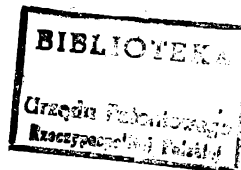


Warszawa, dnia 22 lutego 1951 r.

URZĄD PATENTOWY



g01f 15/06



RZECZYPOŚPOLITEJ POLSKIEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 34022

Kl. 42 e, 23/05

Charles Engelhard, Inc.

(Newmark, New Jersey, Stany Zjednoczone Ameryki)

Przyrząd do pomiaru i regulowania szybkości przepływu ośrodka ciekłego lub gazowego

Udzielono z mocą od dnia 18 września 1947 r.

Pierwszeństwo: 21 maja 1946 r. (Stany Zjednoczone Ameryki)

Wynalazek dotyczy przyrządu do pomiaru przepływu ośrodka, zwłaszcza do pomiaru i regulowania szybkości i ilości cieczy lub innego ośrodka, przepływającego w przewodzie.

Dotychczas znane przyrządy są oparte na zasadzie pomiaru objętości, przy czym przepływający ośrodek ciekły lub gazowy powoduje obracanie odpowiedniego narządu, a liczba obrotów tego narządu jest miarą objętości cieczy lub gazu, przepływającego przez dany przewód. Znane są również przyrządy, w których spadek ciśnienia przepływającego ośrodka, np. przez rurkę Venturiego, jest miarą szybkości przepływu.

Powyższe przyrządy posiadają liczne wady. Części mechaniczne, umieszczone w przepływającym ośrodku, wpływają na swobodny jego przebieg, co powoduje zwiększenie spadku ciśnienia. Przyrządy takie wymagają większej staranności przy ich wykonaniu w celu zapobieżenia uchodzenia ośrodka, zwłaszcza takiego jak gazolina, eter, chlor, które są niebezpieczne ze względu na ich łatwopalność lub działanie nadżera-

jące. Zapobieganie uchodzeniu przepływającego ośrodka jest szczególnie trudne w przyrządach, opartych na pomiarze objętości, w których ruch obrotowy narządu pomiarowego musi być przeniesiony na zewnątrz osłony przyrządu za pomocą mechanicznych części ruchomych. Ponadto takie przyrządy nie zawsze są dokładne, zwłaszcza gdy szybkość przepływu zmienia się od minimalnej do maksymalnej. Przyrządy wzmiankowane dają pomiary bezpośrednie i, gdy jest pożądanе odczytywanie wyników pomiaru na znacznej odległości, wymagają zastosowania specjalnych urządzeń pomocniczych. Ciężar i wymagana duża przestrzeń do zainstalowania ich stanowią dalsze niedogodności tam, gdzie, np. w samolotach, mały ciężar i zajmowanie małej przestrzeni posiada duże znaczenie. Ponadto spadek ciśnienia w takich przyrządach jest ograniczony (w przybliżeniu 4:1). Wymagają one zastosowania specjalnego urządzenia, np. urządzenia do zamiany kwadratowej skali charakterystyki na skalę liniową. Przyrządy te są zwykle

przystosowane tylko do jednego celu i nie nadają się do pomiaru części, lecz tylko do pomiaru całkowitej ilości przepływu.

Przyrząd według wynalazku nie posiada tych niedogodności i nadaje się do mierzenia i regulowania przepływu ośrodka ciekłego lub gazowego. Daje on dokładne pomiary w bardzo szerokim zakresie zmiany szybkości przepływu i nadaje się do bezpośredniego odczytywania wyników pomiaru lub do odczytywania na odległość bez konieczności stosowania pomocniczego urządzenia do zamiany danych mechanicznych na elektryczne. Przyrząd według wynalazku jest odporny na wstrząsy, szczelny, wykazuje swobodny przepływ ośrodka gazowego lub ciekłego, posiada mały ciężar i zajmuje małą przestrzeń, dzięki czemu może znaleźć różne zastosowanie. Nadaje się do pomiaru i kontrolowania przepływu gazu, oleju, cieczy chłodzących itd. Jest dokładny w szerokim zakresie temperatur i napięć stosowanych.

Fig. 1 przedstawia przekrój podłużny jednej części przyrządu według wynalazku, fig. 2 — 4 schematyczne widoki trzech odmian przyrządu według wynalazku, fig. 5 — schematyczny widok przyrządu przystosowanego do mierzenia i kontrolowania szybkości przepływu ośrodka, fig. 6 — widok jeszcze innej odmiany przyrządu a fig. 7 — schemat części obwodu elektrycznego przyrządu według fig. 6.

Przyrząd według wynalazku do pomiaru przepływu ośrodka zawiera wymiennik ciepła, z którym współdziała urządzenie ogrzewające lub ochładzające, przy czym ciepło jest pochłaniane lub dostarczane z przepływającego ośrodka, wskutek czego temperatura ośrodka wzrasta lub maleje w stosunku do znanej temperatury ośrodka przepływającego przed przeprowadzeniem go przez wymiennik ciepła. Przyrząd według wynalazku zawiera urządzenie do łatwego przerachowania wzrostu lub spadku temperatury na zmiany szybkości przepływu ośrodka oraz zawiera jeszcze inne urządzenie do skompensowania innych czynników, mogących oddziaływać na dokładność działania przyrządu. Przyrząd według wynalazku może działać przy stałym lub zmiennym prądzie.

Na fig. 1 przedstawiono przewód 1, przez który przepływa ośrodek ciekły lub gazowy. Ten przewód 1 zawiera wymiennik 2 ciepła, wykonany z materiału o dużym przewodnictwie cieplnym, np. z metalu o dużym współczynniku przewodnictwa cieplnego i o małym cieple właściwym, np. z miedzi, srebra, aluminium itd. Wymiennik 2 ciepła jest izolowany cieplnie od przyległych części przewodu 1 pierścieniami 3 i 4, korzystnie wykonanymi z materiału o małym

przewodnictwie cieplnym, np. z gumy, bakelitu, gumy syntetycznej, np. neoprenu, materiału ceramicznego. Wymiennik 2 ciepła jest ogrzewany za pomocą grzejnika 5 w postaci węzownicy nawiniętej od zewnątrz na ten wymiennik. Grzejnik 5 może stanowić dowolny odpowiedni sprężysty narząd, np. wykonany z drutu lub taśmy z metalu lub stopu, np. z chromonikieliny, manganinu, konstantanu. Termometr oporowy 6 wykonany w postaci śrubowo zwiniętego drutu, odpornego na wysoką temperaturę, jest nawinięty na wymiennik. Grzejnik 5 poprzedza termometr 6 mierząc w kierunku przepływu ośrodka. Grzejnik 5 i termometr 6 są zabezpieczone przed oddziaływaniem temperatury otoczenia za pomocą rurowej osłony 7, zamkniętej końcowymi pokrywami 8 i 9, stykającymi się bezpośrednio z przewodem 1. Na przewodzie 1, w miejscu położonym bezpośrednio przed wymiennikiem 2, mierząc w kierunku przepływu ośrodka, znajduje się oporowy termometr 10. Oporowe termometry 6 i 10 mogą być zwykłego typu w postaci śrubowo zwiniętego drutu lub taśmy, wykonanych z materiału o dużym współczynniku temperatury oporności elektrycznej, np. z platyny, stopów metalu szlachetnego lub niklu. Zwoje termometrów oporowych stykają się bezpośrednio z wymiennikiem o ile stosuje się izolowany drut, w przeciwnym przypadku między wymiennikiem 2 i tymi zwojami umieszcza się cienką izolującą warstwę lakieru.

Podczas działania przyrządu grzejnik 5 jest zasilany prądem elektrycznym, wskutek czego powstaje różnica temperatury między termometrem 10, mierzącym temperaturę przepływającego ośrodka przed wymianą ciepła, i termometrem 6 mierzącym temperaturę przepływającego ośrodka po wymianie ciepła.

Ta różnica temperatury jest funkcją ciepła właściwego ośrodka przepływającego, ilości ciepła przeniesionego przez wymiennik i szybkości przepływu danego ośrodka. Jeżeli ilość ciepła przeniesionego do ośrodka przepływającego zostanie oznaczona jako Q w kal/sek, ciepło właściwe przepływającego ośrodka jako C_g , ilość przepływającego ośrodka jako M w g/sek oraz przyrost temperatury jako t w $^{\circ}C$, wówczas zależność tych czynników może być wyrażona równaniem:

$$t = \frac{Q}{C_g M}$$

Z równania tego wynika, że gdy ciepło właściwe przepływającego ośrodka nie ulega zmianie i ilość przenoszonych ciepła pozostaje stała, to różniczka czasu jest odwrotnie proporcjonalna do szybkości przepływu. Z równania wynika rów-

niez, że gdy wzrost temperatury i ciepła właściwego przepływającego ośrodka są stałe, to ilość przenieszonego ciepła jest wprost proporcjonalna do szybkości przepływu tego ośrodka.

Jest jasne, że zamiast pomiaru wzrostu temperatury przepływającego ośrodka, spowodowanego przeniesieniem ciepła, można mierzyć spadek temperatury, spowodowany odprowadzaniem danej ilości ciepła z ośrodka przepływającego. W tym przypadku wymiennik ciepła byłby wykonany w postaci urządzenia ochładzającego.

Zatem zasada działania przyrządu według wynalazku polega na pomiarze zmiany temperatury, np. wzrostu temperatury przepływającego ośrodka po przejściu tego ośrodka przez wymiennik ciepła przy zachowaniu stałej ilości przeniesionego ciepła, przy czym ta zmiana temperatury jest odwrotnie proporcjonalna do szybkości przepływu. Można również mierzyć ilość przeniesionego ciepła przy stałej różnicy temperatur, wówczas ilość przeniesionego ciepła będzie wprost proporcjonalna do szybkości przepływu.

Jakkolwiek w różnych postaciach wykonania wynalazku, przedstawionych na rysunku, pokazano grzejniki elektryczne, przenoszące ciepło do przepływającego ośrodka, to jest zrozumiałe, że można wyzyskać grzejniki zawierające gorącą wodę, parę, gazy spalinowe itd.

Termometry oporowe 6 i 10 są połączone z mostkiem Wheatstona, w sposób wyjaśniony szczegółowo przy opisywaniu następnych figur rysunku. Mostek ten służy do pomiaru różniczki temperatury. Przy stałym wzroście temperatury między termometrami 6 i 10 ilość doprowadzanej energii elektrycznej do grzejnika 5 jest proporcjonalna do szybkości przepływu ośrodka w przewodzie. Watomierz, włączony do obwodu grzejnika 5, jest wycechowany do wskazywania szybkości przepływu. W przypadku zaś gdy ilość energii doprowadzanej do grzejnika 5 jest utrzymywana stała, wówczas różniczka temperatury między termometrami 6 i 10 jest odwrotnie proporcjonalna do szybkości przepływu.

Wszystkie składowe części przyrządu do pomiaru szybkości przepływu ośrodka znajdują się na zewnątrz przewodu, zawierającego przepływający ośrodek, nie istnieją zatem żadne przeszkody, które mogłyby wpływać niekorzystnie na swobodny przepływ ośrodka. Przyrząd nie posiada żadnych łożysk lub panewek, przez które mogłyby przedostawać się przepływający ośrodek. Części składowe obwodu elektrycznego są oddzielone od ośrodka przepływającego ściankami przewodu, dzięki czemu zapobiega się możliwości zapalenia się lub wybuchu ośrodka. Nie wydzielają się również szkodliwe lub trujące pary,

które przy innym wykonaniu mogłyby wydzieląć się z przewodu. Przyrząd przedstawiony na fig. 1 działa zadowalająco, gdy ilość przepływającego ośrodka jest mała lub gdy moc doprowadzana do wymiennika ciepła nie jest ograniczona.

Fig. 2 przedstawia inną postać wykonania przyrządu według wynalazku, która jest szczególnie korzystna w przypadku, gdy przepływa większa ilość ośrodka i gdy jest większe zużycie energii elektrycznej w wymienniku ciepła. Np. w celu wytworzenia wzrostu temperatury o 1°C strumienia wody, przepływającej przez przewód z szybkością 1 g/sek, koniecznym jest doprowadzanie 4,18 wata do grzejnika i w takim przypadku zastosowanie przyrządu według fig. 1 może być zupełnie zadowalające. Jednakże szybkość 1 g/sek jest bardzo mała i odpowiada tylko 3,6 kg/godz. Ponadto wzrost temperatury o 1°C nie jest zadowalająco duży do dokładnego pomiaru. W ten sposób np. strumień wody, przepływającej z szybkością 360 kg/godz., spowoduje zużycie 2090 watów mocy elektrycznej do uzyskania wzrostu temperatury o 5°C , takie zaś zużycie energii, chociaż zadowalające w niektórych przypadkach, na ogół nie jest korzystne. Dobrze jest stosować grzejnik o znacznej wielkości i masie działający z dużym opóźnieniem czasowym. Przyrząd według fig. 2 stosuje się w przypadku przepływania większej ilości ośrodka, przy uwzględnieniu żadanego ograniczenia ilości mocy, doprowadzanej do wymiennika ciepła, oraz przy wystarczająco dużym wzroście temperatury i zapewnieniu możliwie dokładnych wyników pomiarów.

W tym przykładzie wykonania wynalazku zastosowano boczny przewód do przeprowadzenia tylko części przepływającego ośrodka przez wymiennik ciepła, przy czym ta część ośrodka znajduje się w ściślejszej zależności od całkowitej ilości ośrodka przepływającego. Przyrząd posiada przewód 11 i boczny przewód 12 połączony z głównym przewodem 1 za pomocą pierścieni 13 i 14. Strumień przepływającego ośrodka zostaje rozdzielony na stosunkowo duży strumień, przepływający przez przewód 11 i mały strumień, przepływający przez boczny przewód 12.

Przyrząd do pomiaru przepływu, przedstawiony na fig. 1, stosuje się wobec tylko do stosunkowo małego strumienia bocznego, przepływającego przez przewód 12. Wymiennik ciepła, stanowiący część bocznego przewodu 12 jest ogrzewany grzejnikami 15 i 15'. Temperaturę ośrodka, przepływającego przez boczny przewód 12, mierzy się oporowym termometrem 16, a temperaturę w przewodzie 11 — za pomocą opo-

rowego termometru 17. Termometr oporowy 17 może być umieszczony na bocznym przewodzie 12 przed wymiennikiem ciepła, licząc w kierunku ruchu ośrodka, lub też może on być umieszczony, jak przedstawiono na rysunku, na przewodzie 11. Termometry oporowe 16 i 17 są wykonane w sposób opisany szczegółowo w związku z wykonaniem przyrządu według fig. 1. Wymiennik ciepła rozciąga się na długości przewodu 12 między pierścieniami izolującymi 18 i 19. Należy zauważyć, że we wszystkich postaciach przyrządu według wynalazku część przewodu, zaopatrzona w grzejnik i oporowy termometr do pomiaru temperatury ośrodka po przejściu tego ośrodka przez wymiennik ciepła, jest oddzielona izolacją cieplną od innych części przewodu.

Należy również zauważyć, że w opisanym przyrządzie temperatura strumienia ośrodka przepływającego przez boczny przewód 12, po przejściu tego ośrodka przez wymiennik ciepła, jest wyższa niż początkowa zwykła temperatura strumienia w przewodzie 11, przy czym wzrost temperatury jest funkcją szybkości przepływu ośrodka w przewodzie 12. Jeżeli np. mała ilość ośrodka przepływa przez przewód główny 1, a w bocznym przewodzie uzyskuje się stosunkowo małą szybkość przepływu, temperatura strumienia, przepływającego przez przewód 12, wzrasta znacznie ponad temperaturę strumienia ośrodka, przepływającego przez przewód 11. Z drugiej zaś strony jeżeli przez przewód główny 1 płynie duży strumień o odpowiedniej dużej szybkości przepływu, to wzrost temperatury strumienia ośrodka w przewodzie 12 ponad temperaturę strumienia, przepływającego przez przewód 11, będzie mniejszy. W ten sposób różnica temperatur dwóch strumieni ośrodka jest miarą szybkości przepływu ośrodka w przewodzie głównym 1.

Termometry oporowe 16, 17 są połączone z mostkiem Wheatstona, w którym tworzą one dwie z czterech gałęzi, jak przedstawiono na rysunku. Dwie inne gałęzie 20 i 21 tego mostka starowią oporniki służące do osiągnięcia stanu równowagi mostka przy danej szybkości przepływu. Te oporniki 20, 21 mogą być wykonane z materiału o bardzo małym współczynniku temperaturowym oporności elektrycznej, np. z manganinu, konstantu, lub z innego materiału o dużym dodatnim lub ujemnym współczynniku temperaturowym oporności elektrycznej. W tym ostatnim przypadku służą one dodatkowo do wyrównania różnic temperatury otoczenia. Przyrząd wskaźnikowy 22 jest włączony w zwykły sposób w mostek Wheatstona, najlepiej za pomocą opornika 23. Oczywiście zamiast przyrządu wskaźnikowego można zastosować przyrząd rejestru-

jący wszelkie odchylenia od stanu równowagi mostka Wheatstona spowodowane różnicą temperatur termometru 17 i 16. Opornik 24 włączony równolegle do mostka, może być zastosowany w celu nastawiania mostka lub do wyrównywania błędu temperatury o ile jest wykonany z metalu o dużym dodatnim lub ujemnym współczynniku temperaturowym oporności elektrycznej. Podobnie opornik 25, włączony szeregowo do przewodu między mostkiem Wheatstona a źródłem 26 prądu, np. baterią, może być zastosowany do wyrównywania błędu temperatury. Gdy napięcie źródła 26 prądu zmienia się, np. przy pobieraniu energii z sieci, w takim stopniu, że może spowodować nadmierne wahania odczytów przyrządu 22, wówczas korzystnie jest włączyć między źródło prądu a mostek lampę oporową 27 w celu utrzymywania stałego zasilania mostka Wheatstona prądem stałym.

W przykładowej postaci wykonania przyrządu zastosowano przewody miedziane, przy czym przewód 11 posiadał średnicę 2,54 cm a przewód 12 — średnicę 0,635 cm. Jako przepływający ośrodek zastosowano wodę o szybkości przepływu, zmieniającej się w granicach od 180 do 900 kg/godz, utrzymując przy tym stały dopływ mocy elektrycznej do grzejników 15 i 15', wynoszący 50 watów. Termometry oporowe 16 i 17 zostały wykonane z przewodu niklowego o oporności, wynoszącej każda w przybliżeniu 22 omy w temperaturze pokojowej. Mostek Wheatstona został zrównoważony przy maksymalnej szybkości przepływu, to znaczy wynoszącej 900 kg/godz, dokonano zaś odczytu wzrostu temperatury na termometrze 16 ponad temperaturę termometru 17 przy zmniejszeniu szybkości przepływu wody do 90 kg/godz.

Niżej podano uzyskane wyniki:

Szybkość przepływu	Wzrost temperatury
w kg/godz	w °C
900	0
810	,3
720	,82
630	1,51
540	2,39
450	3,37
360	4,46
270	5,58
180	7,5

Ponieważ wzrost temperatury jest odwrotnie proporcjonalny do ciepła właściwego ośrodka przepływającego przez przyrząd, przeto przy zastosowaniu gazołiny zamiast wody wartości wzrostu temperatury są w przybliżeniu o 30% większe. Należy zauważyć, że wzrost temperatury o 7,5°C w przypadku zastosowania strumienia wo-

dy oraz o około $12,5^{\circ}\text{C}$ w przypadku zastosowania strumienia gazoliny może być uzyskany przy doprowadzaniu do grzejników tylko 50 watów mocy. Takie wyniki uzyskano przy doprowadzaniu małej mocy elektrycznej tylko dlatego, że całkowity strumień ośrodka został rozdzielony i pomiary kalorymetryczne zostały zastosowane tylko do małej części strumienia całkowitego. Zatem przez zastosowanie wymiany ciepła tylko w strumieniu bocznym moc doprowadzana może być mała.

Przepływ ośrodka przez boczny przewód 12 powoduje spadek ciśnienia między wlotem i wylotem bocznego przewodu 12. W przyrządzie, przedstawionym na fig. 2, ten spadek ciśnienia jest stosunkowo mały pomimo wystarczająco dużego odstępu między wlotem i wylotem przewodu.

Przyrząd według fig. 3 jest przystosowany do utrzymywania wystarczająco dużego i dobrze określonego spadku ciśnienia między wlotem i wylotem przewodu bocznego, przy jednoczesnym utrzymywaniu możliwie małej długości całkowitej przyrządu. W tym przypadku główny przewód 1 lub część włączona do niego są wykonane w postaci rurki Venturiego, boczny zaś przewód jest zaopatrzony w otwór wlotowy w miejscu poprzedzającym stożkowatą część rurki Venturiego, np. w miejscu 28. Otwór wylotowy 29 przewodu bocznego znajduje się w najwyższej części tej rurki. Przewód boczny 30 posiada grzejnik 31, przy czym ogrzewana część tego przewodu jest izolowana cieplnie od pozostałej części tego przewodu za pomocą izolujących narządów 32 i 33. Grzejnik 31 jest połączony ze źródłem prądu, np. z baterią, poprzez opornik 35 i lampę oporową 36. Z grzejnikiem jest również połączony szeregowo przełącznik 37, którego kontakty są zwykle zamknięte, co umożliwia przepływ prądu do grzejnika 31. Jednakże, gdy część przewodu 30 w sąsiedztwie grzejnika osiągnie temperaturę wyższą ponad z góry określoną wartość, kontakty przełącznika 37 w postaci termostatu dwumetalowego zostają otwarte automatycznie. Przełącznik 37 może posiadać postać np. dwumetalowej taśmy, nawiniętej na przewodzie 30, jak pokazano na rysunku. Taki przyrząd jest specjalnie korzystny, gdy przepływający ośrodek posiada dużą prężność pary w temperaturze pokojowej lub jest łatwo lotny. Na przykład w przypadku stosowania gazoliny, jako przepływającego ośrodka, przy bardzo małej lub zerowej szybkości przepływu może temperatura ośrodka stać się tak wysoka wskutek działania grzejnika, że para może zamknąć lub utrudnić przepływ gazoliny przez boczny przewód, lub też

mogą tworzyć się w gazolinie pęcherzyki, co może spowodować nieregularny przepływ jej w przewodzie. Przełącznik 37 nie tylko przerywa lub reguluje dopływ prądu do grzejnika w przypadku wywiązywania się takiego nadmiernego ciepła, lecz jest również przystosowany do zapobiegania przy małej szybkości przepływu nadmiernemu przeciążeniu przyrządu do pomiaru różnicy temperatur oporowych termometrów 38 i 39. Przełącznik ten może być również nastawiony tak, że otwiera obwód elektryczny grzejnika, gdy szybkość przepływu spadnie poniżej z góry określonej wartości.

Rurka Venturiego stanowi główny przewód 1, w którym wytwarza się w znany sposób spadek ciśnienia, co powoduje przepływ kontrolowanej części przepływającego ośrodka przez boczny przewód 30, jako wynik zmiany szybkości ośrodka pomiędzy najszerszą częścią rurki a najwęższą częścią tej rurki. Ten spadek ciśnienia może być regulowany przez dobranie stosunku średnicy części najwyższej do średnicy otworu wejściowego rurki Venturiego.

Przy zmianie określonej mocy np. 50 watów, doprowadzanej do grzejnika, temperatura potrzebna do uruchomienia przełącznika 37 byłaby osiągnięta przy szybkości przepływu np. 180 kg/godz. Gdy jednak moc dostarczana się zmniejsza, np. wynosi 25 watów, temperatura do uruchomienia przełącznika jest osiągnięta przy mniejszej szybkości przepływu. Przyrząd może mieć dwa zakresy — jeden przedstawiający maksymalne odchylenie przy 50 watach i szybkości przepływu 180 kg/godz., a drugi mający największe odchylenie przy 25 watach i szybkości przepływu 90 kg/godz.

Zmiana mocy doprowadzanej do grzejnika może być uzyskana przez zmianę oporności opornika 35 (fig. 3). W przypadku, gdy stosuje się więcej niż jedną cewkę grzejną lub gdy ta cewka jest podzielona na części o różnym zakresie mocy, wówczas łącząc te części szeregowo lub równolegle można zmieniać całkowitą oporność cewki grzejnej.

Przyrząd według fig. 4 umożliwia uzyskanie wymaganego, ściśle określonego i wystarczającego spadku ciśnienia w przewodzie przez zastosowanie dysz zamiast rurki Venturiego. Główny przewód 1 jest połączony z bocznym przewodem 41. Ten boczny przewód jest zaopatrzony w grzejnik 42. Różnicę między temperaturą w głównym przewodzie i w przewodzie bocznym mierzy się za pomocą termometrów 43 i 44. Ta odmiana przyrządu posiada dysze, wykonane w przewodzie głównym i w przewodzie bocznym.

Dysza 45 głównego przewodu znajduje się pomiędzy wlotem i wylotem przewodu bocznego i najlepiej w pobliżu wylotu tego przewodu bocznego, jak pokazano na rysunku. Dysza 46 jest wykonana w przewodzie bocznym 41. Te dysze są najlepiej wykonane w kołnierzach 47 i 48, dających się łatwo wymieniać, np. w celu zmiany stosunku bocznego strumienia do strumienia głównego. Przez zastosowanie specjalnych dysz, takich jakie zostały opisane przez W. Koennecke w Archiv Technisches Messen V, 1242-2, styczeń 1939 r. może być uzyskany spadek ciśnienia pomiędzy wlotem i wylotem, który jest zasadniczo stały dla zmieniających się w szerokim zakresie warunków przepływu, np. jakie mogą wytworzyć się przy zmianach temperatury ośrodka przepływającego. Przez odpowiednie dobranie takich dysz w głównym przewodzie 1 i w przewodzie bocznym 41 możliwe jest uzyskanie stosunku przepływu w dwóch przewodach wystarczająco stałego dla szerokiego zakresu temperatur. W ten sposób zapobiega się powstawaniu błędów temperatury. Oczywiście można zastosować inne dysze, gdy warunki przepływu ośrodka, określone danymi Reynoldsa, nie zmieniają się znacznie podczas działania przyrządu.

Spadek ciśnienia, wytworzony między wlotem i wylotem przewodu bocznego w przyrządzie według fig. 3 lub według fig. 4, powinien być nieco większy, niż różnica ciśnienia statycznego w strumieniach przewodu głównego i bocznego. Jakkolwiek zmiana położenia przewodu bocznego w stosunku do przewodu głównego nie oddziałuje na ilość ośrodka przepływającego. Na przykład przy spadku ciśnienia, który byłby wielokrotnością ciśnienia statycznego, obracano przewód boczny dookoła osi przewodu głównego o kąt 360° i nie stwierdzono większych zmian w odczytach przyrządu. Jest to szczególnie ważne w przyrządach stosowanych w samolotach. Straty wskutek tarcia w przewodzie bocznym utrzymuje się możliwie najmniejsze. W tym celu wewnętrzną średnicę przewodu bocznego wykonuje się największą a promienie krzywizny kolan tego przewodu dobiera się jako wielokrotności średnicy wewnętrznej. W przyrządach przedstawionych na fig. 2 — 4 korzystnie jest stosować promień krzywizny kolan najmniej dwa razy a najkorzystniej 2,5 razy większy niż wewnętrzna średnica przewodu bocznego, która zwykle, wynosi do około 25,4 mm. Oczywiście wewnętrzna powierzchnia przewodu bocznego musi być możliwie gładka w celu zmniejszenia współczynnika tarcia. Korzystnie jest również wytworzyć w przepływającym ośrodku turbulentne warunki podczas przepływu tego ośrodka

przez boczny przewód przy wszelkich mierzonych szybkościach przepływu. Można to skutecznie najlepiej przez zastosowanie dyszy 46.

Przyrząd przedstawiony na fig. 4 umożliwia wyrównywanie błędu temperatury. Zwykle termometry 43 i 44 (fig. 4) są wykonane z materiału, posiadającego duży współczynnik temperatury oporności elektrycznej, np. z niklu, i ich oporności zmieniają się równomiernie, jeśli temperatura ośrodka przepływającego lub powietrza otaczającego zmienia się, przy czym zostaje utrzymana równowaga mostka Wheatstona. Jednakże zawsze może powstać mały błąd temperatury, spowodowany np. zmianą stosunku przepływu ośrodka w głównym przewodzie do przepływu w przewodzie bocznym, zmianą ciepła właściwego przepływającego ośrodka wraz ze zmianą temperatury itd. Taki błąd może być wyrównany przez włączenie do jednej z gałęzi, np. 49, mostka, która zwykle jest wykonana z manganinu lub podobnego materiału o małym współczynniku oporności elektrycznej, dodatkowego uzwojenia 50 z niklu lub innego wrażliwego na zmiany temperatury materiału, przy czym takie uzwojenie owija się na głównym przewodzie 1, wskutek czego mostek Wheatstona jest automatycznie utrzymywany w równowadze dla wszystkich temperatur w danym zakresie, wykazując niezrównoważenie tylko w przypadku zmiany szybkości przepływu ośrodka. Inny sposób wyrównywania błędu temperatury polega na zastosowaniu bocznika do grzejnika, wykonanego z materiału, którego oporność elektryczna nie zależy od zmiany temperatury, przy czym bocznik ten jest wykonany z metalu, którego oporność zależy od zmiany temperatury, np. z niklu. Dzięki temu ze wzrostem temperatury oporność bocznika zwiększa się i większa część energii zostaje doprowadzona do grzejnika.

Termometry oporowe 43 i 44 (fig. 4) są połączone z mostkiem Wheatstona, zasilanym prądem z baterii 51. Mostek zwykle znajduje się w warunkach równowagi, lecz gdy szybkość przepływu ośrodka w przewodzie głównym 1 zmienia się, wskaźnik zerowy 52 w przekątnej mostka zostaje wychylony w jednym lub drugim kierunku, zależnie od tego, czy szybkość przepływu ośrodka w przewodzie głównym zwiększa się lub zmniejsza. Równowaga mostka zostaje przywrócona przez zwiększenie lub zmniejszenie mocy, doprowadzanej do grzejnika 42 za pomocą regulacji opornika 53, który jest połączony szeregowo z grzejnikiem 42 i baterią 51. Po uzyskaniu równowagi moc, doprowadzoną do grzejnika, odczytuje się na watomierzu 54, który w tym celu jest odpowiednio wycechowany do bez-

pośredniego określenia szybkości przepływu ośrodka.

Jest jasne, że moc doprowadzana do grzejnika może być regulowana mechanicznie zamiast ręcznie. W takim przypadku kontrolny galwanometr lub odpowiedni przełącznik, zaopatrzony w kontakty z oznaczeniami „wysoki” i „niski” jest zastosowany zamiast galwanometru. Następnie automatyczny regulator kolejno steruje doprowadzającą do silnika nawrotnego napędzającego opornik, np. opornik 53 na fig. 4, co powoduje zwiększenie lub zmniejszenie, w razie potrzeby, mocy doprowadzanej do grzejnika.

Często zachodzi potrzeba mierzenia nie tylko szybkości przepływu ośrodka, lecz również i całkowitej ilości ośrodka, przepływającego przez przewód w określonym okresie czasu. Odnośnie wyżej omówionego równania należy zaznaczyć, że po zcałkowaniu obydwóch stron tego równania względem czasu, godzinne zużycie energii w grzejniku będzie proporcjonalne do całkowitego przepływu, ponieważ to zużycie jest proporcjonalne do całkowitej ilości ciepła doprowadzanego do ośrodka w danym okresie czasu. Zużycie na godzinę energii elektrycznej przez grzejnik może być mierzone za pomocą licznika, włączonego do obwodu grzejnika, przy czym taki licznik może być wycechowany tak, aby bezpośrednio wskazywał ilość ośrodka w kilogramach lub litrach. Jednym z przykładów korzystnego zastosowania przyrządu według wynalazku jest mierzenie zużycia gazoliny, np. w motorach lotniczych, dzięki czemu pilot może kontrolować nie tylko stopień zużycia w każdym czasie, lecz również całkowite zużycie w danym okresie czasu, wskutek czego zwiększa się znacznie bezpieczeństwo i ekonomiczność lotu.

Przyrząd według wynalazku może być również zastosowany do regulowania stopnia przepływu ośrodka przy każdej żądanej szybkości przepływu. Takie regulowanie przepływu jest szczególnie korzystne, np. w przemyśle chemicznym przy wyrobie gumy syntetycznej, benzyny syntetycznej itd., gdy jest wymagane dokładne określenie szybkości lub stosunku przepływu ośrodka. Przyrząd przedstawiony na fig. 5 jest dostosowany do mierzenia i regulowania szybkości przepływu ośrodka. Ten przyrząd posiada główny przewód 1, zaopatrzony w rurkę Venturiego, dyszę albo w otwór 55, boczny przewód 56, grzejnik 57, nawinięty na bocznym przewodzie, oporowy termometr 58, cieplnie izolowany od grzejnika, oporowy termometr 59 oraz mostek Wheatstona, przy czym termometry oporowe tworzą dwie gałęzie tego mostka, odporne na zmianę temperatury, oporniki zaś 60 i 61 tworzą pozostałe gałęzie ta-

go mostka. W przekątnej mostka znajduje się kontrolny galwanometr 62. Moc doprowadzana do grzejnika 57 jest regulowana za pomocą regulatora, np. zmiennego opornika 63, i mierzona za pomocą watomierza 64, który może być wycechowany w kg/godz. Galwanometr kontrolny 62 znajduje się w spoczynku, gdy mostek Wheatstona jest w stanie równowagi, lecz kontakty „wysoki” lub „niski” zostają zamknięte, gdy mostek nie jest zrównoważony, przy czym zostaje zamknięty obwód silnika 65 zwrotnego, sterującego zawór 66 za pomocą przekładni zębatej 67. Podczas działania przyrządu żądaną szybkość przepływu ośrodka w przewodzie ustala się za pomocą opornika 63 i określa się za pomocą odpowiednio wycechowanego watomierza 64. Opornik 63 i watomierz 64 są umieszczone w określonym odstępie od przewodów, przez które przepływa ośrodek, jak pokazano na fig. 5 przerywanymi liniami 68 i 69. Po ustaleniu żądanej szybkości przepływu ośrodka za pomocą tego opornika mostek Wheatstona może być zrównoważony tylko w przypadku, gdy szybkość przepływu ośrodka w głównym przewodzie będzie odpowiadać wartości poprzednio nastawionej. Zatem, gdy szybkość przepływu zmienia się, to mostek Wheatstona nie jest w stanie równowagi i galwanometr kontrolny 62 uruchomia silnik 65, który kolejno zmniejsza lub zwiększa otwór zaworu 66, zanim nie zostanie przywrócona szybkość przepływu ośrodka, określona początkowo opornikiem 63.

Tę samą zasadę regulowania przepływu można zastosować do przyrządu, przedstawionego na fig. 1 bezpośrednio. Błąd temperatury można wyrównać, jak opisano w związku z przyrządem według fig. 4. Przyrząd na prąd zmienny (fig. 6) umożliwia automatyczne regulowanie ilości energii elektrycznej, doprowadzanej do grzejnika, za pomocą regulatora elektronowego zamiast za pomocą przełącznika czułego na zmianę temperatury lub galwanometru opisanego wyżej.

Przyrząd składa się z przewodu głównego 1, przewodu bocznego 70, termometru oporowego 71, nawiniętego na głównym przewodzie 1, termometru oporowego 72, nawiniętego na bocznym przewodzie 70 i grzejnika 73. Grzejnik i termometr, osadzone na bocznym przewodzie, są izolowane cieplnie od pozostałej części tego przewodu. Oporowe termometry 71, 72, tworzą dwie gałęzie mostka Wheatstona, którego dwie inne gałęzie są utworzone przez stałe oporniki 74 i 75. Urządzenie do wyrównywania błędów temperatury nie zostało przedstawione na rysunku. Mostek Wheatstona jest połączony za pomocą opornika 76 z materiału o małym współczynniku

oporności elektrycznej ze źródłem prądu zmiennego 77 o dogodnej częstotliwości i napięciu. Przewód przekątny mostka jest połączony z pierwotnym uzwojeniem transformatora 78, którego wtórne uzwojenie jest połączone z elektrycznym lampowym wzmacniaczem 79 napięcia. Taki wzmacniacz 79 może składać się z kilku triod połączonych szeregowo i może służyć do wzmacniania stosunkowo słabego napięcia z mostka Wheatstona do wystarczająco dużego napięcia siatkowego dostatecznego do pobudzenia wzmacniacza mocy 80. Może być zastosowany dowolny typ lampowego wzmacniacza mocy, przy czym korzystnie jest stosować wzmacniacz, zawierający triody pracujące równolegle i wytwarzające prąd wyjściowy wystarczająco silny do pobudzenia jednej cewki silnika 81, którego druga cewka jest połączona ze źródłem 77 zmiennego prądu za pomocą kondensatora 82. Wzmacniacz 80 jednocześnie pracuje jako dyskryminator fazowy, przesuwając fazę o 180° , gdy sygnał napięciowy z mostka Wheatstona przechodzi przez zero. Fig. 7 przedstawia dyskryminator fazowy wzmacniacza mocy 80, przedstawionego na fig. 6. Wzmacniacz napięcia 79 jest włączony poprzez kondensator 83 i opornik 84, połączone szeregowo. Anody triod 85 i 86 lub zespołów tych lamp, połączonych równolegle, są połączone z wtórnym uzwojeniem transformatora 87, którego pierwotne uzwojenie jest połączone ze źródłem 77 prądu zmiennego. Odprowadzenie od wtórnego uzwojenia transformatora 87 jest połączone z jedną cewką 88 silnika 81 rozdzielającego fazę, którego druga cewka 89 jest połączona ze źródłem 77 prądu zmiennego za pomocą kondensatora 82. Katody triod lub zespołu tych lamp są połączone równolegle i za pomocą opornika 90 do drugiego końca cewki 88 silnika 81. Kondensator 91 jest połączony równolegle z cewką 88. Opisany obwód posiada zdolność rozróżniania fazy, dzięki czemu gdy faza napięcia sygnału, doprowadzona na połączenie kondensatora 83 i opornika 84, jest przesunięta o kąt 180° , faza prądu w cewce 88 silnika 81 zostaje jednocześnie przesunięta o 180° . Jednakże, ponieważ faza prądu w cewce 89 silnika 81 jest stałą w stosunku do fazy źródła prądu zmiennego 77, to jako wynik przesunięcia fazy w cewce 88 nastąpi zmiana kierunku obrotu silnika 81, jak to jest dobrze znane z teorii takich silników.

Silnik 81 (fig. 6) jest mechanicznie sprzężony za pomocą przekładni zębatej z ruchomym kontaktem zmiennego opornika 92, który jest połączony szeregowo z grzejnikiem 73 i źródłem prądu zmiennego 77. Z tym grzejnikiem i ze źródłem prądu 77 jest połączony szeregowo rów-

nież watomierz 93 i, w razie potrzeby, licznik elektryczny 94 na prąd zmienny. Prąd elektryczny, przechodzący przez grzejnik 73, watomierz 93 i licznik 94 jest regulowany przez przesuwanie ruchomego kontaktu opornika 92. Przeto, gdy mostek Wheatstona staje się nie zrównoważony, wskutek zmiany warunków przepływu ośrodka w przewodzie, wówczas zmienny prąd wytwarza sygnał w przekątnym przewodzie mostka. Sygnał ten zostaje wzmocony wzmacniaczem 79 napięcia i wzmacniaczem 80 mocy i zostaje przeniesiony do silnika 81, który zaczyna się obracać, przy czym oporność opornika 92 zmienia się dotąd dopóki nie zostanie przywrócona równowaga mostka. Jeżeli warunki przepływu zmieniają się w kierunku przeciwnym powstaje podobnie sygnał prądu zmiennego w przekątnym przewodzie mostka, którego faza w tym przypadku zostanie przesunięta o 180° , co spowoduje przesunięcie fazy w cewce 88 silnika 81, wskutek czego silnik obracać się będzie w kierunku przeciwnym. Regulator elektronowy utrzymuje zatem mostek w równowadze w dowolnych warunkach przepływu ośrodka.

Regulator elektronowy, przedstawiony na fig. 6 i 7, posiada znacznie większą czułość, niż przekładnik stykowy lub regulator typu galwanometru, opisane powyżej, wskutek czego przez zastosowanie takiego regulatora elektronowego staje się możliwe jeszcze dalsze zmniejszenie wielkości i masy części składowych przyrządu według wynalazku, a zatem i zmniejszenie niedokładności wskazań takiego przyrządu. Na przykład przy stosowaniu galwanometru grzejnik pobierać powinien maksymalnie 150 watów a oporowe termometry należy dobrać o oporności najmniej 25 omów. W przypadku zaś stosowania elektronowego regulatora obwodu stwierdzono, że grzejnik może pobierać maksymalną moc 50 watów a termometry mogą posiadać oporności 5 omów.

Z powyższych przykładów wynika, że przyrząd daje nadzwyczaj dokładne pomiary przy dużej lub małej szybkości przepływu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przyrząd do pomiaru i regulowania szybkości przepływu ośrodka ciekłego lub gazowego, znamienny tym, że składa się z wymiennika ciepła, z którym współdziała urządzenie ogrzewające lub chłodzące i który jest wykonany w postaci przewodzącej ciepło części przewodu przepływowego, oddzielonej cieplnie od pozostałych części przewodu, z przyrządu do pomiaru temperatury ośrodka przepływającego w miejscu przed wejściem

tego ośrodka do wymiennika ciepła, z przyrządu do pomiaru temperatury ośrodka po przejściu tego ośrodka przez wymiennik ciepła oraz z urządzenia do wskazywania różnicy temperatur między wspomnianymi przyrządami do pomiaru temperatury, przy czym urządzenie ogrzewające lub ochładzające wymiennik ciepła i jeden przyrząd do pomiaru temperatury znajdują się w bezpośrednim zetknięciu z wymiennikiem ciepła.

2. Przyrząd według zastrz. 1, znamieny tym, że zawiera przewód do przepływu większej ilości ośrodka oraz przewód boczny do przepływu mniejszej ilości ośrodka, przy czym ogrzewające lub ochładzające urządzenie i jeden przyrząd do pomiaru temperatury znajdują się w bezpośrednim zetknięciu z wymiennikiem ciepła, stanowiącym część przewodu bocznego izolowanym cieplnie od pozostałych części tego przewodu bocznego.

3. Przyrząd według zastrz. 2, znamieny tym, że główny przewód jest zaopatrzony w urządzenie, ograniczające przepływ ośrodka, przystosowane do wytwarzania spadku ciśnienia w tym przewodzie w celu zmuszenia określonej ilości ośrodka do przepływu przez przewód boczny.

4. Przyrząd według zastrz. 2, znamieny tym, że główny przewód posiada część, ukształtowaną w postaci rurki Venturiego, której część najwęższa znajduje się przy wylocie przewodu bocznego (fig. 3).

5. Przyrząd według zastrz. 2, znamieny tym, że główny przewód posiada dyszę (45), ograniczającą przepływ ośrodka w celu zmuszenia określonej części ośrodka do przepływu przez przewód boczny.

6. Przyrząd według zastrz. 5, znamieny tym, że otwór lub dysza jest wykonana w przewodzie głównym przed wylotem przewodu bocznego, który również posiada dyszę (46) do ograniczania i regulowania przepływu ośrodka, wykonaną w miejscu przewodu przed wymiennikiem ciepła, przy czym wielkości otworów tych dysz są wzajemnie regulowane w celu dobrania stałego stosunku przepływu.

7. Przyrząd według zastrz. 1, znamieny tym, że posiada przyrząd do wskazywania różnicy temperatur, wycechowany w wartościach szybkości przepływu ośrodka.

8. Przyrząd według zastrz. 1, znamieny tym, że posiada przyrząd do zmiany ilości energii

elektrycznej, doprowadzanej do grzejnego lub ochładzającego urządzenia w celu utrzymywania niezmienną wartości różnicy temperatury, oraz przyrząd do wskazywania zmian ilości doprowadzanej energii w wartościach szybkości przepływu.

9. Przyrząd według zastrz. 8, znamieny tym, że przyrząd do wskazywania zmian energii w wartościach szybkości przepływu ośrodka posiada postać watomierza (54).

10. Przyrząd według zastrz. 1, znamieny tym, że urządzenie ogrzewające stanowi grzejnik elektryczny, a przyrządy do pomiaru temperatur są wykonane w postaci termometrów oporowych, tworzących dwie gałęzie mostka Wheatstona, w którego dwie pozostałe gałęzie włączone są odpowiednio dobrane oporniki.

11. Przyrząd według zastrz. 10, znamieny tym, że równoległe do mostka Wheatstona włączony jest opornik (24), wykonany z materiału o dużym dodatnim lub ujemnym współczynniku temperaturowym oporności elektrycznej (fig. 2).

12. Przyrząd według zastrz. 10, znamieny tym, że termometry oporowe, stanowiące dwie gałęzie mostku, są wykonane z materiału, posiadającego duży temperaturowy współczynnik oporności elektrycznej, oporniki zaś są wykonane z materiału, którego oporność elektryczna, praktycznie biorąc, nie zmienia się ze zmianą temperatury, przy czym w jedną gałąź, zawierającą opornik, włączone jest uzwojenie (50), wykonane z materiału o dużym współczynniku temperaturowym oporności elektrycznej i nawinięte na główny przewód lub boczny przed miejscem wejścia ośrodka do wymiennika ciepła (fig. 4).

13. Przyrząd według zastrz. 1, 10, znamieny tym, że w mostek Wheatstona włączony jest przyrząd reagujący na jakiegokolwiek nieznówowazenie mostku, przystosowany do zmiany natężenia prądu, doprowadzanego do grzejnika elektrycznego, w celu przywrócenia równowagi mostku i wykonany w postaci wskaźnika zerowego (52), automatycznie regulującego galvanometru albo elektrycznego regulatora w przypadku stosowania prądu zmiennego.

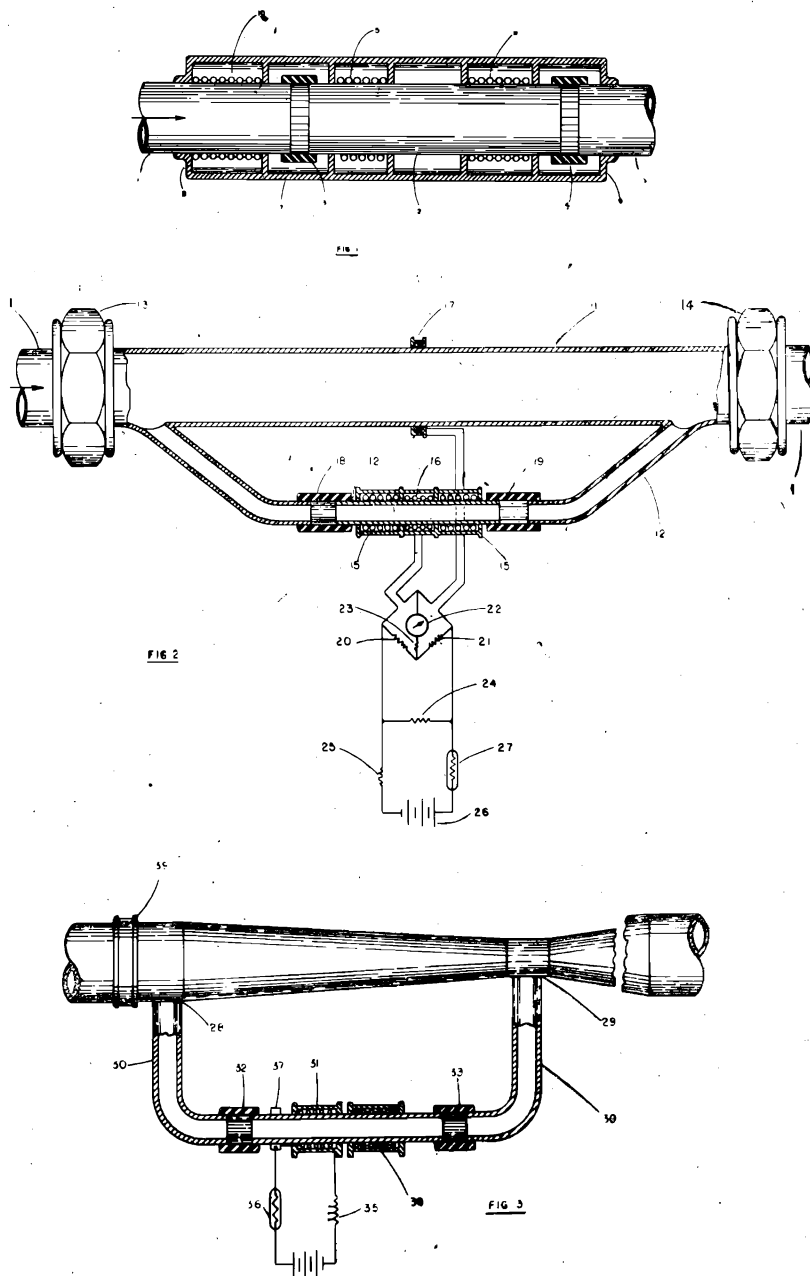
14. Przyrząd według zastrz. 1, 10, znamieny tym, że posiada licznik elektryczny, włączony do obwodu grzejnika elektrycznego i wycechowany w wartościach ilości ośrodka przepływającego.

15. Przyrząd według zastrz. 1, 10, znamienny tym, że posiada zawór (66) w przewodzie głównym do zmiany szybkości przepływu ośrodka, przy czym w mostek Wheatstona włączone jest urządzenie reagujące na jakiegokolwiek niezrównoważenie tego mostku i sterujące zaworem odpowiednio do zmiany szybkości przepływu ośrodka.

16. Przyrząd według zastrz. 15, znamienny tym, że urządzenie do nastawiania zaworu odpowiednio do zmiany szybkości przepływu ośrodka zawiera silnik, powodujący zwiększenie lub zmniejszenie otworu tego zaworu.

Charles Engelhard, Inc.

Zastępca: inż. W. Zakrzewski
rzecznik patentowy



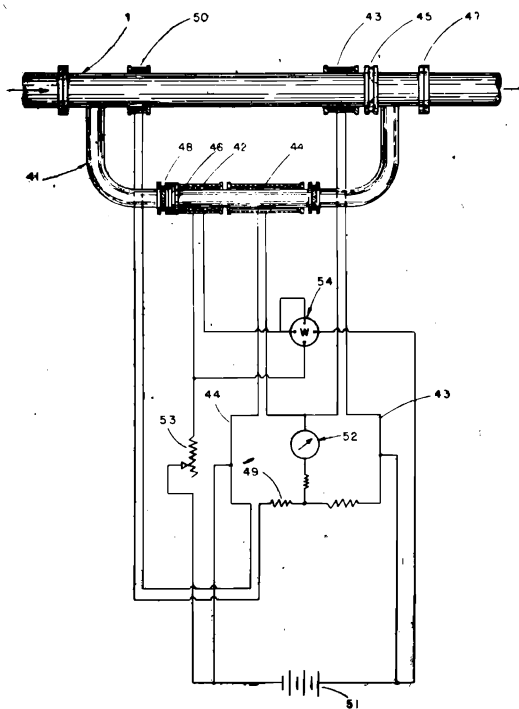


FIG. 4

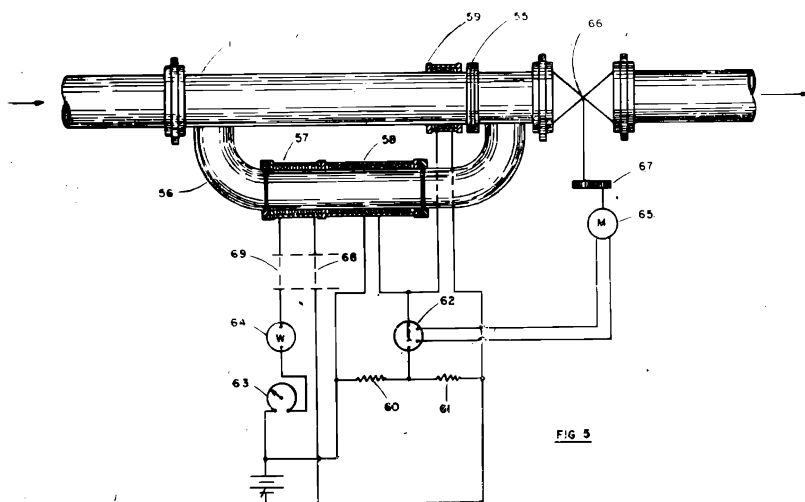


FIG. 5

