



(11) FREMLÆGGELSESSKRIFT 142483

DANMARK



(51) Int. Cl.³ A 61 B 5/02

(21) Ansøgning nr. 6173/72 (22) Indleveret den 12. dec. 1972

(24) Løbedag 12. dec. 1972

(44) Ansøgningen fremlagt og
fremlæggelsesskriftet offentliggjort den 10. nov. 1980

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(30) Prioritet begæret fra den

(71) FREDERICK RICHARD NEASON STEPHENS, 67 Coolawin Road, Northbridge, New South Wales, AU.

(72) Opfinder: Samme.

(74) Fuldmægtig under sagens behandling:
Plougmann & Vingtoft Patentbureau.

(54) Perfusionsmonitor.

Opfindelsen angår en perfusionsmonitor til måling af blodgennemstrømningen i et legeme og med organer til at måle arealet under en pulskurve eller en væsentlig del af denne, organer til at integrere respektive parametre, som er proportionale med nævnte areal og puls-frekvensen for at tilvejebringe et "perfusionsindeks" og med organer til at angive en aflæsning, der er proportional med nævnte indeks, idet organerne til at måle arealet under kurven omfatter en elektronisk kreds indbefattende pulsaaffølingsorganer til direkte aflæsning af puls-frekvensen og/eller en blodtryksindikator samt en perfusionsindikator, der har en kalibreret skala og/eller en digital udlæsning, medens pulsaaffølingsorganerne omfatter én eller flere transducere, som er indrettet til at blive forbundet med eller tilknyttet til patientens legeme.

Vævsperfusion refererer sig til en vis fysiologisk funktion nemlig den blodgennemstrømning, der foregår gennem de små blodkar i huden og andre organer. De væsentligste fysiologiske faktorer, der påvirker opretholdelse af en pulserende blodcirkulation i vævet og dermed opretholdelsen af perfusion, er det ekstra vaskuløse rum, det tilgængelige vaskuløse rum, blodvolumenet, blodets viskositet og hjertepumpen. Forstyrrelse i en hvilken som helst af disse variable kan bevirke lokale eller almene ændringer af perfusionen.

Der kendes forskellige apparater til måling af parametre, som vil kunne have indflydelse på vævsperfusionen, såsom pulsfrekvens, blodtryk, pulskurvens form etc. Der er imidlertid ingen af disse kendte apparater, der er i stand til at foretage en nøje overvågelse af og at tilvejebringe relevante værdier for vævsperfusionen.

Ved den foreliggende opfindelse søges tilvejebragt en perfusionsmonitor af den indledningsvis nævnte art, der er i stand til løbende at måle og angive relevante værdier for blodgennemstrømningen på et hvilket som helst sted af en patients legeme, så at man hurtigt kan blive adviseret om eventuelle optrædende forstyrrelser i blodcirkulationen i det pågældende væv.

Perfusionsmonitoren ifølge opfindelsen er ejendommelig ved, at den omfatter en pulssignalforstærker, der er koblet til transduceren eller transducerne, et båndpasfilter, der er forbundet med pulssignalforstærkeren og tjener til frafiltrering af uønsket støj fra de forstærkede pulssignaler, en trigger- og monostabil multivibrator-kreds, der reagerer på udgangssignalet fra nævnte filter, en første integrator koblet til dette filter gennem multivibrator-kredsen til integration af udgangssignalet fra filteret, en pulsfrekvensmåler, der reagerer på udgangssignalet fra integratoren for indikering af pulsfrekvensen, en pulsamplitudemåler, der er forbundet med pulssignalforstærkeren for måling af amplituden af de forstærkede pulssignaler, en multiplikator, der er koblet til pulsamplitudemåleren og multivibrator-kredsen for at multiplicere signaler fra måleren og multivibrator-kredsen, en følsomhedsregulator, der er forbundet med multiplikatoren, en anden integrator, der er koblet til udgangen af følsomhedsregulatoren

for gennemsnitsberegning af udgangssignalerne fra sidstnævnte, og en perfusionsindeksindikator, som reagerer på udgangssignalet fra den anden integrator for indikering af blodgennemstrømningen.

Pulsfrekvensen er den samme over alt i kredsløbet, men pulsvolumenet og dermed pulsens middellamplitude på målestedet kan variere i afhængighed af sådanne påvirkninger som arteriolær tonus, ændringer i blodvolumen, vævsosmose, indvirkninger af ventilation osv. Det perfusionsindeks, der opnås ved hjælp af monitoren ifølge opfindelsen, kan derfor anvendes til diagnostisering af sådanne påvirkninger.

Monitoren ifølge opfindelsen kan fordelagtigt anvendes til overvågning af patienter, der er under narkose, og i øvrigt ved behandling af patienter, hvis tilstand kræver stadigt opsyn.

Den faktiske pulserende hæmodynamiske kraft, som har tilknytning til blodcirkulationen (en complex størrelse, som involverer fysiologisk funktion), og som afspejles af perfusionsindekset, vil blive kaldt "perfusionsfaktor". Aflæsninger af perfusionsindekset på apparatet ifølge opfindelsen vil angive cirkulationsaktiviteten eller patientens perfusionsfaktor på observationsstedet. Man har konstateret, at perfusionsfaktoren på et hvilket som helst givet sted af legemet har en temmelig konstant normal værdi, hvilket muliggør konstatering af væsentlige afvigelser. Børn har sædvanligvis et meget højere hudperfusionsindeks end voksne. Perfusionsindeksaflæsningerne falder sædvanligvis gradvis indtil en persons modenhedsalder, og efter voksenalderen udviser den kun en ringe forandring.

De som affølingsorganer tjenende transducere kan være indrettet til at blive forbundet med en patients hud eller slimhinder, eller affølingsorganerne kan omfatte en fjernttransducer med et optisk system til projicering af lys, såsom monokromatisk lys med en bestemt bølgelængde eller passende udvalgte bølgelængder via et laserstrålesystem, og med et modtagerteleskop indbefattende en lysfølsom indretning, der er anbragt på en sådan måde, at den kan fjernfokuseres på et hvilket som helst område indvendigt i eller udvendigt på patientens legeme. Formå-

let med en sådan fjernttransducer er, at den skal kunne have samme funktion som en kontakttransducer, hvilket vil sige, at den skal kunne muliggøre måling af pulsfrekvens og perfusionsindeks under operationer på steder, der ligger i umiddelbar nærhed af operationsstedet, eller hvor det i øvrigt er vanskeligt eller umuligt at anvende en kontakttransducer. Et sådant arrangement er værdifuldt, fordi det muliggør overvågning af blodcirkulationen i et område i umiddelbar nærhed af operationsområdet, uden at det er til hinder for kirurgen og uden at komme i berøring med det sterile operationsområde. En sådan stråletransducer frembyder endvidere et hidtil uopnåeligt hjælpemiddel til fra et fjerntliggende sted nøjere at undersøge og kontrollere pulsen og perfusionen i anatomiske områder, hvor ingen anden transducer på grund af den meget begrænsede plads, der er til rådighed, kan anvendes til projicering og modtagelse af reflekterede stråler på observationsstedet. Dette kan f.eks. typisk være af største værdi ved visse former for hoved- og halskirurgi, såsom intrakraniell kirurgi, mellemørekirurgi, intrathorakalisk kirurgi eller ved visse former for vaskulær kirurgi. I alle disse kirurgiske tilfælde kan mindst mulig blødning være bydende nødvendig, men konventionel elektrokardiografisk overvågning giver her ikke noget bevis for passende blodgennemstrømning eller lille blodkarperfusion ved eller i områder, der påvirkes af operationsstedet. Kirurgen må derfor forvisse sig om, at blodtilstrømningen til f.eks. hoved og hals, når denne blodtilstrømning er kunstigt formindsket for at reducere blødning, ikke er faretruende lav og stadig befinder sig på et niveau, der er antageligt af hensyn til vævets levedygtighed.

Ved en anden udførelsesform kan den fjernt beliggende transducer være forsynet med et lille fiberoptisk kateter, der muliggør transmission af laserlys til og fra transduceren, hvorved modtagelsen af reflekteret lys som følge af det omgivende vævs gennemskinnelighed vil give et middel til overvågning af markante afvigelser i blodcirkulationen på anatomiske steder, der ikke tidligere har været tilgængelige uden kirurgiske indgreb eller anvendelse af røntgenstråler.

Opfindelsen vil i det følgende blive nærmere forklaret under henvisning til tegningen, på hvilken
fig. 1 viser et skematisk blokdiagram over et kredsløb,

fig. 2 og 3 sammen en praktisk udførelsesform for dette kredsløb, fig. 4, hvorledes en transducer kan benyttes på en patients legeme eller nær dette, fig. 5 et lasersystem ifølge opfindelsen, og fig. 6 en anden udførelsesform for en transducer.

Med henvisning til fig. 1 på tegningen vil man se, at pulssignaler, som fås fra transducere (ikke vist), påtrykkes en indgang 1, hvorefter disse signaler føres til en forstærker 2, hvis udgang kan føde et oscilloskop og/eller et registreringsapparat, der er en valgfri, men ønskelig del af udstyret. Udgangssignalet fra forstærkeren 2 påtrykkes også et båndpasfilter 3 og føres derfra til en Schmitt-trigger og monostabil multivibrator 4 og videre til en integrator 5, hvis udgang er forbundet til en pulsfrekvensmåler 6 og videre til jord. Nævnte indgangspulssignal er i praksis et tilnærmet billede af den pulskurveform, som studeres. Pulssignalet bliver efter forstærkning ført til det nævnte filter for at reducere fejl som følge af patientens bevægelser og for at modificere kurveformen for tilvejebringelse af et pålideligt triggersignal for hver puls. Således standardiseres triggersignalerne, før de føres til den nævnte integrator, som midler frekvensen af triggersignalerne, og som driver måleren 6 for visning af patientens pulsfrekvens. Triggersignalerne benyttes også til drift af en lampe 7, der lyser et øjeblik ved hver puls.

Det forstærkede indgangssignal føres også fra forstærkeren 2 til et kredsløb, som bestemmer pulsens gennemsnitlige amplitude. Således føres et udgangssignal fra en pulsamplitudemåler 8 til en multiplikator 9 sammen med et udgangssignal fra den nævnte triggerkreds 4. Det multiplicerede udgangssignal fra multiplikatoren 9 føres til en følsomhedskontrol 10 og videre til en integrator 11, som bestemmer gennemsnittet af det signal, som tilføres denne, og driver en perfusionsindeksmåler 12.

Med henvisning til fig. 2 og 3 vil man se, at det indgangssignal, som tilføres fra den nævnte transducer, og som kan have en amplitude på ca. 1 mV, forstærkes af en integreret kreds IC1 for tilvejebringelse af en pulsspænding på ca. 1 V for visning på et passende oscilloskop (dersom et sådant benyttes) og for drift af det efterfølgende kredsløb. Q1 med tilhørende kredsløb danner et filter for fjernelse af støj fra pulssignalet. Signalet føres fra Q1 til IC2, der

virker som en Schmitt-trigger og benyttes til drift af en monostabil multivibrator Q2 og Q3 med tilhørende komponenter. Denne monostabile multivibrator trigges til sin monostabile tilstand på den positive flanke af pulssignalet.

Den monostabile multivibrator driver Q5, som igen skifter Q4 for tilvejebringelse af systolisk indikation ved hjælp af en lysdiode (en led.). Q5 driver også Q7 med tilhørende komponenter. Dette arrangement udgør en kalibreret, temperaturstabil kilde, som tilvejebringer en strømimpuls til en 15 pF opladningskondensator, der er forbundet til Q7's kollektoren. Over denne kondensator frembringes en spænding, som svarer til den frekvens, hvormed impulserne modtages. Denne spænding føres via Q9 til IC3, der fungerer som en spændingsfølger, der tilvejebringer en udgangsspænding, som svarer til hjertefrekvensen. Denne kan føres til en hjertefrekvensmåler via en kalibreringsmodstand. Pulssignalet fra IC1 føres også til IC5, Q14 og Q12, der da udformes som en falddetektor (dip detector). Dette kredsløb detekterer forskellen i spændingen mellem pulsens middellamplitude og det diastoliske punkt eller den mest negative signalværdi for hver puls. Udgangsspændingen fra Q12 svarer derfor til pulsens middellamplitude. Denne spænding korrigeres slag for slag af Q19, som aflader opladningskondensatoren efter hvert slag og tillader den at genoplade i løbet af det næste slag.

Udgangsspændingen fra Q12, som svarer til amplituden af pulsen, føres til Q11, en anden strømkilde, der drives af Q6. Strømmen fra Q11, som midles i en 15 uF kondensator på Q11's kollektor, svarer således lineært til amplitude og frekvens af pulsen. Denne strøm udvikler over en 180 kohm's modstand mellem Q11 og Q8 en middelspænding, som via Q10 føres til IC6, der virker som en spændingsfølger for tilvejebringelse af en udgangsspænding, der svarer til perfusionsindeks. Denne spænding anvendes også til drift af en perfusionsindeksmåler via kalibreringsmodstande, idet der benyttes en tre-stillingsfølsomhedsomskifter.

Desuden tilvejebringes af IC7, Q16, Q17 og Q18 med tilhørende komponenter et lav-alarmkredsløb. IC7 afføler, når perfusionsindeks-udgangsspændingen synker under et forudindstillet minimum og tilvejebringer desuden fjernalarm på en synlig frontplade. En tilsvarende

høj-alarm kan tilvejebringes ved anvendelse af et til IC7 med tilhørende komponenter komplementært kredsløb.

IC4 samt Q15 danner en reguleret spændingsforsyning til forsyning af en transducerlampe og afføler.

Det er kendt, at blodomløbet fra hjertet til det periferiske kredsløbssystem er et labilt hæmodynamisk fænomen, i hvilket den øjeblikkelige pulsfrekvens igennem hele kredsløbet på ethvert givet tidspunkt er konstant, men i hvilket pulsvolumenparameteren kan variere afhængig af sådanne lokale påvirkninger som arteriolar tonus, forandringer i blodets volumen, vævsosmose, virkning af ventilation osv. Det vil således være ønskeligt at kunne udlede information ud fra integration af en konstant parameter, såsom pulsfrekvensen, med en variabel parameter, såsom amplituden af pulsen, som let kan påvirkes af disse variable, hvis værdi bestemmes af betingelser, som det er nødvendigt at diagnosticere.

Nævnte transducere kan f.eks. bestå af lyskilder i forbindelse med fotoelektriske celler, hvis afgivne signal afhænger af intensiteten af det lys, som reflekteres af blodet i et gennemskinneligt vasculært forbindende væv såsom hud eller et fedtlag under huden. Alternativt kan benyttes andre typer af transducere, såsom sådanne indeholdende passende piezoelektriske krystaller, hvis afgivne signaler er proportionale med lokale forskelle i tryk, eller også kan man benytte transducersystemer, der afgiver signaler afhængig af variationer i vævsimpedans.

Ved klinisk brug anbringes nævnte transducere på en patients legeme på de steder, der er udvalgt til observation. Som vist på fig. 4 kan en transducer 14 anbringes vendende mod patientens tommelfinger 13. I en anden udførelsesform er en transducer 15 i fig. 6 forsynet med en fjeder 16, der er indrettet til at få transduceren 15 til at griber om f.eks. patientens ydre øre eller næseskillevæg. Andre hensigtsmæssige indretninger til - som ovenfor beskrevet - undersøgelse og kontrol fra et fjernt punkt eksisterer allerede. Transducerne kobles til patienten ved kontakt eller stråle for således at tilvejebringe direkte aflæsninger af pulsfrekvens samt perfusionsindeks og indirekte aflæsninger af blodtryk. Udstyret kan have sig eget oscillo-

skop eller kobles til et sådan, f.eks. en standardfysiologisk monitor for visning af pulskurveform eller hjælpedata, såsom samtidig elektrokardiografi.

Transduceren har fortrinsvis en indretning, som ved anvendelse af en lyskilde, eller for fjerntransducerens vedkommende, en passende laserstråle eller et andet hensigtsmæssigt strålesystem omdanner den fysiske aktivitet, som er tilknyttet pulserende cirkulation, f.eks. i et mindre blodkar, via mediet af en lysrefleks til en elektromagnetisk ækvivalent af pulskurveform. Den elektriske ækvivalent kan fremvises på et oscilloskop som elektrisk analog til pulskurveformen. Ved almindelig anvendelse af en transducer er denne kurveform af slutanalyseværdi, eftersom den er udledt fra sammensætningen af kredsløbsforandringer, der omfatter pulsårer, hårkårer samt små blodårer. Et sådant lasersystem er vist i fig. 5. En laser 17 samarbejder med en strålespreder 18 samt spejle 18 og 20 for at rette en passende stråle 21 mod et vævsområde 22. En detektor 23 kan derefter reagere på en reflekteret stråle 24, som via en linse 25 og et lille hul 26 atter dirigeres mod nævnte detektor.

Kræfter, der virker på et hvilket som helst eller flere af de mindre blodkar, hvad enten de er af autonom, osmotisk eller lokal fysisk oprindelse, kan frembringe en deraf følgende forandring af karakteren af pulskurveformen og en variation af perfusionsindeksaflæsningen.

Perfusionsindekset fås ved at udtrykke pulskurven som en størrelse. Som allerede nævnt opnås dette ved integration af pulskurveformen med hensyn til tiden ved hjælp af udstyret. Det deraf følgende perfusionsindeks er en dynamisk parameter, som aflæses på perfusionsindeksmåleren, der er monteret på kontrolbordet sammen med en puls-frekvensmåler.

På et hensigtsmæssigt tidspunkt justeres den i fig. 1 viste perfusionsindeksmåler 12 almindeligvis først som en basis for reference for aflæsning midt på skalaen, idet efterfølgende serielle aflæsninger af nævnte måler kvantitativt viser enhver relativ variation i perfusionen udtrykt som en procent for det eller de steder på legemet, der er udvalgt for observation. Den på perfusionsindeksmåleren iagttagne aflæsning er i virkeligheden udledt ved elektronisk forstærkning

af området neden for pulskurven, som repræsenterer et indeks for pulsstyrken, til sammen med værdien af hjerterefrekvensen at frembringe den integrerede dynamiske parameter, der ovenfor henvises til som perfusionsindekset. Den nævnte puls kan let iagttages på en oscilloskopskærm for udledning af enhver oplysning, der fås fra enhver uregelmæssighed i formen af nævnte kurve.

Alternativt kan nævnte transducere benyttes parvis på forskellige steder af patientens legeme, f.eks. anbragt på en finger og på det ydre øre, hvorved differentialaflæsninger føres til nævnte apparat og fremvises på perfusionsindeksmåleren.

Nævnte differentialaflæsninger kan give yderligere væsentlig detaljeret information. F. eks. synes periferisk lukning ved kompensatorisk karindsnævring som følge af blodtab ofte at indtræffe tidligere i fingrene (eller i tærne) end i det ydre øre. Til yderligere illustration vil perfusionsindeksmåleren under blødning, men forud for et fald i blodtrykket eller en stigning i pulsfrekvensaflæsningerne falde jævnt over et tidsrum, inden for hvilket der indtræffer gradvis kompensatorisk karsammentrækning. Dette specielle fænomen ved fald i væsperfusion kan tilvejebringe en uhyre simpel, men dramatisk varsling om forestående virkning som følge af blodtab, eftersom dette indtræder, før væsentlige variationer i pulsfrekvens eller blodtryksaflæsninger kan observeres ved hjælp af konventionelle fremgangsmåder.

Selv om perfusionsindeksaflæsningen i mange tilfælde vil stige eller falde, efter som hjerteudgangstrykket stiger og falder, kan det modsatte imidlertid også være tilfældet. F.eks. vil man ofte, hvor der sker en perifer karindsnævring, specielt ved fravær af betydeligt blodtab, f.eks. som følge af virkningen af medikamenter, som tilvejebringer perifer karsammensnævring, derved under sådanne omstændigheder se en betydelig stigning i det arterielle blodtryk og et samtidigt fald i perfusionsindeksmåler aflæsningen. Også hvor en perifer karudvidelse er blevet frembragt som følge af direkte lokal virkning på de små kar, på grund af virkningen af medikamenter, på grund af sympatisk blokade eller på grund af vasomotorisk tone, kan man i sådanne tilfælde ofte se ganske store forøgelser i væsperfusion indekssmåler aflæsningerne og ligeledes måske et markant fald i

arterielt blodtryk som følge af formindsket perifer modstand. I de netop beskrevne tilfælde giver opfindelsen mere detaljeret, men værdifuld diagnosemæssig information med hensyn til fysiologiske forandringer vedrørende blodstrøm.

En yderligere fordel ved opfindelsen er dens evne til direkte at angive refleksvirkningerne på cirkulationsdynamikken som følge af kirurgisk stimulering og derved tilvejebringe indikation af risikoen for bevidsthed eller "bevidsthedsgenkaldelse" hos en paralyseret patient, der ellers fejlagtigt antages at være under narkose eller bevidstløs. Inden for de grænser, som transducerne selv sætter, og som er forbundet med periferiske kartunoser, kan udstyret anvendes til aflæsning af det systoliske og det diastoliske blodtryk. Aflæsningerne foretages ved hjælp af nævnte justerede måleapparater og giver kvantitative øjeblikkelige øjebliks-til-øjeblikks-indikationer om forandringer i cirkulationsdynamikken.

Ved narkose giver udstyret værdifulde oplysninger angående vævs-perfusion i forhold til forandringer i blodtryk og pulsfrekvens, selv om sådanne forandringer af forholdene skyldes narkosens dybde, patientens tilstand, blodtab eller choktilstanden. Ved brug giver udstyret normale og stabile måler aflæsninger med stor sikkerhed, idet man under ideelle forhold opnår en betydelig stabilitet i måler aflæsningerne hos patienterne. Overvågning ved hjælp af EKG (elektrokardiografi) giver information om, hvorvidt sinusrytmen er normal eller ej. Imidlertid giver den kvantitative overvågning af cirkulationsdynamikken sikkerhed for tilstrækkelig periferisk blodomløb og ringe sandsynlighed for efterfølgende vegetativ eksistens på den pågældende del af patienten. Generelt kan man sikkert fastslå, at der indtræffer forandringer i cirkulationsdynamikken, hvilke forandringer kan overvåges på kvantitativ måde og observeres på et tidligere tidspunkt end hidtil ved hjælp af det foreliggende udstyr, før der optræder betydelig variation i EKG, eller før en hjertestandsning bliver tydelig.

Med det her i beskrivelsen anførte udtryk perfusion kan også forstås udtrykket perfundering.

Patentkrav.

Perfusionsmonitor til måling af blodgennemstrømningen i et legeme og med organer til at måle arealet under en pulskurve eller en væsentlig del af denne, organer til at integrere respektive parametre, som er proportionale med nævnte areal og pulsfrekvensen for at tilvejebringe et "perfusionsindeks" og med organer til at angive en aflæsning, der er proportional med nævnte indeks, idet organerne til at måle arealet under kurven omfatter en elektronisk kreds indbefattende pulsauffølingsorganer til direkte aflæsning af pulsfrekvensen og/eller en blodtryksindikator samt en perfusionsindikator, der har en kalibreret skala og/eller en digital udlæsning, medens pulsauffølingsorganerne omfatter én eller flere transducere, som er indrettet til at blive forbundet med eller tilknyttet patientens legeme,

k e n d e t e g n e t ved, at perfusionsmonitoren omfatter en pulssignalforstærker (2), der er koblet til transduceren eller transducerne, et båndpasfilter (3), der er forbundet med pulssignalforstærkeren og tjener til frafiltrering af uønsket støj fra de forstærkede pulssignaler, en trigger- og monostabil multivibratorkreds (4), der reagerer på udgangssignalet fra nævnte filter, en første integrator (5) koblet til dette filter (3) gennem multivibratorkredsen (4) til integration af udgangssignalet fra filteret, en pulsfrekvensmåler (6), der reagerer på udgangssignalet fra integratoren for indikering af pulsfrekvensen, en pulsamplitudemåler (8), der er forbundet med pulssignalforstærkeren (2) for måling af amplituden af de forstærkede pulssignaler, en multiplikator (9), der er koblet til pulsamplitudemåleren (8) og multivibratorkredsen (4) for at multiplicere signaler fra måleren (8) og multivibratorkredsen (4), en følsomhedsregulator (10), der er forbundet med multiplikatoren (9), en anden integrator (11), der er koblet til udgangen af følsomhedsregulatoren (10) for gennemsnitsberegning af udgangssignalerne fra sidstnævnte, og en perfusionsindeksindikator (12), som reagerer på udgangssignalet fra den anden integrator (11) for indikering af blodgennemstrømningen.

Fremdragne publikationer:

Tysk patent nr. 821255

Tysk offentliggørelsesskrifter nr. 2010394, 2132864

U.S.A. patenter nr. 3051165, 3087488, 3227155, 3450131

Institute of Radioengineers, New York, Professional Group on

Medical Electronics. Transactions. PGME - 3. nov. 1955, side 5-21.

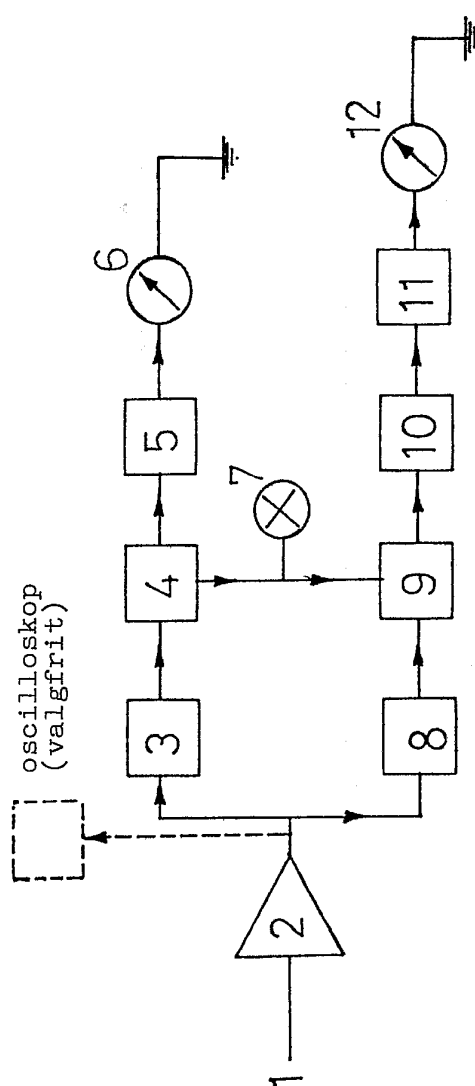


Fig.1

