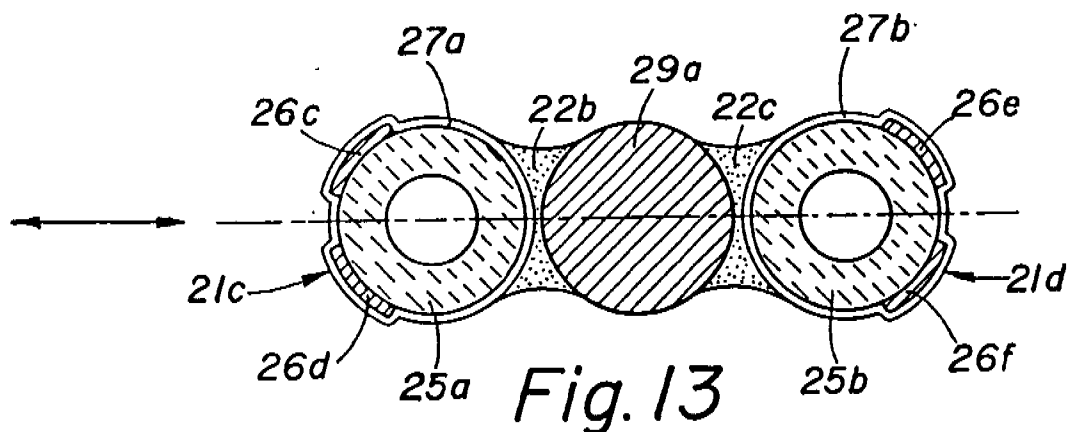


Fig. 13

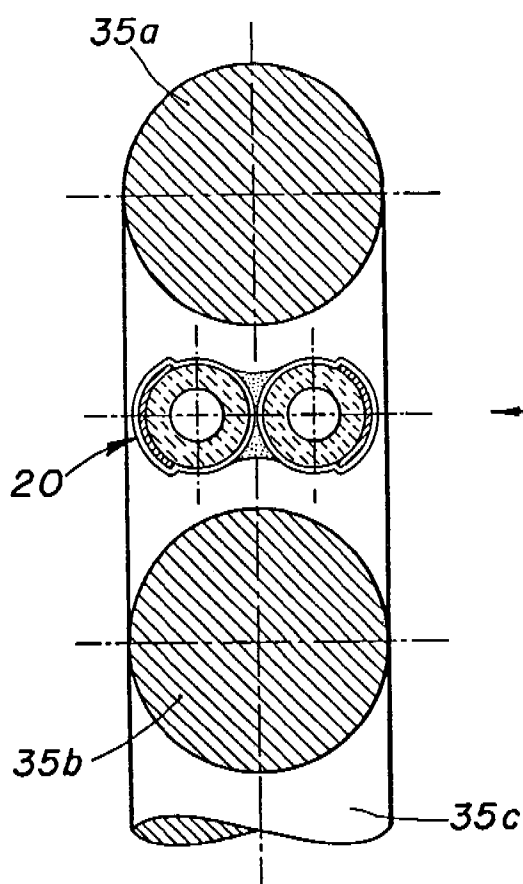


Fig. 14

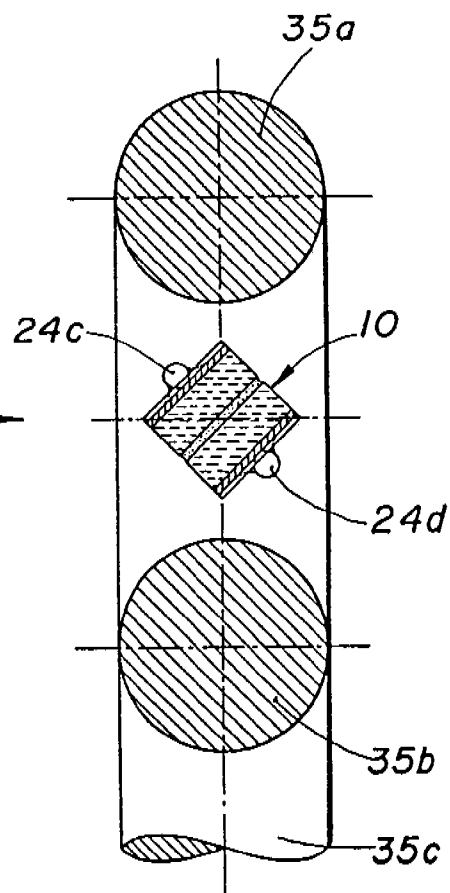


Fig. 15

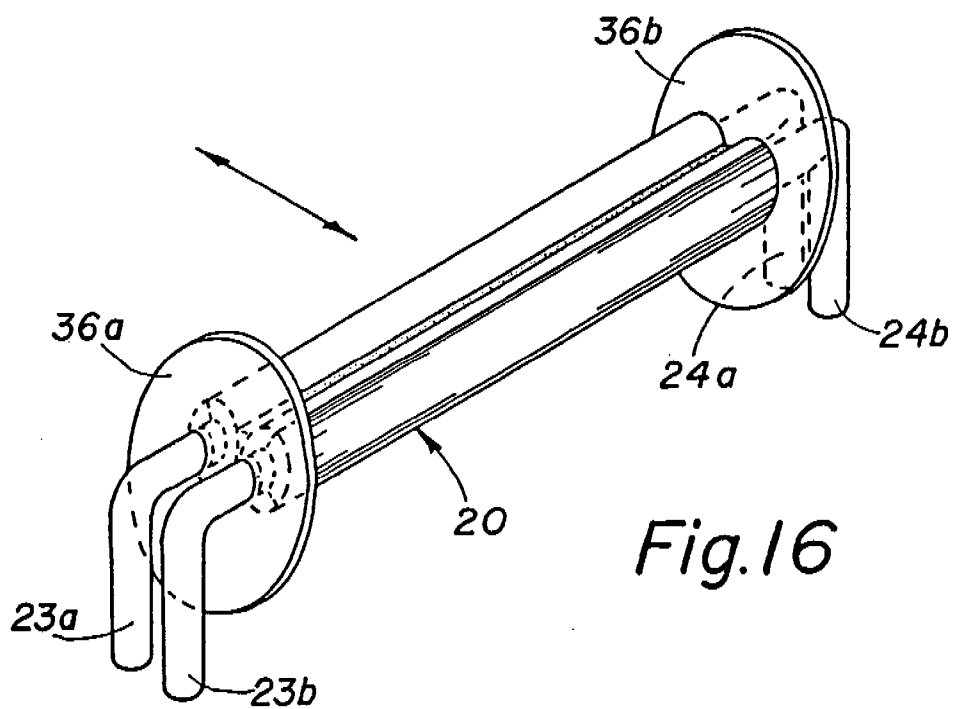


Fig. 16

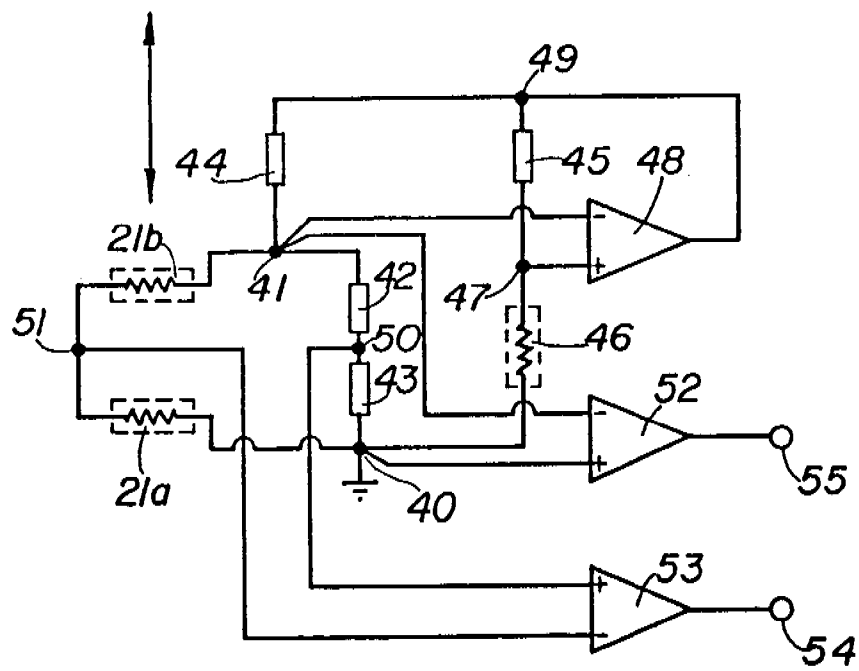


Fig. 17

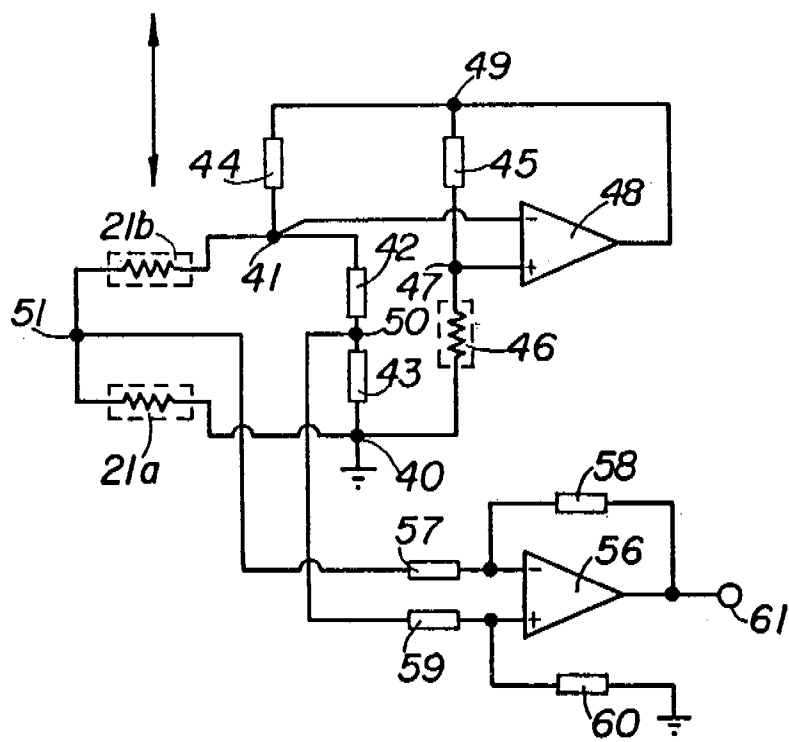


Fig. 18

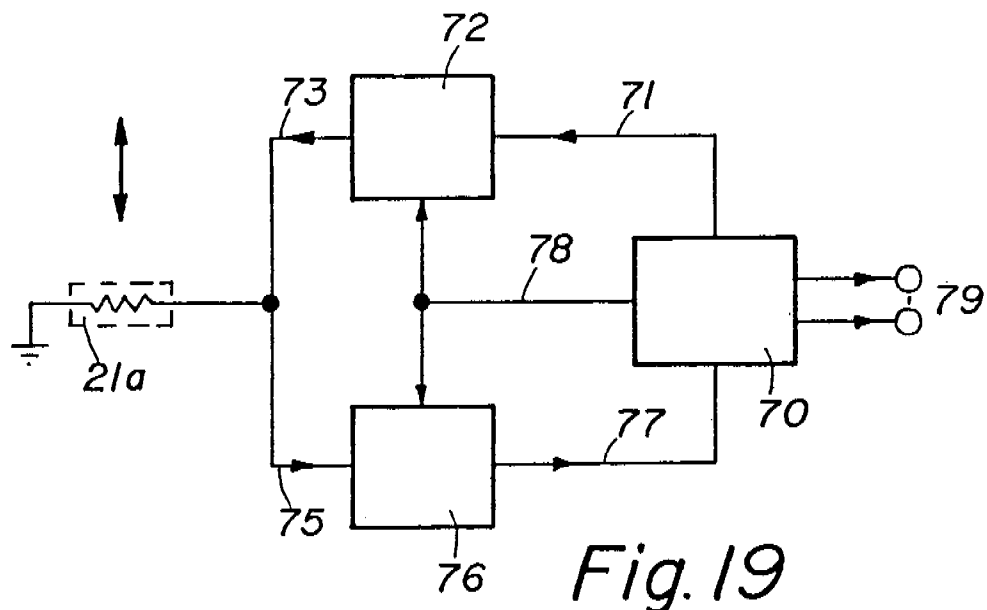


Fig. 19

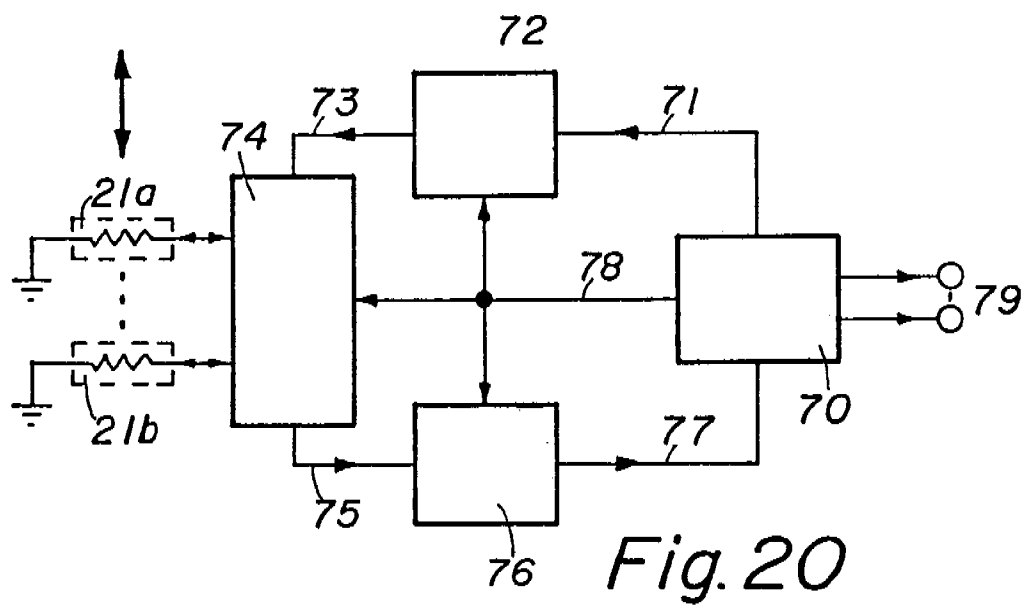


Fig. 20

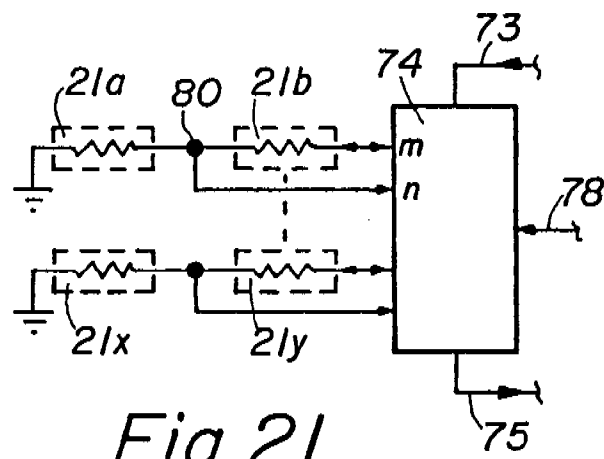


Fig. 21

TUTKIMUSRAPORTTI

KÄÄNNÄ!

[illegible]