

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **237429**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **428530**

(22) Data zgłoszenia: **09.01.2019**

(51) Int.Cl.

B61B 13/10 (2006.01)

F16J 15/3224 (2016.01)

F16J 15/3296 (2016.01)

(54) **Sposób uszczelniania segmentów kanału próżniowego
lub o obniżonym ciśnieniu wewnętrznym z identyfikacją uszkodzenia uszczelnienia**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
13.07.2020 BUP 15/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
19.04.2021 WUP 08/21

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
ARTUR ILUK, Wrocław, PL

PL 237429 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób uszczelniania segmentów kanału próżniowego lub o obniżonym ciśnieniu wewnętrznym wraz z identyfikacją uszkodzenia uszczelnienia przeznaczony do stosowania w kanałach o dużej średnicy, to jest średnicy liczonej w metrach i o dużych długościach, to jest długościach dochodzących do kilkudziesięciu kilometrów. Przykładowo rozwiązanie może znaleźć zastosowanie w instalacjach akceleratorów (Large Hadron Collider), w których z uwagi na izolację termiczną panuje próżnia, albo w kanałach dla kolei, w których panuje obniżone ciśnienie Hyper Loop.

W długich kanałach próżniowych, czy kanałach, w których panuje obniżone ciśnienie, istnieje potrzeba zapewnienia kompensacji rozszerzalności cieplnej materiału kanału. W znanych i powszechnie stosowanych rozwiązaniach do kompensacji rozszerzalności cieplnej i uszczelnienia połączenia stosowane są metalowe mieszki kompensacyjne łączące stalowe płaszcze sąsiednich segmentów kanału próżniowego. Wadą stosowania mieszków są bardzo wysokie koszty ich użycia. Innym sposobem uszczelniania kanałów próżniowych są uszczelnienia suwliwe, podobnego typu jak uszczelnienia stosowane w siłownikach pneumatycznych. Uszczelnienia takie wymagają bardzo dobrej jakości powierzchni, której uszkodzenie powoduje degradację uszczelnienia. Zastosowanie tego typu uszczelnienia w kanałach o dużej średnicy nie jest stosowane.

Znane są również różne rozwiązania podwójnych uszczelnień, jednak dotyczą one głównie uszczelnień ruchowych, w szczególności obrotowych, gdzie występuje przesuwanie uszczelnień względem jednej z powierzchni.

Znany jest z amerykańskiego zgłoszenia patentowego US20140261802A1 układ z podwójnymi, rozmieszczonymi koncentrycznie, uszczelkami, w którym z przestrzeni pomiędzy uszczelkami odpompowywane jest powietrze w celu dociśnięcia powierzchni uszczelnianych do siebie. Rozwiązanie nie nadaje się do kompensacji rozszerzalności termicznej.

Celem według wynalazku jest niezależnie, podwójnie uszczelnienie szczeliny dylatacyjnej pomiędzy segmentami kanału, w którym uszkodzenie jednego z dwóch uszczelnień nie powoduje rozszczelnienia kanału, przy czym w przypadku awarii rozwiązanie ma generować sygnał informujący o tym, które uszczelnienie zostało uszkodzone.

Sposób uszczelniania segmentów kanału próżniowego lub o obniżonym ciśnieniu wewnętrznym z identyfikacją uszkodzenia uszczelnienia **według wynalazku charakteryzuje się tym, iż** w szczelinie dylatacyjnej pomiędzy dwoma zestawionymi ze sobą segmentami tworzącymi kanał, w którym segmenty względem siebie mogą przemieszczać się tylko w osi kanału, umieszcza się pierścieniową uszczelkę wewnętrzną oraz otaczającą ją, zasadniczo koncentrycznie, pierścieniową uszczelkę zewnętrzną, które w szczelinie dylatacyjnej zapiera się o odchodzące od segmentów kołnierze zewnętrzne, kolejno pomiędzy pierścieniowymi uszczelkami pneumatycznymi tworzy się komorę pomiarową, w której dla ustalonej wielkości szczeliny dylatacyjnej wytwarza się ciśnienie nominalne o wartości pośredniej pomiędzy wartością ciśnienia wewnątrz kanału a wartością ciśnienia w jego zewnętrznym otoczeniu, przy czym wielkość ciśnienia nominalnego ustala się na poziomie, przy którym przy minimalnej szerokości szczeliny dylatacyjnej ciśnienie w komorze pomiarowej będzie niższe do ciśnienia otoczenia zewnętrznego kanału, następnie, dla identyfikacji uszkodzenia uszczelnienia, przy użyciu czujników stale monitoruje się poziom ciśnienia w komorze pomiarowej i aktualną szerokość szczeliny dylatacyjnej, dla której na podstawie ciśnienia nominalnego i odpowiadającej mu szerokości szczeliny dylatacyjnej oblicza się objętość komory pomiarowej oraz ciśnienie oczekiwane, przy czym dla aktualnej zmierzonej szerokości szczeliny dylatacyjnej odnotowanie, wskazaniem pomiarowym, większej wartości ciśnienia w komorze pomiarowej od wartości obliczonego ciśnienia oczekiwanego dla tej szerokości szczeliny dylatacyjnej informuje o uszkodzeniu uszczelki zewnętrznej uszczelnienia, a odnotowanie wartości mniejszej informuje o uszkodzeniu uszczelki wewnętrznej uszczelnienia.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest, iż po otrzymaniu sygnału o nieszczelności uszkodzone uszczelnienie może zostać wymienione odpowiednio od wewnątrz lub od zewnątrz podczas krótkiego postoju systemu, który nie wiąże się z utratą próżni wewnętrznej lub panującego w nim obniżonego ciśnienia i koniecznością kosztownego i czasochłonnego odpompowania całego kanału.

Przedmiot wynalazku został ukazany na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia w przekroju szczelinę dylatacyjną pomiędzy segmentami wraz z uszczelnieniem przy maksymalnej szerokości szczeliny dylatacyjnej, fig. 2 przedstawia w przekroju szczelinę dylatacyjną pomiędzy segmentami wraz z uszczelnieniem przy minimalnej szerokości szczeliny dylatacyjnej, fig. 3 – wykres obrazujący przykładową zmianę temperatury T kanału i szerokości C szczeliny dylatacyjnej w cyklach dobowych, fig. 4 – wykres

obrazujący przebiegi ciśnień w przypadkach uszkodzenia uszczelnienia wewnętrznego (p_{leak_in}) i zewnętrznego (p_{leak_out}), a fig. 5 – schemat układu kontrolno-pomiarowego.

Sposób uszczelniania segmentów kanału próżniowego lub o obniżonym ciśnieniu wewnętrznym z identyfikacją uszkodzenia uszczelnienia w przykładzie realizacji według wynalazku polega na tym, iż w szczelinie dylatacyjnej pomiędzy dwoma kolejno zestawionymi ze sobą segmentami 1, 2 tworzącymi kanał, w którym segmenty 1, 2 względem siebie mogą przemieszczać się tylko w osi kanału, umieszcza się pierścieniową uszczelkę pneumatyczną 3 wewnętrzną oraz otaczającą ją, zasadniczo koncentrycznie, pierścieniową uszczelkę pneumatyczną 4 zewnętrzną, które po napompowaniu w szczelinie dylatacyjnej zapierają się o naprzeciwległe, prostopadłe do osi kanału powierzchnie, otaczających segmenty 1, 2, kołnierzy zewnętrznych 1a, 2a. Przemieszczanie się segmentów 1, 2 względem siebie tylko w osi kanału tworzy się poprzez wbudowanie w szczeliny dylatacyjne pomiędzy segmentami 1, 2 zamków kształtowych, w postaci zamocowanych do jednego segmentu 1 współosiowych do osi kanału co najmniej trzech, obwodowo rozmieszczonych sworzni 1b, a do segmentu 2 drugiego tulei 2b, w których sworznie 1b prowadzone są współosiowo do osi kanału. Powyższa konstrukcja zamka pozwala na swobodne rozszerzanie i kurczenie się segmentów 1, 2 pod wpływem zmian temperatury. Pierścieniowe uszczelki pneumatyczne 3, 4 mogą mieć postać elastomerowych rur zbrojonych tkaninami z wysokowytrzymałych włókien. Z dostępnych na rynku tego typu uszczelnień dobiera się takie, których ciśnienie wewnętrzne zagwarantuje docisk do kołnierzy zewnętrznych 1a, 2a i zapewni pożądany poziom szczelności. W rozwiązaniu każda z dwóch uszczelki pneumatycznych 3, 4 ma utrzymać ciśnienie zewnętrzne co najmniej jednego bara. Pomiedzy pierścieniowymi uszczelkami pneumatycznymi 3, 4 tworzy się komorę pomiarową 5 (monitorowaną przestrzeń), w której dla ustalonej szerokości C szczeliny dylatacyjnej wytwarza się z użyciem portu 6 do pompowania ciśnienie nominalne o wartości pośredniej pomiędzy wartością ciśnienia wewnątrz kanału a wartością ciśnienia w jego zewnętrznym otoczeniu. Ciśnienie nominalne wyznacza się (ustala się) dla średniej szerokości C szczeliny dylatacyjnej, czyli szerokości C szczeliny przy średniej temperaturze otoczenia z zakresu możliwych podczas eksploatacji. Przykładowo, przy ciśnieniu zewnętrznym wynoszącym 1 bar (ciśnienie atmosferyczne), ciśnieniu wewnątrz kanału 1 milibar, ciśnienie nominalne poprzez odpompowanie powietrza z komory pomiarowej 5 można ustalić na poziomie 0,5 bara. Wartość ciśnienia w komorze pomiarowej 5 zmienia się wraz ze zmianą szerokości C szczeliny dylatacyjnej, która zmienia się wraz z temperaturą kanału. Wyższa temperatura kanału powoduje zmniejszenie szerokości C szczeliny dylatacyjnej, a tym samym wzrost ciśnienia. Następnie, dla identyfikacji uszkodzenia uszczelnienia, przy użyciu czujnika ciśnienia 6 podłączonego do portu stale monitoruje się poziom ciśnienia w komorze pomiarowej 5 oraz stale monitoruje się aktualną szerokość C szczeliny dylatacyjnej, dla której, na podstawie ciśnienia nominalnego i odpowiadającej mu szerokości C szczeliny dylatacyjnej, oblicza się objętość komory pomiarowej 5 oraz ciśnienie oczekiwane. Objętość komory pomiarowej 5, a tym samym panujące w niej ciśnienie, zmienia się wraz ze zmianą szerokości C szczeliny dylatacyjnej. Aktualną szerokość C szczeliny dylatacyjnej automatycznie mierzy się w co najmniej trzech punktach na obwodzie połączenia, z użyciem na przykład czujników indukcyjnych 7. Dla aktualnej, zmierzonej szerokości C szczeliny dylatacyjnej, odnotowanie sygnałem pomiarowym większej wartości ciśnienia w komorze pomiarowej 5 od wartości obliczonego ciśnienia oczekiwanego dla tej szerokości C szczeliny dylatacyjnej informuje o uszkodzeniu uszczelki pneumatycznej 4 zewnętrznej uszczelnienia (wlot powietrza atmosferycznego), a odnotowanie wartości mniejszej informuje o uszkodzeniu uszczelki pneumatycznej 3 wewnętrznej uszczelnienia (ucieczka powietrza do wnętrza kanału). Dla prawidłowego działania identyfikacji uszkodzenia jednej z uszczelki pneumatycznych 3, 4 warunkiem jest, iż wielkość ustalanego ciśnienia nominalnego dla danej zakładanej szerokości C szczeliny dylatacyjnej/objętości komory pomiarowej 5 dobiera się na poziomie, przy którym przy minimalnej szerokości C szczeliny dylatacyjnej wartość ciśnienia w komorze pomiarowej 5 jest znacząco niższa – to jest przykładowo niższa o 20% od ciśnienia otoczenia zewnętrznego kanału. Uszkodzenie jednej z uszczelki pneumatycznych 3, 4 nie powoduje rozszczelnienia kanału, ponieważ oba uszczelnienia są zdolne samodzielnie utrzymać ciśnienie 1 bar. Zmiany ciśnienia w przestrzeni pomiędzy uszczelnieniami spowodowane rozszerzalnością cieplną segmentów 1, 2 kanału są kompensowane poprzez jednoczesny pomiar aktualnej temperatury oraz szerokości C szczeliny dylatacyjnej czujnikami indukcyjnymi 7. Powietrze z komory pomiarowej 5 można odpompowywać za pomocą pompy próżniowej. Sygnały z czujników indukcyjnych 7 mierzących szerokość C szczeliny dylatacyjnej oraz sygnał z czujnika ciśnienia 6 przesyła się do monitorującej uszczelnienie jednostki kontrolno-pomiarowej. Dodatkowo, w celu uzyskania dodatkowego źródła informacji i wcześniejszego wykrycia uszkodzenia można monitorować ciśnienie

w uszczelkach pneumatycznych 3, 4 za pomocą dodatkowych czujników ciśnienia podłączonych do portów 8 pompowania uszczelki pneumatycznych 3, 4. Znaczący spadek ciśnienia w uszczelce pneumatycznej 3, 4 może nastąpić przed utratą szczelności i jego wykrycie przez jednostkę kontrolno-pomiarową umożliwia szybsze wykrycie awarii.

Na fig. 3 i fig. 4 pokazano rzeczywiste zmiany ciśnienia, temperatury oraz szerokości szczeliny dylatacyjnej dla kanału o średnicy 4 m, długości segmentu 15 m, nominalnej szerokości szczeliny dylatacyjnej 15 mm i amplitudzie wahań temperatury ± 10 stopni Celsjusza, i nieszczelności na poziomie 0,05 L/h.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób uszczelniania segmentów kanału próżniowego lub o obniżonym ciśnieniu wewnętrznym z identyfikacją uszkodzenia uszczelnienia, **znamienny tym**, że w szczelinie dylatacyjnej pomiędzy dwoma zestawionymi ze sobą segmentami (1, 2) tworzącymi kanał, w którym segmenty (1, 2) względem siebie mogą przemieszczać się tylko w osi kanału, umieszcza się pierścieniową uszczelkę pneumatyczną (3) wewnętrzną oraz otaczającą ją, zasadniczo koncentrycznie, pierścieniową uszczelkę pneumatyczną (4) zewnętrzną, które w szczelinie dylatacyjnej zapiera się o odchodzące od segmentów (1, 2) kołnierze zewnętrzne (1a, 2a), kolejno pomiędzy pierścieniowymi uszczelkami pneumatycznymi (3, 4) tworzy się komorę pomiarową (5), w której dla ustalonej szerokości (C) szczeliny dylatacyjnej wytwarza się ciśnienie nominalne o wartości pośredniej pomiędzy wartością ciśnienia wewnątrz kanału a wartością ciśnienia w jego zewnętrznym otoczeniu, przy czym wielkość ciśnienia nominalnego ustala się na poziomie, przy którym przy całkowitym zamknięciu szczeliny dylatacyjnej ciśnienie w komorze pomiarowej (5) będzie niższe do ciśnienia otoczenia zewnętrznego kanału, następnie, dla identyfikacji uszkodzenia uszczelnienia, przy użyciu czujników (6, 7) stale monitoruje się poziom ciśnienia w komorze pomiarowej (5) i aktualną szerokość (C) szczeliny dylatacyjnej, dla której na podstawie ciśnienia nominalnego i odpowiadającej mu szerokości (C) szczeliny dylatacyjnej oblicza się objętość komory pomiarowej (5) oraz ciśnienie oczekiwane, przy czym dla aktualnej zmierzonej szerokości (C) szczeliny dylatacyjnej odnotowanie, wskazaniem pomiarowym, większej wartości ciśnienia w komorze pomiarowej (5) od wartości obliczonego ciśnienia oczekiwanego dla tej szerokości (C) szczeliny dylatacyjnej informuje o uszkodzeniu uszczelki pneumatycznej (4) zewnętrznej uszczelnienia, a odnotowanie wartości mniejszej informuje o uszkodzeniu uszczelki pneumatycznej (3) wewnętrznej uszczelnienia.

Rysunki

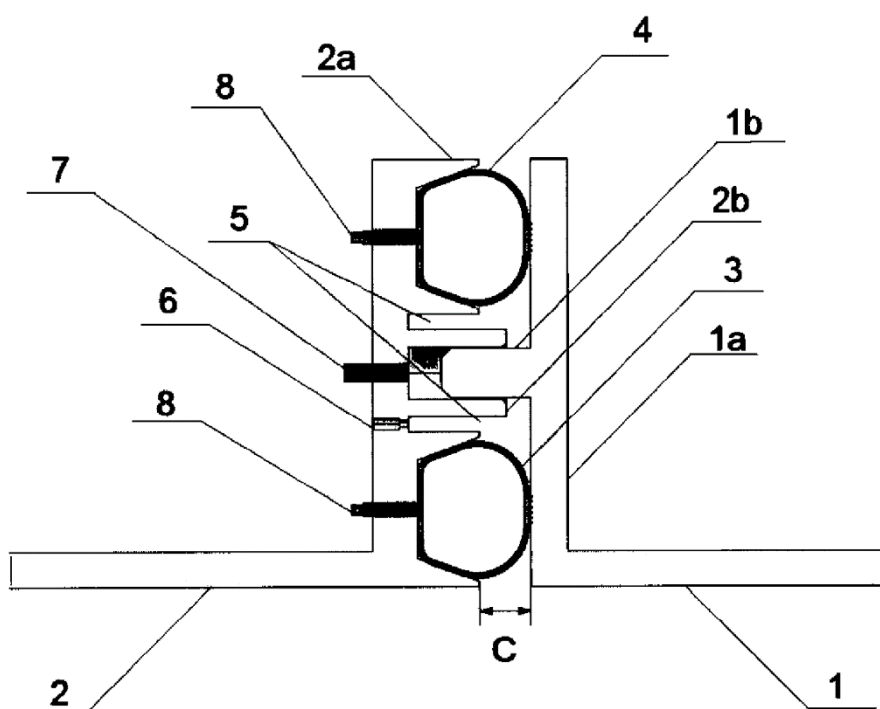


Fig. 1

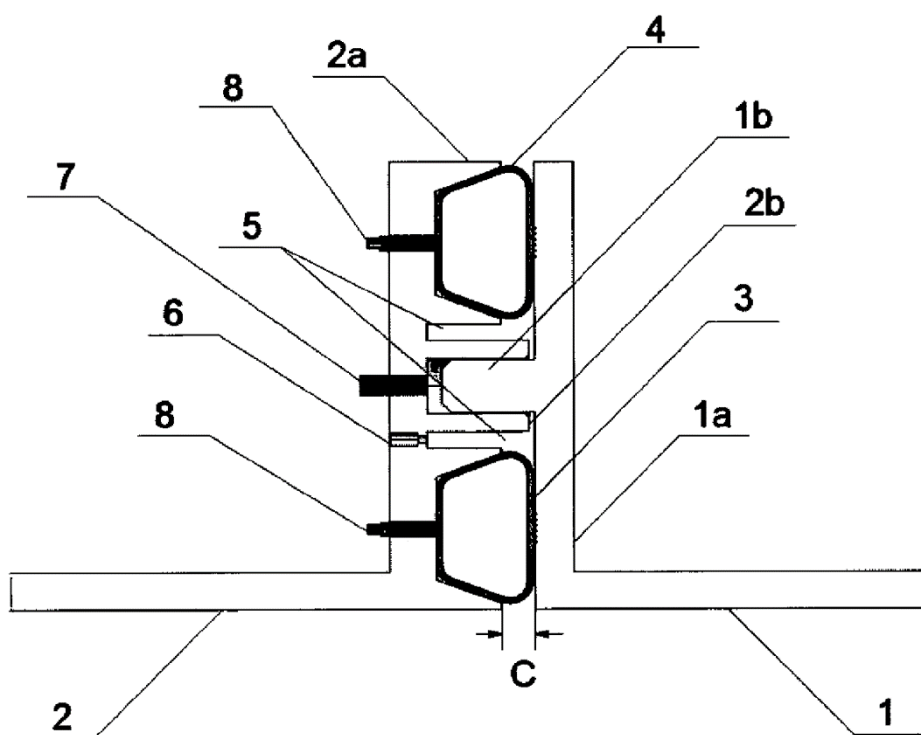


Fig. 2

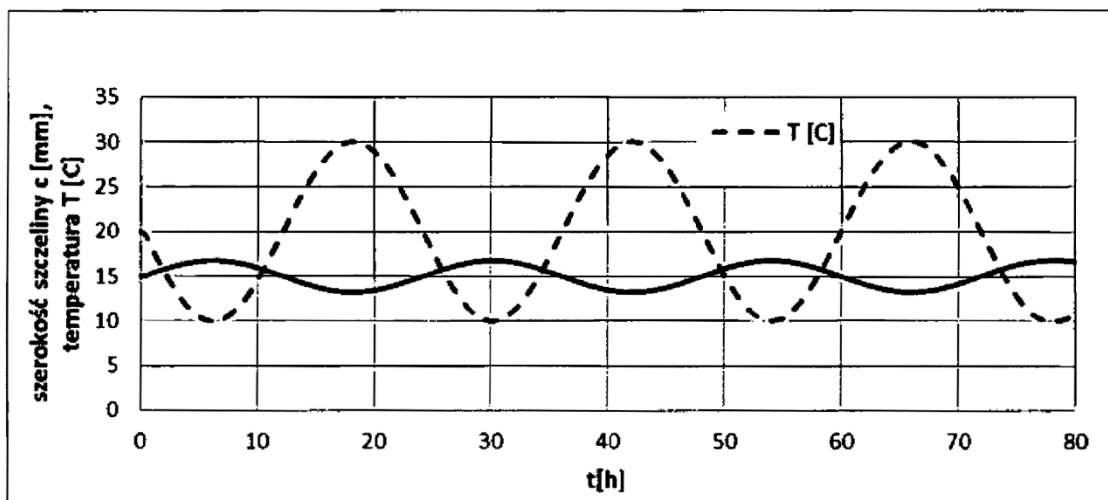


Fig. 3

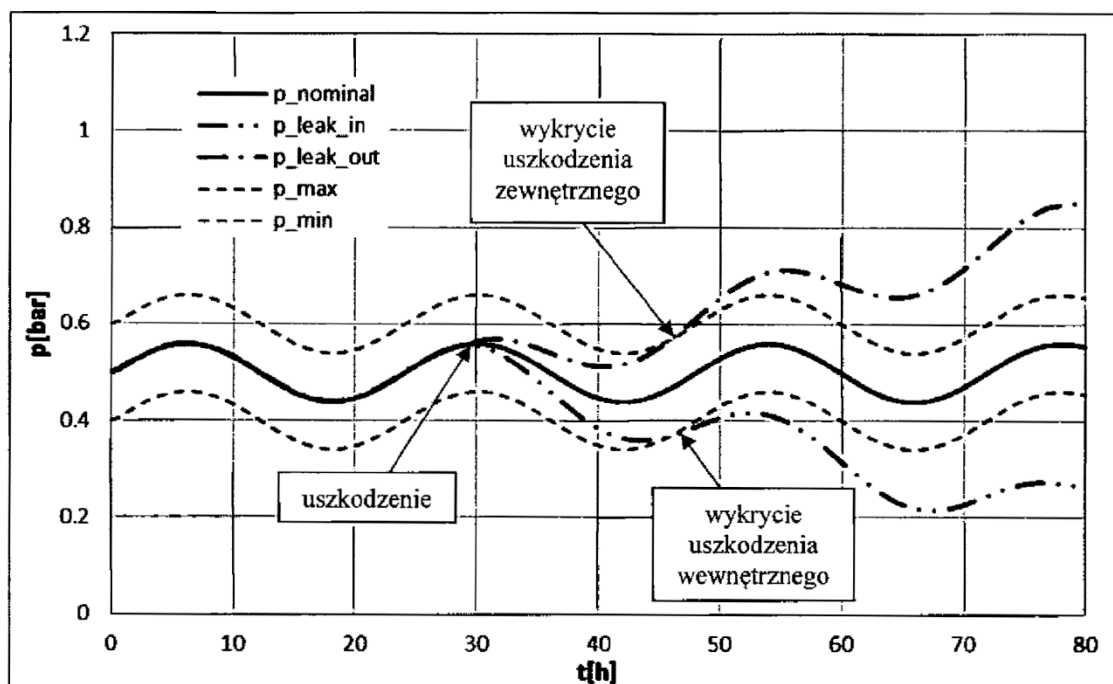


Fig. 4

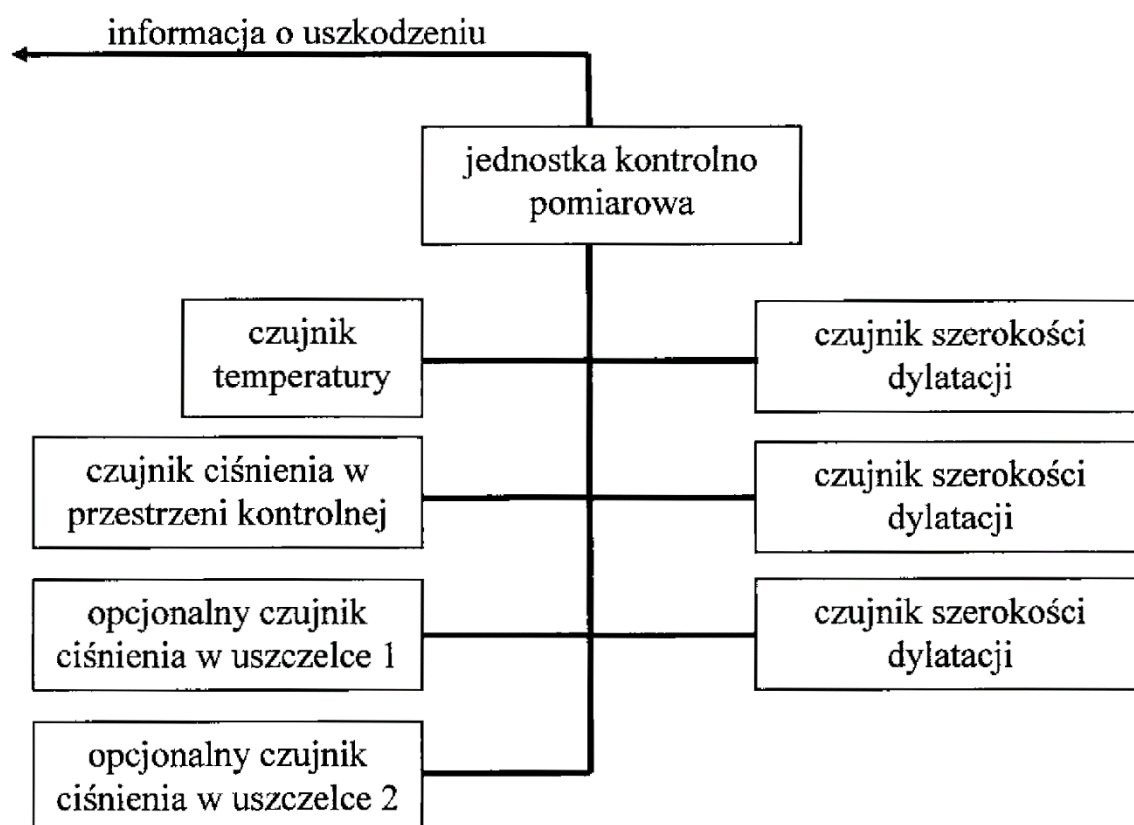


Fig. 5