



SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats
(51) Kv.1k.5 - Int.c1.5

A 61B 5/08

(21) Patentihakemus - Patentansökning 831371
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 21.04.83
(24) Alkupäivä - Löpdag 24.08.82
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 21.04.83
(44) Nähtäväsipanon ja kuul.julkaisun pvm. -
Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad 31.01.90
(86) Kv. hakemus - Int. ansökan US82/01144
(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet
24.08.81 US 295486

(71) Hakija - Sökande

1. Andros Analyzers Incorporated, 2332 Fourth Street, Berkeley, Cal., USA, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Passaro, Robert Eugene, 2287 High Ridge Road, Stamford, Conn., USA, (US)
2. Burough, Irvin George, 1656 Camino Verde, Walnut Creek, Cal., USA, (US)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Kolster Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä ja laite, joilla määritetään hiilidioksidin osapaine nukutetun potilaan
valtimoveressä
Förfarande och anordning för bestämning av deltryck av koldioxid i pulsblod av en
narkotiserad patient

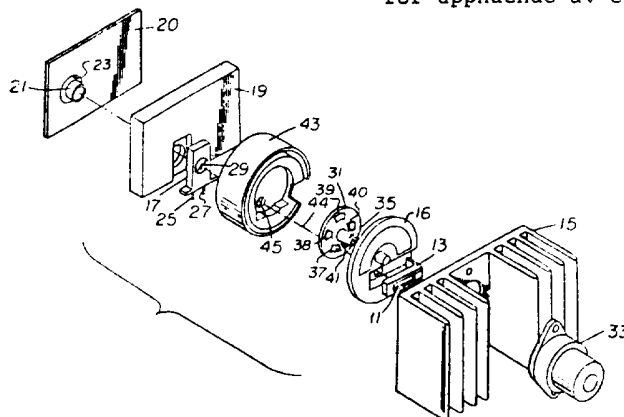
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US A 3790798, US A 3893770, US A 3898462, US A 4011859, US A 4013260, US A 4110619,
US A 4153837

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee menetelmää ja laitetta, joilla määritetään hiilidioksidin osapaine potilaan valtimoveressä. Menetelmä ja laite ovat erityisen hyödyllisiä potilaan ollessa nukutettu. Hiilidioksidipitoisuus mitataan potilaan uloshengityksen loppuosassa. Lisäksi mitataan typpioksiduulipitoisuus, niin että hiilidioksidipitoisuuden mitattuja arvoja voidaan korjata typpioksiduulipitoisuuden mitatun arvon perusteella. Tässä kuvataan erityisiä ilmaisuallompituuksia sekä laitteen muita parametrejä korkean tarkkuustason saavuttamiseksi.

Uppfinningen avser en metod och apparat för fastställande av koldioxidets deltryck i en patients artärblod. Metoden och apparaten är speciellt nyttiga då patienten är under narkos. Koldioxidkoncentrationen mäts vid slutet av patientens utandning. Kväveoxidkoncentrationen mäts också, så att de uppmätta värdena av koldioxidkoncentrationen kan korrigeras i enlighet med de uppmätta värdena av kväveoxidkoncentrationen. Speciella detekteringsväglängder beskrivs tillsammans med andra parametrar hos apparaten för uppnående av en hög precisionsnivå.



Menetelmä ja laite, joilla määritetään hiilidioksidin osapaine nukutetun potilaan valtimoveressä

Tämä keksintö koskee yleisesti lääkintäkojeita ja erityisesti menetelmää ja laitetta, joilla määritetään hiilidioksidin osapaine nukutetun potilaan valtimoveressä. Menetelmässä hiilidioksidipitoisuus ilmaistaan potilaan uloshengityksen loppuosassa mittaamalla absorboitunut infrapunaenergia ennalta määrätyllä ensimmäisellä aallonpituusalueella, joka osuu hiilidioksidin absorptiopiikin aallonpituudelle.

Monissa kliinisisissä puitteissa on suotavaa valvoa hiilidioksidipitoisuutta potilaan valtimoveressä nukutuksen aikana. Tätä varten on suunniteltu loismenettelyjä, joihin sisältyy jaksoittainen näytteenotto valtimoverestä ja potilaan sisällä olevan katetrin käyttö, jolla voidaan suoraan valvoa hiilidioksidipitoisuutta. Näiden menetelmien loislunne merkitsee, että niihin liittyvät kaikki ne ongelmat, jotka yleensä liittyvät tällaisiin menetelmiin, mm. lisääntyviä tartunta-, tukos- ym. vaaroja.

On tunnettua, että normaalihengityksessä keuhkoista viimeiseksi poistuvan kaasun hiilidioksidipitoisuudet liittyvät valtimoveren kaasun hiilidioksidin osapaineeseen. Tämän valvonnan toteuttamiseksi suunnitellut lääkintäkojeet eivät kuitenkaan ole olleet niin tarkkoja tai niin monipuolisia kuin on suotavaa. Osa vaikeudesta johtuu siitä, että leikkaushuoneessa voi typpioksiduuli, jota on yleensä hyvin suurina määrinä nukutetun potilaan uloshengityksessä, aiheuttaa huomattavan virheen hiilidioksidipitoisuuden mittauksessa. Lisäksi voivat hengitysnopeudet vaihdella merkittävästi potilaiden välillä - tyypillisestä nopeudesta, joka on 10 hengitystä minuutissa leppävän aikuisen osalta jopa 120 hengitykseen minuutissa, kun kysymyksessä ovat hengityshäiriöstä kärsivät vastasyntyneet. Toinen vaikeus on se, että kaasuvolyymi, joka on

käytettävissä potilaan hengitystiestä analyysiä varten, voi olla hyvin pieni - jopa vain 300 ml minuutissa.

Po. keksinnön eräänä tavoitteena on kehittää parannettu menetelmä ja laite, joilla määritetään hiilidioksidipitoisuus potilaan valtimoveressä.

Lisäksi keksinnön tavoitteena on kehittää menetelmä ja laite, joilla määritetään uloshengityksen viimeisen osan hiilidioksidipitoisuus nukutetun potilaan uloshengityksessä.

Keksinnön toinen ja yleisempi tavoite on kehittää kaasun parannettu analysaattori, joka kykenee tarkasti mittaamaan uloshengityksen hiilidioksidipitoisuuden suurten typpioksiduulipitoisuuksien esiintyessä samanaikaisesti.

Keksinnön mukaisella menetelmällä edellä kuvatut tavoitteet saavutetaan siten, että typpioksiduulipitoisuus ilamistetaan potilaan uloshengityksen loppuosassa mittaamalla absorboitunut infrapunaenergia ennaltamäärätyllä toisella aallonpituusalueella, joka osuu typpioksiduulin absorptiopiikin aallonpituudelle, ja että ilmaistu hiilidioksidipitoisuuden arvo korjataan typpioksiduulipitoisuuden ilmaistun arvon mukaisesti.

Keksinnön muut tavoitteet käyvät ilmi alan asiantuntijoille seuraavasta kuvauksesta, joka liittyy oheisiin piirustuksiin, joissa:

kuvio 1 esittää kaaviomaista, osittain hajotettua perspektiivikuvantoa keksinnön mukaisen rakenteen omaavasta laitteesta; ja

kuvio 2 esittää kaaviomaista lohkokaaviota kuvion 1 laitteen elektronisesta osasta.

Keksinnön mukainen laite on kaasun ei-dispergoiva infrapuna-analysaattori, joka infrapunalähteen avulla kehittää ja ohjaa infrapunaenergiaa näytekenossa olevan, tuntemattoman kaasuseoksen läpi. Näytekenon läpi kulkeva energia mitataan ja sitä edustavia sähkösignaaleja kehi-

tetään. Näitä signaaleja käsitellään lähtösignaalin saamiseksi, joka osoittaa näytekennoissa olevan kaasun yhden tai useamman aineosan vastaavat pitoisuudet.

Tällaiset kaasun analysaattorit toimivat sillä periaatteella, että eri kaasuilla on huomattavasti suuremmat absorptio-ominaisuudet määrättyillä aallonpituuksilla infrapunasäteilykirjossa. Eräs tällainen kaasun analysaattori on näytetty ja esitelty McClatchien ja muiden US-patentissa nro 4 013 260, annettu 22.3.1977, jonka omistusoikeus on po. keksinnön oikeudenomistajalla. Toisenlainen kaasun ei-dispergoiva infrapuna-analysaattori on näytetty ja esitelty Dimeff'in US-patentissa nro 3 953 734, annettu 27.4.1976, jonka omistusoikeus kuuluu Yhdysvalloille.

Kuviossa 1 kaaviomainen, osittain hajotettu perspektiivikuvanto esittää kaasun ei-dispergoivaa infrapuna-analysaattoria. Kaasun analysaattori sisältää sopivan mallisen infrapunalähteen, joka saa voiman ei-näytetystä voimanlähteestä. Infrapunalähde 11 on asennuskannattimen 13 varassa, joka on asennettu lämpökosketukseen rivoilla varustetun lämmönsäteilijän 15 kanssa pyöreän asennuslevyn 16 avulla. Infrapunaenergiaa lähetetään lähteestä 11 tuelle 19 asennetun kaasunäytekennon 17 kautta ilmaisimeen 21, joka on asennettu tukilevylle 20 ja sijoitettu tuen 19 aukkoon 23. Ilmaisimissa 21 sisältää välineet (ei näytetty), jotka pitävät sen tarkassa lämpötilassa. Näytekennoissa 17 on potilaan uloshengityksen tuloaukko 25 ja lähtöaukko 27 ja ikkunoita 29, joiden kautta infrapunaenergia lähetetään. Potilaan uloshengitys siirretään näytekennon tuloaukkoon potilaan ilmatiestä sopivan naamariliitoksen kautta, jota ei näytetä tässä.

Pyörivä suodatinpyörä 31 on sijoitettu osittain infrapunasädekimpun tielle lähteen ja näytekennon välille. Suodatinpyörä 31 sisältää ohjauslaite-piirturin (ei näytetty) sen tarkan lämpötilan ja vakionopeuden (k/min) ylläpitämiseksi. Pyörää 31 pyörittää moottori 33 käyttöakselin 35 välityksellä suodattimien 37, 38 ja 39 sijoitta-

miseksi jaksoittain kaasunäytekennon läpi kulkevan infrapunaenergian tielle. Pyörällä 31 on kaksi lisäasentoa 40 ja 41, joiden nimet ovat vastaavasti "vara-asento" ja "tumman tason" asento. Kotelo 43 sulkee sisälleen suodatinpyörän 31 ja kannattaa sitä pyörimisliikettä varten ja kotelossa 43 on aukko 45, niin että infrapunaenergia voi kulkea näytekennoon kuljettuaan suodattimien läpi. Katkoviiva 44 näyttää optisen radan.

Yksi suodatin 37, jota nimitetään tarkistussuodattimeksi, valitaan päästämään läpi energiaa aallonpituudella (esim. nimellisesti 3.690 mikronia), jolla millään potilaan uloshengityksessä normaalisti olevista kaasuista ei ole merkittävää absorptiota. Näin ollen voidaan valoa, joka kulkee näytekennon läpi tällä aallonpituudella, joka on tarkistusaallonpituus, käyttää infrapunaenergian sen vaimennuksen määrittämiseksi, joka on tulos muista tekijöistä kuin ko. kaasun absorptiosta. Tällaisia tekijöitä voivat olla mm. lähteen antaman infrapunaenergian muutokset, näytekennon ikkunoiden himmeys ja ilmaisimen tuloksen huononeminen. Tarkistussuodattimen 37 kaistan leveys on mieluiten kapea, esim. noin 0,112 mikronia, niin että varmistetaan kanava, joka ei reagoi mihinkään kaasuun, joka on kennossa. Tämä kanava toimii valvojana, joka valvoo optisen radan "suoritus-tehoa" lähteestä ilmaisimen kautta esivahvistimeen.

Suodatinpyörän 31 toinen suodatin 38 valitaan päästämään läpi energiaa hiilidioksidin absorptioaallonpituudella.

Nukutettu potilas hengittää yleensä sisään erikoiskoostumuksen omaavan kaasuseoksen, jossa on 20 % happea, 1-4 % nukutusainetta (kuten halotaania, etraania ja pentaania), 20-80 % typpioksiduulia ja loput typpeä. Näin ollen poistuva kaasu, jossa hiilidioksidipitoisuus on mitattava, sisältää suuren typpioksiduulipitoisuuden.

Tällaiset suuret typpioksiduulipitoisuudet voivat osaltaan johtaa virheiden kahteen syyhyn hiilidioksidipi-

toisuuden mittauksessa. Ensimmäinen näistä virheiden syistä, jota kutsutaan kirjohäiriöksi, johtuu siitä, että typpioksiduulin infrapuna-absorptiokirjo sisältää vahvan absorptiokaistan hyvin lähellä hiilidioksidisuodattimen absorptiokaistaa. Toista virheiden syytä kutsutaan kirjoviivan leviämiseksi ja se johtuu siitä, että hiilidioksidin absorptiokirjo leviää typpioksiduulin ollessa mukana ja voi johtaa siihen, että analysaattori reagoi suuremmassa määrin CO_2 :n ja N_2O :n tyypilliseen kaasuseokseen.

10 Jotta voitaisiin nopeasti mitata hiilidioksidimäärä pienessä hengitysnäytteessä käyttäen verraten halpoja infrapunalähteitä ja ilmaisinta (kuten lyijyselenidiä), käytetään hiilidioksidin absorptiokaistaa, joka absorboi säteilyn hyvin voimakkaasti ja jossa lisäksi ei ole vesihöyryhäiriötä. 4,25 μm :n kaista täyttää nämä vaatimukset.

15 Tarkistussuodatin 37 sijaitsee kirjoalueella, jossa ei ole häiriötä muiden kaasujen taholta. Po. keksinnön mukaisessa laitteessa tarkistussuodattimen absorptiokaista sijaitsee mahdollisimman lähellä hiilidioksidisuodattimen 20 38 absorptiokaistaa, niin että kojeen herkkyys lähteen lämpötilan muutoksille on mahdollisimman pieni. Tämä läheisyys suhteessa hiilidioksidin aallonpituuteen vähentää kertoimella 3 lähteen lämpötilan muutosten vaikutusta nol-lavaihteluun.

25 Tarkistussuodattimen 37 ja hiilidioksidisuodattimen 38 lisäksi po. keksinnön laite sisältää optisella radalla olevan lisäsuodattimen 39, jolla määritetään typpioksiduulipitoisuus näytteessä. Joten kun on määritetty typpioksidyylipitoisuus, voidaan korjata kirjoviivan leviämismvirheen vaikutusta hiilidioksidin mittaukseen typpioksiduulin mukanaollessa käyttämällä mitattua typpioksiduulipitoisuutta sopivassa korjauskaavassa. Esim. seuraavanlaisella kaavalla saadaan aikaan korjaus typpioksiduulipitoisuuden osalta:

35

$$CC = CM (1 + KC_{N_2O})$$

jossa: C_c = korjattu CO_2 -pitoisuus, C_m = mitattu CO_2 -pitoisuus, $C_{\text{N}_2\text{O}}$ = mitattu N_2O -pitoisuus ja K = kirjoviivan leviämiskerto, joka voidaan määrittää kokemuksen perusteella.

5 Typpioksiduulisuodattimen 39 absorptiokaistan valinnassa on typpioksiduulin neljä absorptiokaistaa, joissa ei ole häiriötä nukutuksessa yleensä käytettyjen muiden kaasujen taholta ja jotka siksi esiintyvät nukutetun potilaan uloshengityksessä. Nämä kaistat sijaitsevat vastaa-

10 vasti kohdissa 3,6, 3,9, 4,08 ja 4,55 μm . 4,55 μm kaista absorboi lähes kaiken säteilyn nukutetun potilaan uloshengityksessä yleensä esiintyvien typpioksiduulipitoisuuksien yhteydessä. 3,6 ja 4,07 μm kaistat absorboivat vähemmän kuin muutaman prosentin säteilystä. Vain 3,9 μm kaista

15 absorboi riittävästi säteilyä (8 % pulssista), jotta sitä voidaan käyttää typpioksiduulin mittaamiseksi näytekaasusta. Näin ollen suodatin 39, jolla mitataan typpioksiduulipo. keksinnössä, sijaitsee kohdassa 3,875 mikronia ja kaistan leveys on noin 0,155 mikronia. Edellä olevan selityksen mukaisesti tämä aallonpituus valitaan siten, että

20 ei esiinny mitään merkityksellistä absorptiota muista kaasuista kennossa kuin typpioksiduulista.

Vara-asennon 40 avulla tehdään mahdolliseksi ylimääräisen kaasun ilmaisu. Tumman tason asento 41 on suodatinpyörän tyhjä osa, joka toimii absoluuttisen säteilyn tarkistuksena. Suodatinpyörän 31 lämpötila on mieluiten säädettävissä tämän absoluuttisen säteilyn tarkistustason aikaansaamiseksi.

Jotta selvittäisiin hengitysnopeuksien vaihtelusta

30 alueella 10 hengitystä minuutissa - 120 hengitystä minuutissa, on keksinnön laitteella oltava nopea reaktioaika. Lisäksi potilaan ilmatiestä käytettävissä oleva kaasun tyypillinen virtausnopeus voi olla niinkin pieni kuin 50 ml/min. Näiden tekijöiden huomioimiseksi käytetään po.

35 keksinnössä 150 millisekunnin tai lyhyempää reaktioaikaa. Tätä varten käytetään hyvin pientä kaasunäytekennoa, jonka

tilavuus on alle noin 25 μ l ja mieluiten noin 20 μ l. Kun virtausnopeus on 50 ml/min, tapahtuu 20 μ l näytekennon läpivirtaus 24 millisekunnissa. Teoriassa pneumaattinen reaktioaika 10-90 % esiintyy 2,3 läpivirtausajassa eli 55 millisekunnin kokonaisajassa. Suunnittelemalla elektronikka noin 50 millisekunnin reaktioajalla saavutetaan kokonaisreaktioaika, joka on juuri yli 100 millisekuntia, mikä on selvästi suotavan ajan sisällä.

Keksinnön laite liitetään yleensä potilaan ilmatiehen näytteenottokatetrin kautta, joka koostuu 0,914-2,438 m letkusta, jonka halkaisija on 1,016 mm. Katetrin tuloaukon kohdalla tapahtuvan kaasun väkevyyden äkillisen muutoksen aiheuttamaa huononemista tapahtuu ainakin jonkin verran pitoisuusgradientin jatkaessa laitteeseen. Kaikki nämä reaktioaikaan vaikuttavat tekijät antavat yhdessä kokonaisreaktioajan, joka on alle 150 millisekuntia virtausnopeuden ollessa 50 ml/min.

Kuviossa 2 näytetään kaaviomainen lohkokaavio, joka näyttää keksinnön signaalinkäsittelypiirin toiminnan. Signaalit syytetään ilmaisimen lähtöpuolesta kondensaattorin 101 kautta AGC-vahvistimeen 105. Vahvistimen 103 lähtösignaali syötetään vastuksen 105 kautta esivahvistimen 106 negatiiviseen tulopuoleen. Positiivinen tulokohta on määritetty ja takaisinkytkentävastus 107 on kytketty vahvistimen 103 lähtöpuolesta sen negatiiviseen tulopuoleen. Esivahvistimen lähtösignaali syötetään kondensaattorin 109 kautta vahvistimen 111 positiiviseen tulopuoleen. Vahvistimen 111 negatiivinen tulopuoli on kytketty vahvistimen lähtöpuoleen. Tumman tason katkaisin 110 liittää vahvistimen positiivisen tulopuolen maahan silloin, kun infrapunasädekimpun edessä on este, kuten on tunnettua alalla.

Vahvistimen 111 lähtösignaali syötetään vastuksen 112 kautta toiseen vahvistimeen 113 sen negatiivisen tulopuolen kohdalle. Takaisinkytkintävastus 114 yhdistää vahvistimen 113 lähtöpuolen sen negatiiviseen tulopuoleen.

Kun on tapahtunut vahvistus esivahvistimessa 103 ja automaattisen vahvistuksen ohjaavassa vahvistimessa 111, syötetään ilmaisimen 21 lähtösignaali järjestyksessä kolmeen eri kanavaan, nimittäin tarkistuskanavaan 115, hiilidioksidikanavaan 117 ja typpioksiduulikanavaan 119. Syöttö järjestyksessä oikeaan aikaan saadaan aikaan analogisilla katkaisimilla 123, 125 ja 127, joita ohjataan niin, että ne sulkeutuvat oikeina ajankohtina, jotka vastaavat ko. suodatinta, joka on sijoitettu infrapunaenergian radalle. Lisäksi katkaisimella 110 on samanlainen ohjaus, niin että se sulkeutuu, kun infrapunaenergia on estetty.

Ajoitussignaaleja kehitetään kytkemällä ilmaisimen lähtösignaalit itsetoimiseen tahdistimeen 131. Itsetoiminen tahdistin 131 antaa lähtösignaaleja tumman tason katkaisimeen eli sulkukatkaisimeen 110, tarkistuskanavan katkaisimeen 123, hiilidioksidikanavan katkaisimeen 125 ja typpioksiduulikanavan katkaisimeen 127. Tässä yhteydessä on huomattava, että ylimääräinen kanava tai kanavia voidaan haluttaessa käyttää, jolloin tämä on samanlainen kuin seuraavassa kuvattavat hiilidioksidin ja typpioksiduulin kanavat, jossa on valvottava ylimääräisiä kaasuja. Tällöin itsetoiminen tahdistin voidaan sovittaa sellaiseksi, että se antaa tarpeen mukaan ylimääräisiä tahdistussignaaleja. Itsetoiminen tahdistin voi olla mitä tahansa mallia, mutta sen rakenne on mieluiten sellainen kuin on näytetty ja esitelty US-patentissa nro 4 241 309.

Jokainen kolmesta kanavasta 115, 117 ja 119 on varustettu vastaavalla vahvistimella 151, 153 ja 155, jonka kautta syötetään signaali analogisesta katkaisimesta. Vastaava kondensaattori 167, 169 ja 171 kytkee vahvistimien positiiviset tulopuolet kussakin kanavassa maahan.

Vahvistin 151 on varustettu takaisinkytkentävastuksella 173, joka on kytketty jännitteenjakoverkon säädettävään väliottoon 176 vastuksen 175 kautta. Jännitteenjakoverkko sisältää sarjavastukset 177, 179 ja 181, jotka kytkävät positiivisen jännitteen lähteen 183 maahan. Säättä-

mällä väliottoa 176 ohjataan kanavan 115 yhdistettyä vahvistusta ja tämän kanavan lähtöpuoli on kytketty takaisin automaattista vahvistusta ohjaavaan vahvistimeen 103. Säädetävän välioton 176 sopivan asetuksen avulla tarkistus-

5 signaalin väliaikana säädetään järjestelmän vahvistus halutun tarkistustason mukaisesti, mikä on tunnettua kaasun infrapuna-analysaattorien alalla.

Hiilidioksidikanava 117 ja typpioksiduulikanava 119 ovat samanlaiset. Näin ollen niitä kuvataan lähemmin enää

10 vain hiilidioksidikanavan 117 yhteydessä. Typpioksiduulikanavan 119 osille, joiden toiminnat ovat samat kuin kanavan 117 osilla, on annettu samat viitenumerot yläpilkun kera.

Vahvistin 153 hiilidioksidikanavassa 117 on varustettu karkeanollauspiirillä, jossa on vastus 201, joka yhdistää vahvistimen 153 lähtöpuolen sen esijännitetulo-

15 leen. Vastus 201 on lisäksi kytketty säädetävän potentiometrin 203 ja kiinteän vastuksen 205 kautta maahan. Säättämällä säädetävää potentiometriä 203 säädetään vahvistimen

20 153 lähtötehon taso halutulle tasolle tarkkaa toimintaa varten ja se voidaan säätää valmiiksi tehtaalla valmistuksen yhteydessä.

Vahvistimen 153 lähtösignaali syötetään säädetävän potentiometrin 207 ja kiinteän vastuksen 209 kautta vah-

25 vistimen 211 negatiiviseen tulokohtaan. Vahvistimen 211 positiivinen tulokohta on maadoitettu ja negatiivinen tulokohta on kytketty kiinteän vastuksen 213 kautta negatiivisen jännitteen lähteeseen 215. Kaistan leveyttä rajoittava takaisinkytkentäverkko, joka sisältää kondensaattorin 217 ja vastuksen 219 rinnan kytkettyinä, on kytketty

30 vahvistimen 211 lähtöpuolesta sen negatiiviseen tulopuoleen. Säättämällä potentiometriä 207 säädetään kanavan lähtösignaali halutulle kalibrointitasolle.

Kun näytekenossa ei ole hiilidioksidia, on vahvistimen 211 lähtösignaali nimellisesti nolla ja vahvistimen

35 153 lähtösignaali säädetään nimellistasolle, esim. 5 vol-

tiksi. Jos tämä lähtöteho on 5 volttia, kun hiilidioksidia ei esiinny, niin määrätyn hiilidioksidipitoisuuden tuominen näytekennoon saa vahvistimen 153 lähtöjännitteen muuttamaan vastaavassa määrin. Poikkeavuudet kaasuanalysaattorin sähköoptisessa järjestelmässä voivat saada vahvistimen 153 lähtösignaalin vaihtelevaan jonkin aikaa. Jos esim. vahvistimen lähtöjännite vaihtelee pisteeseen, jossa lähtötaso on 4 volttia, kun hiilidioksidia ei ole (ja kun vahvistimen 211 lähtösignaali on säädetty nolllaksi), niin määrätyn hiilidioksidimäärän esiintyminen näytekennoissa muuttaa vahvistimen lähtösignaalia. Jotta varmistettaisiin, että prosentuaalinen muutos näissä olosuhteissa on sama kuin silloin, kun nimellislähtötaso on 5 volttia, on piiri suunniteltu niin, että se välttää säätöaluevirheen.

Säädettävä potentiometri 207 kompensoi yhdessä vahvistimiin 153 ja 211 liittyvän piirin kanssa säätöaluevirheen mahdollisuuden. Säädettävän vastuksen 207 säätö suoritetaan vahvistimen 211 nimellislähtöjännitteen säätämiseksi nolllalähtötehoksi. Tämän lähtösignaalin prosentuaalinen muutos, joka on tulos hiilidioksidin esiintymisestä näytekennoissa, on sama riippumatta todellisesta jännitteestä vahvistimen 153 lähtökohdassa. Näin ollen järjestelmä on säätöaluestabiloitu.

Vahvistimen 211 lähtösignaali syötetään termistorin 221 kautta, joka kompensoi järjestelmän ympäristön lämpötilan vaihteluja vastaan, erityisesti mitä tulee kaasun lämpötilaan näytekennoissa, joka voi johtaa kaasuabsorption vaihteluun. Termistori 211 välittää lähtösignaalin vahvistimesta 211 vahvistimen 223 negatiiviseen tulopuoleen. Vahvistimen 223 positiivinen tulopuoli on maadoitettu ja esijännitevastus 225 kytkee negatiivisen tulopuolen maahan. Vahvistimen 223 lähtöpuoli on kytketty säädettävän potentiometrin 227 ja kiinteän vastuksen 229 kautta sen negatiiviseen tulopuoleen kanavan säätöalueominaisuuksien karkean säädön aikaansaamiseksi. Säätöalueen karkea säätö sopivan kalibrointikaasun ollessa mukana näytekennoissa

voidaan suorittaa tehtaalla. Hienosäätö on saatu aikaan sarjaelektrolyysikennon 231 avulla, joka on kytketty vahvistimen 223 lähtöpuoleen ja jota voidaan ohjata laitteen ohjauspaneelista, jota ei ole näytetty.

5 Säädetty potentiometri 231 on sarjakytkenässä kiinteän vastuksen 233 kanssa vahvistimen 235 negatiiviseen tulopuoleen. Vahvistimen 235 positiivinen tulopuoli on maadoitettu ja takaisinkytkentävastus 237 on kytketty vahvistimen 235 lähtöpuolesta sen negatiiviseen tulopuoleen. Vahvistin 235 on tarkoitettu sellaisen ylikuulumis-
10 signaalin summausta varten, joka syötetään siihen typpioksiduulikanavasta 119 vastuksen 239 kautta. Vahvistimen 235 lähtöteho päätteen 252 kohdalla edustaa hiilidioksidisignaalia, joka mittaa hiilidioksidipitoisuuden näytekenossa.
15 sa.

Ylikuulumiskompensaation aikaansaamiseksi typpioksiduulikanavassa syötetään lisäksi vahvistimen 235 lähtösignaali vastuksen 241 kautta yhteisen vahvistuksen invertointivahvistimeen 243. Vahvistimen 243 positiivinen tulo-
20 kohta on maadoitettu ja takaisinkytkentävastus 245 yhdistää vahvistimen 243 lähtöpuolen sen negatiivisen tulopuolen kanssa. Vahvistimen 243 lähtösignaali syötetään potentiometriin 247, jonka päällä on säädettyvä väliotto 249. Tehtaalla säädetään säädettyvä väliotto halutulle tasolle
25 kanavien välisen ylikuulumisen saamiseksi mahdollisimman pieneksi.

Käytössä näytetty laite saa aikaan jatkuvan lähtösignaalin jokaisessa kanavassa 117 ja 119 päätteiden 252 ja vastaavasti 254 kohdalla. Vaikka päätteen 254 kohdalla
30 N_2O edustava signaali pysyy oleellisesti vakiona potilaan koko hengitysjakson aikana, vaihtelee CO_2 -lukema päätteesä 252. Tämä saavuttaa yleensä huippukohdan potilaan uloshengityksen lopussa ja juuri tätä osaa signaalista käytetään jatkokäsittelyssä, kuten on kuvattu edellä.

35 Näin ollen on ilmeistä, että keksinnössä on kehitetty parannettu menetelmä ja laite, joilla määritetään

hiilidioksidin osapaine nukutetun potilaan valtimoveressä. Keksintö muodostaa ei-loisluontoisen menettelyn, jolla mitataan tarkasti ja nopeasti hiilidioksidipitoisuus potilaan uloshengityksen lopussa. Tässä on kehitetty keino, 5 jolla maksimoidaan signaalin ja melun välinen suhde ja alennetaan järjestelmän reaktioaika hyvin alhaisille tasoille. Lisäksi on kehitetty parannettu järjestely säätöalueen stabilointia varten.

10 Keksinnön erilaiset muunnokset käyvät ilmi alan asiantuntijoille edellä olevasta kuvauksesta ja oheisista piirustuksista. Nämä muunnokset on tarkoitettu olemaan oheisten patenttivaatimusten mukaisen suojapiirin asettamisissa puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä, jolla määritetään hiilidioksidin osapaine nukutetun potilaan valtimoveressä, jossa menetelmässä hiilidioksidipitoisuus ilmaistaan potilaan uloshengityksen loppuosassa mittaamalla absorboitunut infrapunaenergia ennalta määrätyllä ensimmäisellä aallonpituusalueella, joka osuu hiilidioksidin absorptiopiikin aallonpituudelle, t u n n e t t u siitä, että typpioksiduulipitoisuus ilmaistaan potilaan uloshengityksen loppuosassa mittaamalla absorboitunut infrapunaenergia ennalta määrätyllä toisella aallonpituusalueella, joka osuu typpioksiduulin absorptiopiikin aallonpituudelle, ja että ilmaistu hiilidioksidipitoisuuden arvo korjataan typpioksiduulipitoisuuden ilmaistun arvon mukaisesti.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mittaukset tehdään jokaisella hengityskerralla.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ilmaistu hiilidioksidipitoisuuden arvo korjataan kertomalla se luvulla 1 plus vakio kertaa ilmaistu typpioksiduulipitoisuuden arvo.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hiilidioksidipitoisuus ilmaistaan mittaamalla hiilidioksidin infrapuna-absorptio noin 4,7 mikrometrin nimellisaallonpituudella ja typpioksiduulipitoisuus ilmaistaan mittaamalla typpioksiduulin infrapuna-absorptio noin 3,9 mikrometrin nimellisaallonpituudella.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mittauksia verrataan infra-puna-absorptioon noin 3,75 mikrometrin nimellisallonpituudella.

6. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kaistaleveydet hiilidioksidin nimellisellä aallonpituudella ja typpioksiduulin nimellisellä aallonpituudella ovat pienemmät kuin noin 0,1 mikrometriä.

7. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kaistaleveydet nimellisellä vertailu-aallonpituudella ovat pienemmät kuin noin 0,12 mikrometriä.

8. Laite, jolla määritetään hiilidioksidin osapaine nukutetun potilaan valtimoveressä, jossa laitteessa on elimet (11,17,21,38,117) hiilidioksidipitoisuuden määrittämiseksi potilaan uloshengityksen loppuosassa mittaamalla absorboitunut infrapunaenergia ennaltamäärätyllä ensimmäisellä aallonpituusalueella, joka osuu hiilidioksidin absorptio-
5 piikin aallonpituudelle, ja mittaustulokseen verrannollisen signaalin tuottamiseksi, t u n n e t t u siitä, että siinä on elimet (11,17,21,39,119) typpioksiduulipitoisuuden ilmai-
10 semiseksi potilaan uloshengityksen loppuosassa mittaamalla absorboitunut infrapunaenergia ennaltamäärätyllä toisella aallonpituusalueella, joka osuu typpioksiduulin absorptio-
piikin aallonpituudelle, ja mittaustulokseen verrannollisen signaalin tuottamiseksi ja että siinä on elimet (235,239)
15 hiilidioksidipitoisuuden ilmaistun arvon korjaamiseksi ilmaistun typpioksiduulipitoisuuden mukaisesti.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että ilmaisuelimet käsittävät näytekennon (17), joka pitää sisällään potilaan uloshengityksen, elimet (11),
infrapunasäteen viemiseksi näytekennon (17) läpi ja elimet
20 (38,117;39,119), jotka ilmaisevat näytekennon (17) läpi kulkevan infrapunasäteilyn absorption sellaisilla aallonpituuksilla, joilla hiilidioksidi ja vastaavasti typpioksiduuli absorboivat tätä infrapunasäteilyä.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että se sisältää suodattimet (38,39), joilla mitataan hiilidioksidin infrapuna-absorptio 4,2 mikrometrin nimellisaallonpituudella ja typpioksiduulin absorptio 3,9 mikrometrin nimellisaallonpituudella.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että se sisältää vertailusuodattimen (37), jolla mitataan infrapuna-absorptio 3,75 mikrometrin nimellis-
30 aallonpituudella.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että suodattimien (38,39) kaistaleveydet
35 hiilidioksidia ja typpioksiduulia varten ovat pienemmät kuin noin 0,1 mikrometriä ja että kaistaleveydet vertailusuodatin-
ta (37) varten ovat pienemmät kuin 0,12 mikrometriä.

13. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laite, t u n -
n e t t u siitä, että näytekennon (17) tilavuus on pienem-
pi kuin noin 25 mikrolitraa.

5 14. Patenttivaatimuksen 11 mukainen laite, t u n -
n e t t u siitä, että se sisältää elimet (207) hiilidiok-
sidipitoisuuden lähtösignaalin säätöalueen normalisointia
varten.

10 15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen laite, t u n -
n e t t u siitä, että normalisointielimet sisältävät vah-
vistimen (223), ensimmäisen säädettävän vastuksen (227),
joka on kytketty takaisinkytkentään vahvistimen lähtöpuo-
lesta sen tulopuoleen karkeaa säätöä varten ja toisen sää-
dettävän vastuksen (231), joka on kytketty sarjaan vahvis-
timen lähtöpuolen kanssa hienosäätöä varten.

Patentkrav

1. Förfarande för bestämning av deltrycket hos koldioxid i en nedsövd patients artärblod, i vilket förfarande koldioxidhalten detekteras i slutskedet av patientens utandning genom att mäta den absorberade infrarödenergin inom ett förutbestämt första våglängdsområde som sammanfaller med våglängden av koldioxidens absorptionstopp, k ä n n e t e c k n a t därav, att kväveoxidulhalten detekteras i slutskedet av patientens utandning genom att mäta den absorberade infrarödenergin inom ett förutbestämt andra våglängdsområde, som sammanfaller med våglängden av kväveoxidulens absorptionstopp, och att det detekterade värdet för koldioxidhalten korrigeras enligt kväveoxidulhalten detekterade värde.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att mätningarna görs på varje andningsgång.

3. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att det detekterade värdet för koldioxidhalten korrigeras genom att multiplicera det med talet 1 plus det detekterade värdet för kväveoxidulhalten multiplicerat med ett konstant.

4. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att koldioxidhalten detekteras genom att mäta koldioxidens infrarödabsorption på en nominell våglängd av ca 4,7 mikrometer och kväveoxidulhalten detekteras genom att mäta kväveoxidulens infrarödabsorption på en nominell våglängd av ca 3,9 mikrometer.

5. Förfarande enligt patentkravet 4, k ä n n e t e c k n a t därav, att mätningarna jämförs med infrarödabsorptionen på en nominell våglängd av ca 3,75 mikrometer.

6. Förfarande enligt patentkravet 4, k ä n n e t e c k n a t därav, att bandbredderna på koldioxidens nominella våglängd och kväveoxidulens nominella våglängd är mindre än ca 0,1 mikrometer.

7. Förfarande enligt patentkravet 5, k ä n n e -
t e c k n a t därav, att bandbredderna på den nominella
jämförelsevåglängden är mindre än ca 0,12 mikrometer.

8. Anordning för bestämning av deltrycket hos
5 koldioxid i en nedsövd patients artärblod, vilken anordning
uppvisar organ (11, 17, 21, 38, 117) för bestämning av
koldioxidhalten i slutskedet av patientens utandning genom
att mäta den absorberade infrarödenergin på en förutbestämd
första våglängd, vilken sammanfaller med våglängden av
10 koldioxidens absorptionstopp, och för alstring av en till
mätningresultatet jämförbar signal, k ä n n e t e c k n a d
därav, att den uppvisar organ (11, 17, 21, 39, 119) för
detektering av kväveoxidulhalten i slutskedet av patientens
utandning genom att mäta den absorberade infrarödenergin
15 på en förutbestämd andra våglängd, som sammanfaller med
våglängden för kväveoxidulens absorptionstopp, och för
alstring av en till mätningresultatet jämförbar signal
och att den uppvisar organ (235, 239) för korrigerings-
20 av det detekterade värdet för koldioxidhalten enligt kväve-
oxidulhalten detekterade värde.

9. Anordning enligt patentkravet 8, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att detekteringsmedlen omfattar en
provcell (17), som håller patientens utandning inom sig,
organ (11) för införelse av en infrarödstråle genom provcel-
25 len (17) och organ (38, 117; 39, 119) som detekterar absorp-
tionen av infrarödstrålningen genom provcellen (17) på
sådana våglängder, där koldioxid respektive kväveoxidul
absorberar denna infrarödstrålning.

10. Anordning enligt patentkravet 9, k ä n n e -
30 t e c k n a d därav, att den omfattar filter (38, 39),
medelst vilka koldioxidens infrarödabsorption mäts på en
nominell våglängd av 4,2 mikrometer och kväveoxidulens
absorption på en nominell våglängd av 3,9 mikrometer.

11. Anordning enligt patentkravet 10, k ä n n e -
35 t e c k n a d därav, att den omfattar ett jämförelsefilter
(37) medelst vilket infrarödabsorptionen mäts på en nominell

våglängd av 3,75 mikrometer.

12. Anordning enligt patentkravet 11, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att filtrens (38, 39) bandbredder
för koldioxid och kväveoxidul är mindre än ca 0,1 mikrometer
5 och att bandbredderna för jämförelsefiltret (37) är mindre
än 0,12 mikrometer.

13. Anordning enligt patentkravet 9, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att provcellens (17) volym är mindre
än ca 25 mikroliter.

10 14. Anordning enligt patentkravet 11, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att den omfattar organ (207) för
normalisering av justeringsområdet för koldioxidhaltens
utgångssignal.

15 15. Anordning enligt patentkravet 14, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att normaliseringsorganen omfattar
en förstärkare (223), en första justerbar resistans (227)
kopplad i återkoppling från förstärkarens utgångssida
till dess ingångssida för grovjustering och en annan
justerbar resistans (231) kopplad i serie med förstärkarens
20 utgångssida för finjustering.

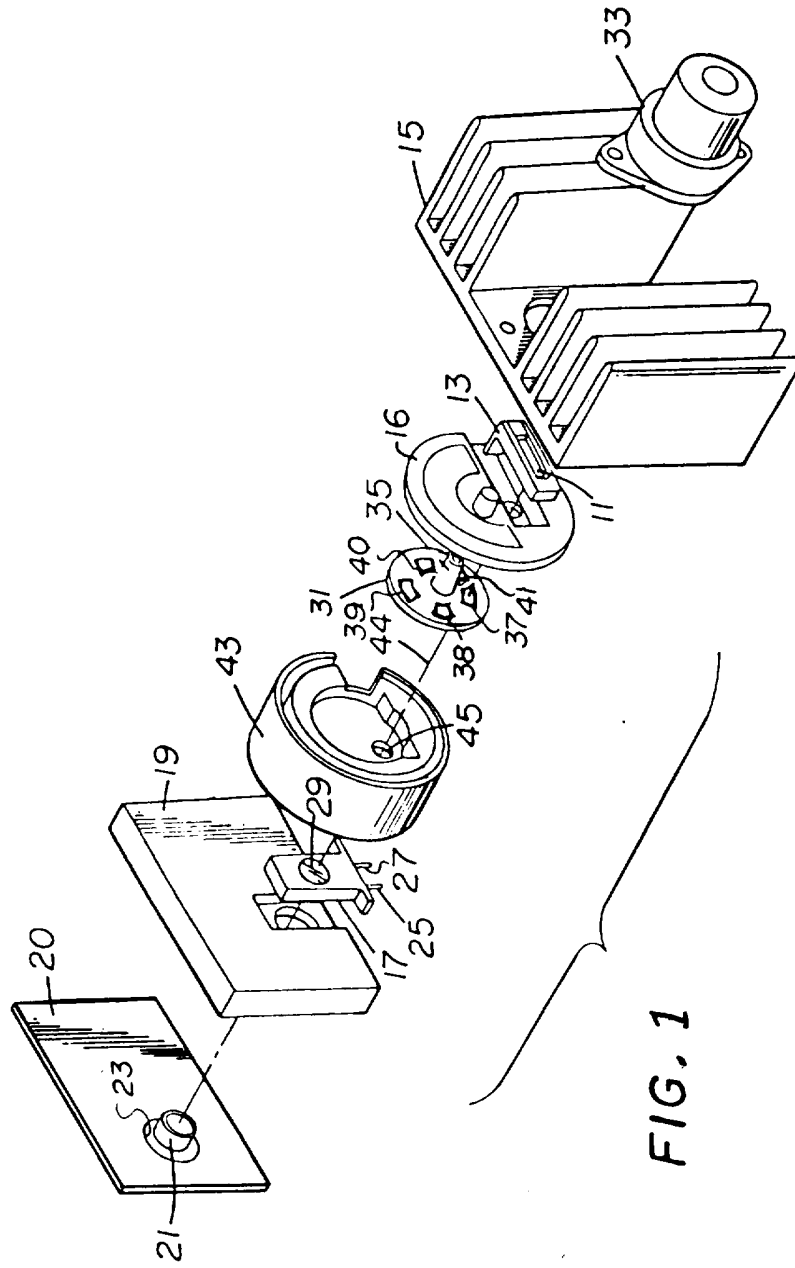


FIG. 1

80202 80202 80202

FIG. 2

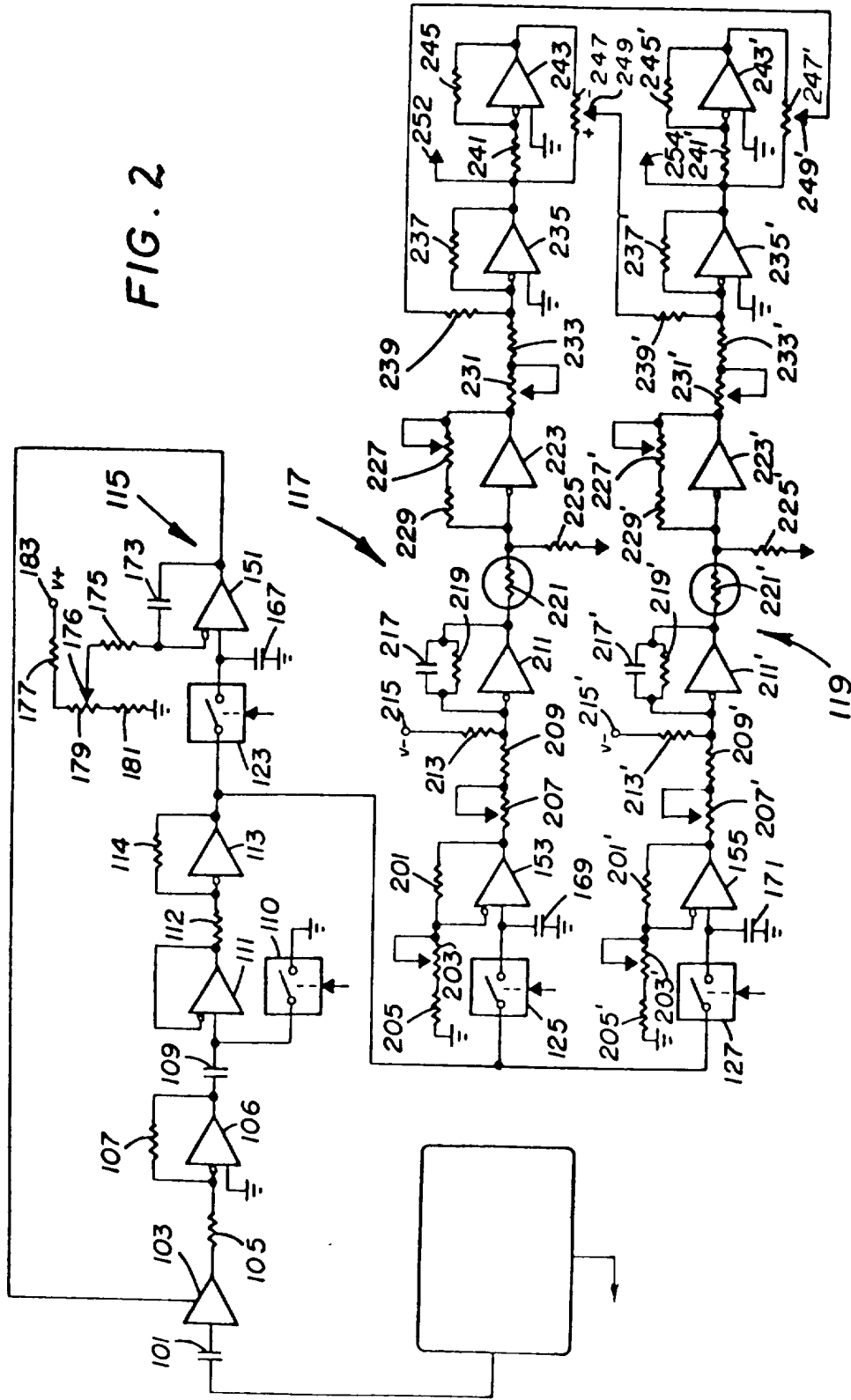


FIG. 2