

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **209126**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **368704**

(51) Int.Cl.
G05D 7/06 (2006.01)
G01F 1/68 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **23.06.2004**

(54) **Sposób regulacji natężenia przepływu płynów i regulator natężenia przepływu płynów**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
27.12.2005 BUP 26/05

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
29.07.2011 WUP 07/11

(73) Uprawniony z patentu:
**INSTYTUT TECHNOLOGII ELEKTRONOWEJ,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:
ALINA MAGOŃSKA, Kraków, PL
ZBIGNIEW MAGOŃSKI, Kraków, PL

PL 209126 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób regulacji natężenia przepływu płynów i regulator natężenia przepływu płynów, umożliwiający zarówno kontrolę przepływu gazów, jak i cieczy o niskich temperaturach wrzenia.

We współczesnych procesach technologicznych kontrola przepływu mediów jest powszechnie stosowana. Dotyczy to w szczególności takich gałęzi wytwórczości, jak przemysł chemiczny, przemysł farmaceutyczny. Precyzyjna kontrola domieszek jest niezbędna w przemyśle elektronicznym, gdzie domieszki materiałów półprzewodnikowych są wprowadzane z fazy gazowej.

Z amerykańskiego opisu patentowego nr US 5 303 731 znany jest regulator przepływu cieczy, w którym czujnik ciśnienia mierzy różnicę ciśnień powstałą wskutek przepływu cieczy przez długą kapilarę. Obwód elektroniczny porównuje sygnał z różnicowego czujnika ciśnienia z sygnałem zadającym i odpowiednio steruje zaworem elektromagnetycznym.

Z patentu amerykańskiego nr US 5 911 238 znany jest termiczny przepływomierz oraz masowy kontroler natężenia przepływu przeznaczony do pracy z toksycznymi płynami. Przepływomierz oprócz czujnika termicznego w postaci kapilary oraz zaworu elektromagnetycznego zawiera przetworniki A/D i D/A oraz mikroprocesorowy kontroler, który linearyzuje charakterystykę czujnika przepływu oraz przechowuje dane kalibracyjne umożliwiające przeskalowanie przepływomierza dla innych płynów.

Niedogodnością rozwiązania według patentu nr US 5 303 731 jest znaczny spadek ciśnienia na kapilarze, której długość wynosi 24 cale, przy średnicy wewnętrznej 0,325 mm. Dodatkową niedogodnością jest konieczność precyzyjnej stabilizacji temperatury z uwagi na silną zależność lepkości cieczy i tym samym spadku ciśnienia na kapilarze od temperatury.

Z kolei regulatory według patentu nr US 5 911 238 nie nadają się do kontroli natężenia przepływu cieczy o niskich temperaturach wrzenia z uwagi na dość wysokie temperatury wewnątrz czujnika termicznego, wymagają stosowania układów linearyzujących charakterystykę czujnika przepływu, co z kolei utrudnia kompensację dryftów temperaturowych. Osobnym problemem jest elektromagnetyczny zawór regulacyjny, od którego wymaga się dużej liniowości i małej bezwładności, co w konsekwencji sprządza się do tego, że dla każdego typu regulatora konieczne jest bardzo staranne dobranie właściwego zaworu.

W rozwiązaniu według wynalazku wyeliminowano wymienione wady. W regulatorze przepływu płynów zastosowano znany z polskiego opisu patentowego nr 179 157 termorezystancyjny miernik natężenia przepływu zrealizowany w postaci samobalansującego się mostka termicznego, w którym grzewcze i kompensujące termorezystory umiejscowione są na wspólnym podłożu, natomiast sam mostek termiczny jest integralną częścią termicznego modulatora sigma delta.

Istota sposobu regulacji natężenia przepływu płynów polega na tym, że za pomocą układu cyfrowego dokonuje się obliczenia różnicy dostarczonych impulsów elektrycznych ze źródła zadającego i impulsów wyjściowych czujnika przepływu w postaci samobalansującego się mostka termicznego i w zależności od wyniku porównania steruje się pracą silnika krokowego, który za pośrednictwem przekładni mechanicznej dokonuje przemieszczenia elementu dławiącego w zaworze regulacyjnym. Ponadto wewnątrz czujnika przepływu, w jego obszarach pomiarowych, utrzymuje się niezmienny rozkład temperatury niezależnie od natężenia przepływu, przy czym maksymalny przyrost temperatury płynu wewnątrz czujnika jest mniejszy od 5°K.

Istota regulatora przepływu płynów według wynalazku polega na tym, że ma termiczny czujnik przepływu zrealizowany w postaci samobalansującego się mostka termicznego, przy czym sam mostek termiczny jest integralną częścią termicznego modulatora sigma delta, z którego sygnał wyjściowy doprowadzony jest do wejścia licznika rewersyjnego, podczas gdy drugie wejście licznika rewersyjnego połączone jest ze źródłem sygnału zadającego, natomiast co najmniej dwa wyjścia licznika rewersyjnego połączone są poprzez obwód logiczny z silnikiem krokowym, którego wirnik poprzez przekładnię mechaniczną łączy się z elementem dławiącym zaworu regulacyjnego.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania uwidocznił na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy regulatora przepływu płynów, a fig. 2 przedstawia stany przejściowe regulatora przepływu płynów przy dochodzeniu do zadanej wartości natężenia przepływu.

W układzie regulatora przepływu płynów czujnik przepływu 1 połączony jest z wejściem zliczającym w dół licznika rewersyjnego 2, natomiast wejście zliczające w górę połączone jest z źródłem sygnału zadającego. Wyjścia licznika rewersyjnego 2 poprzez układ logiczny 3 oraz sterownik 4 połą-

czone są z silnikiem krokowym 5. Silnik krokowy 5 poprzez przekładnię mechaniczną 6 połączony jest z ruchomym elementem dławiącym 7 zaworu regulacyjnego 8.

Regulator według wynalazku charakteryzuje się dużą szybkością reakcji na nagłe zmiany zadanej wartości przepływu. Przy nagłych zmianach wielkości zadającej regulator dochodzi do stanu ustalonego bez przesterowań. Ponieważ prędkość obrotowa silnika krokowego jest proporcjonalna do wielkości sygnału błędu w miarę zbliżania się do zadanej wartości natężenia przepływu szybkość zmiany położenia zaworu ulega zmniejszeniu. Szybkość dochodzenia regulatora do równowagi można ustalać poprzez dobór przekładni mechanicznej jak również, co jest znacznie bardziej wygodne, poprzez zmianę współczynnika podziału przez licznik rewersyjny.

Chwilową wartość natężenia przepływu podczas dochodzenia do równowagi można wyrazić jako:

$$v_p(t) = f_s(t) = K \int_0^t \frac{f_z - f_s(t)}{W_p} t \cdot dt \quad (1)$$

gdzie:

f_z - częstotliwość zadająca,

f_s - częstotliwość sygnału wyjściowego z czujnika,

W_p - współczynnik podziału ustalony przez licznik rewersyjny,

K - współczynnik normujący, określający zależność pomiędzy położeniem dławika zaworu a natężeniem przepływu wyrażonym w postaci częstotliwości.

Rozwiązaniem równania (1) jest funkcja:

$$f_s(t) = f_z - f_s \cdot \exp\left[-\frac{k \cdot t^2}{2W_p}\right] \quad (2)$$

Przebieg tej funkcji przedstawia krzywa „a” na fig. 2. Fig. 2 przedstawia także rzeczywiste, zmierzone stany przejściowe regulatora przy dochodzeniu do zadanej wartości natężenia przepływu, przy czym krzywa „b” określa stan przejściowy dla współczynnika podziału przez licznik rewersyjny równego 256, natomiast krzywa „c” określa stan przejściowy dla współczynnika podziału równego 8196.

Szybkość dochodzenia regulatora przepływu płynów do wartości zadanej może być ustalana poprzez dobór parametrów mechanicznych na przykład przekładnia śrubowa lub programowo, przez zmianę współczynnika podziału przez licznik rewersyjny. Stosunkowo niewielkie rozbieżności pomiędzy obliczonym stanem przejściowym a rzeczywistym dochodzeniem do równowagi wynikają ze znacznego oddzielenia zaworu od czujnika. Fakt, że zawór znajduje się przed czujnikiem oznacza, że nawet po zupełnym zamknięciu zaworu przez czujnik przez pewien czas przepływ będzie miał miejsce; wynika to z nieuchronnej chwilowej różnicy ciśnień pomiędzy miejscem wypływu płynu, a ciśnieniem płynu tuż za zaworem. Rozbieżności te mogą być znacznie większe, jeżeli w kanałach prowadzących płyn zagnieżdżą się gazy. Źródłem zakłóceń jest także sam zawór regulacyjny. Ruchomy element regulacyjny powoduje zmianę objętości płynu w zaworze; z tego też względu, odmiennie niż w regulatorach dla gazów, zawór regulacyjny umiejscowiono przed czujnikiem. Dzięki temu przy zamykaniu zaworu znacznie większa część płynu wypychana jest do źródła zasilającego. Tym nie mniej, podczas zamykania następuje chwilowy wzrost ciśnienia. Efekt ten uwidacznia krzywa „c” na fig. 2, gdzie impulsy domykające zawór powodują chwilowy, skokowy wzrost natężenia przepływu.

Regulacja za pośrednictwem silnika krokowego jest bardzo korzystna, ponieważ pozwala na swobodny dobór zaworów i stosunkowo niskie wymagania w stosunku do tego elementu. Jedynym wymogiem, który musi koniecznie być spełniony jest proporcjonalna zależność pomiędzy zmianą położenia elementu dławiącego przepływ, a natężeniem przepływu. Liniowość charakterystyki zaworu, aczkolwiek bardzo korzystna, nie musi być spełniona dla poprawnej pracy regulatora.

Ponieważ liniowość regulatora uzależniona jest jedynie od liniowości czujnika przepływu, jak również maksymalna szybkość reakcji regulatora na nagłe zmiany natężenia przepływu zależna jest od parametrów czujnika przepływu, realizacja regulatora nie wymaga procesu kalibracji i strojenia.

Dodatkowe korzystne cechy regulatora to możliwość pracy przy bardzo niskich różnicach ciśnień oraz niski przyrost temperatury wewnątrz czujnika < 4 °K, co umożliwia kontrolę przepływu cieczy o niskich temperaturach wrzenia, takich jak: pentan, aceton, alkohole.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób regulacji natężenia przepływu płynów, **znamienny tym**, że za pomocą układu cyfrowego dokonuje się obliczenia różnicy dostarczonych impulsów elektrycznych ze źródła zadającego i impulsów wyjściowych czujnika przepływu w postaci samobalansującego się mostka termicznego i w zależności od wyniku porównania steruje się pracą silnika krokowego, który za pośrednictwem przekładni mechanicznej dokonuje przemieszczenia elementu dławiącego zaworu regulacyjnego.

2. Sposób regulacji natężenia przepływu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wewnątrz czujnika przepływu, w jego obszarach pomiarowych, utrzymuje się niezmienny rozkład temperatury niezależnie od natężenia przepływu, przy czym maksymalny przyrost temperatury płynu wewnątrz czujnika jest mniejszy od 5°K.

3. Regulator regulacji natężenia przepływu płynów, **znamienny tym**, że ma termiczny czujnik przepływu zrealizowany w postaci samobalansującego się mostka termicznego, przy czym sam mostek termiczny jest integralną częścią termicznego modulatora sigma delta, z którego sygnał wyjściowy doprowadzony jest do wejścia licznika rewersyjnego (2), podczas gdy drugie wejście licznika rewersyjnego (2) połączone jest ze źródłem sygnału zadającego, natomiast co najmniej dwa wyjścia licznika rewersyjnego (2) połączone są poprzez obwód logiczny (3) i sterownik (4) z silnikiem krokowym (5), którego wirnik poprzez przekładnię mechaniczną (6) łączy się z elementem dławiącym (7) zaworu regulacyjnego (8).

Rysunki

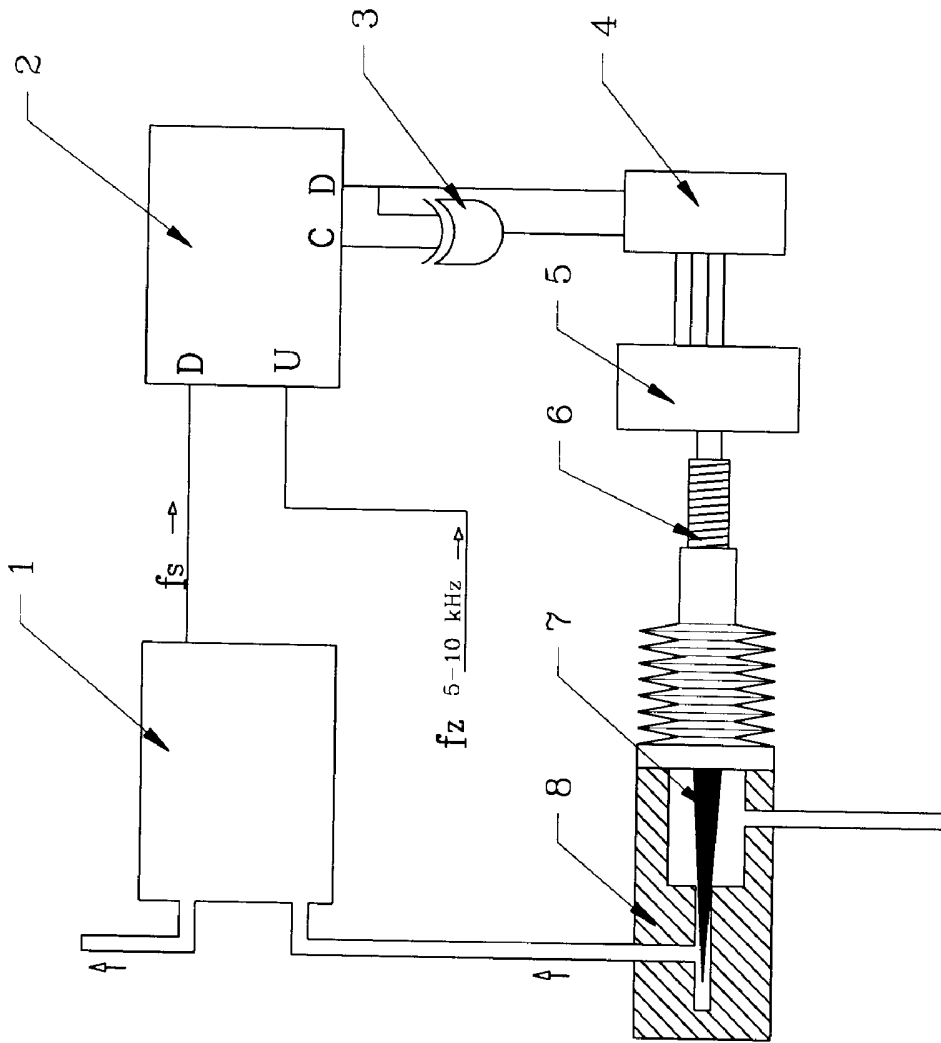


Fig. 1

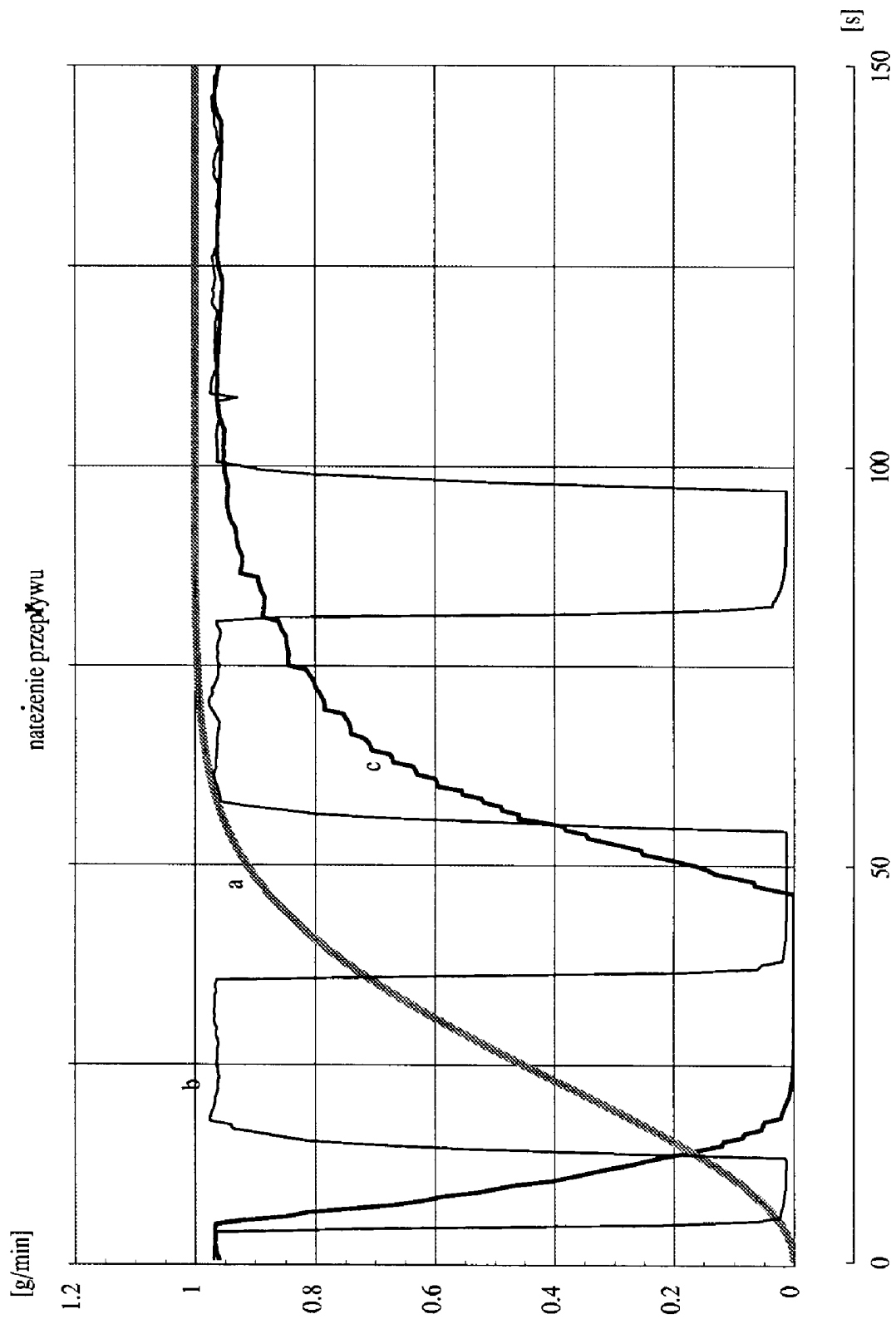


Fig. 2