

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **227671**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **417021**

(22) Data zgłoszenia: **28.04.2016**

(51) Int.Cl.
G01K 13/00 (2006.01)
G01K 11/32 (2006.01)
G01L 1/24 (2006.01)
G01B 11/16 (2006.01)
H02G 1/02 (2006.01)

(54) **Układ opto-mechaniczny do pomiaru temperatury oraz wydłużenia przewodu
napowietrznej linii elektroenergetycznej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
05.06.2017 BUP 12/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.01.2018 WUP 01/18

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
ALEKSANDER KISAŁA, Lublin, PL
PIOTR KACEJKO, Lublin, PL
PIOTR KISAŁA, Lublin, PL

(74) Pełnomocnik:
recz. pat. Tomasz Milczek

PL 227671 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ do pomiaru temperatury i wydłużenia przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej w systemie monitoringu ciągłego. W układzie zostaje wykorzystany zestaw elementów do nieinwazyjnego mocowania na przewodzie linii napowietrznej światłowodowego czujnika mierzącego równocześnie obydwie wielkości, temperaturę i wydłużenie, całkowicie nieczułego na istniejące pole elektromagnetyczne oraz warunki środowiskowe. Na podstawie liniowej zależności pomiędzy wydłużeniem, temperaturą i napięciem przewodu, wynikiem pomiaru jest również napięcie.

Śledzenie temperatury i napięcia przewodów napowietrznych linii energetycznych jest elementem ciągłego nadzoru ich stanu ze względów bezpieczeństwa. Temperatura przewodu, wraz z aktualną wartością prądu płynącego linią oraz warunkami pogodowymi decydującymi o chłodzeniu przewodu, takimi jak kierunek wiatru, temperatura otoczenia, pozwala na określenie aktualnej dopuszczalnej obciążalności prądowej przewodu, zwanej obciążalnością dynamiczną. Utrzymanie wartości przepływającego prądu poniżej wartości dopuszczalnej, gwarantuje utrzymanie przewodów wysokiego napięcia w bezpiecznej odległości od obiektów znajdujących się pod linią. Podejście dynamiczne, czyli wyznaczenie dopuszczalnej obciążalności w trybie on-line pozwala na pełne wykorzystanie możliwości przesyłowych linii i jej bezpieczną eksploatację także w ekstremalnych warunkach pogodowych, gdy przepływ prądu powinien być ograniczony. Bezpieczna praca linii elektroenergetycznej polega również na utrzymaniu na granicy bezpieczeństwa napięcia przewodów, które może ulec znacznemu zwiększeniu w warunkach znacznego obniżenia temperatury, oblodzenia oraz parcia wiatru. Monitoring napięcia wiąże się także z możliwością wyznaczania zwisów przewodu.

Dotychczas znane układy pozwalają na wykonywanie pomiarów temperatury i napięcia przewodu linii elektroenergetycznej, tym samym umożliwiają prowadzenie ciągłego monitoringu jej stanu, ale wykorzystują metody pomiarowe wrażliwe na wpływ pól elektromagnetycznych oraz innych czynników zewnętrznych, jak też wymagają naruszenia struktury konstrukcji linii podlegającej monitoringowi.

Z kanadyjskiego zgłoszenia patentowego CA2878674 znany jest sposób oraz układ do monitoringu linii energetycznej polegający na oznaczeniu tzw. punktów charakterystycznych na badanym odcinku linii, a następnie pomiarze przesunięć tych punktów. W ten sposób metodą pośrednią można wyznaczyć zwis przewodu energetycznego. Taki układ jest jednak narażony na wpływ pola elektromagnetycznego, co może wpływać na dokładność pomiaru.

Znane są również układy do monitoringu ciągłego napięcia linii energetycznej szczególnie wykorzystujące czujniki oparte na światłowodowych siatkach Bragga z chińskiego wzoru użytkowego nr CN203011591. Rozwiązanie wykorzystuje element, który podlega deformacji, ale jego konstrukcja powoduje, że sygnał odbierany z siatki Bragga jest czuły na temperaturę, przez co wpływa ona na wynik pomiaru wydłużenia linii. Ponadto montaż elementu układu konstrukcyjnego powoduje ingerencję w przewód energetyczny.

Z chińskiego opisu patentowego nr CN102768183 znany jest układ i metoda monitoringu stopnia zanieczyszczeń linii energetycznej w trybie on-line, wykorzystująca światłowodowe siatki Bragga. Poprzez pomiar sygnału pochodzącego ze światłowodu z siatkami Bragga wyznacza się stężenie soli i zawartości pyłu na izolatorach. Dwie siatki Bragga służą jako elementy pomiarowe zanieczyszczeń. Zastosowanie dodatkowej kompensacyjnej siatki Bragga pozwala na uniezależnienie się od wpływu wilgotności i temperatury.

Z chińskiego opisu zgłoszeniowego nr CN103928170 znany jest inteligentny układ monitoringu zmian napięcia w linii energetycznej. Wewnątrz przewodu linii umieszcza się włókno optyczne z zapisanymi siatkami światłowodowymi. Włókno umieszczone jest w centralnej części przewodu a siatki światłowodowe rozmieszczone równomiernie na długości włókna, co 300–500 metrów, umożliwiając punktowy pomiar napięcia.

Amerykański system CAT-1 chroniony patentami US5235861, US5517864, US5918288 polega na tensometrycznym pomiarze napięcia przewodu poprzez wprowadzenie dynamometru pomiędzy konstrukcję wsporczą a izolator odciągowy, co wymaga jednak istotnej ingerencji w konstrukcję linii.

Istnieje także metoda pomiaru bezpośredniego temperatury przewodu przy wykorzystaniu włókna światłowodowego. Metoda ta pozwala na pomiar temperatury wzdłuż całej długości linii. Pomiar dokonywany jest przy wykorzystaniu metody DTS – ang. Distributed Temperature Sensing, przy pomocy komercyjnie dostępnego systemu RAMAN-OTDR – ang. Optical Time Domain Reflecto-

metry. Metoda ta wymaga jednak zastosowania specjalnego przewodu z włóknem światłowodowym na całej długości linii.

Celem wynalazku jest umożliwienie monitorowania stanu linii oraz dokonywania pomiarów temperatury, wydłużenia oraz naprężenia przewodów napowietrznych linii elektroenergetycznych, w sposób pozbawiony wpływu temperatury otoczenia, wpływu pola elektromagnetycznego oraz wpływu innych czynników zewnętrznych poprzez zastosowanie czujnika światłowodowego z siatką Bragga, zainstalowanego na specjalnie dostosowanym układzie, osadzonego bezinwazyjnie bezpośrednio na przewodzie linii.

Istotą układu opto-mechanicznego pomiaru temperatury oraz wydłużenia przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej i na nim mocowanego zestawu, w skład którego wchodzi: dzielone tuleje zaciskowe dolna i górna, śruby i podkładki, siatka Bragga na płytce kontrolnej, światłowód jednomodowy, złączka optyczna, osłona, źródło światła, sprzęgacz optyczny i analizator widma optycznego według wynalazku jest to, że osadzony jest on bezinwazyjnie, bezpośrednio na monitorowanym przęśle linii, jako tuleje dzielone oraz części składowe połączone śrubami oraz wkładkami rowkowanymi, płytką kontrolną, zaś na płytce kontrolnej przymocowany jest fotoczuły światłowód jednomodowy, na końcu którego zapisana jest siatka Bragga, która poprzez złączkę optyczną jest połączona światłowodem jednomodowym ze sprzęgaczem optycznym, zaś do sprzęgacza optycznego podłączone jest źródło światła i analizator widma optycznego. Kontrolna płytka o wymiarach: długość 100–1000 mm, korzystnie 300 mm, szerokość 10–30 mm, grubość 0,2–2,0 mm, korzystnie 0,5 mm, ma dodatkowo ukształtowany odcinek pomiarowy o brzegach nierównoległych, na którym po przymocowaniu fotoczułego światłowodu jednomodowego z zapisaną siatką Bragga powstaje czujnik wydłużenia oraz równocześnie czujnik temperatury.

Korzystnym skutkiem zastosowania układu opto-mechanicznego do pomiaru naprężenia przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej jest to, że raz rozlokowane czujniki mogą przekazywać sygnały prezentujące zawsze aktualną wielkość temperatury i wydłużenia, pozwalającą na ustalanie aktualnego stanu monitorowanej linii. System mocowania punktów pomiarowych przeznaczony jest do nieokreślonego czasu użytkowania, co ma kluczowe znaczenie ekonomiczne. Ponadto konstrukcja układu zapewnia stabilność jego elementów na linii bez jakichkolwiek ujemnych skutków dla jej wytrzymałości, głównie z powodu bezinwazyjnego sposobu mocowania. W przypadku wystąpienia ewentualnych uszkodzeń delikatnych elementów układu czujnikowego istnieje możliwość ich wymiany na nowe, o tych samych parametrach. Niezmiernie istotną cechą wynalazku jest uniezależnienie pomiarów od wpływu temperatury zewnętrznej i nieuniknionego pola elektromagnetycznego w miejscu pomiaru, co zostaje osiągnięte poprzez połączenie światłowodu z siatką Bragga z odpowiednio ukształtowaną płytką kontrolną.

Przedmiot wynalazku w przykładach wykonania został przedstawiony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok z boku układu opto-mechanicznego pomiaru temperatury wydłużenia przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej, fig. 2 – widok z góry układu opto-mechanicznego pomiaru temperatury i wydłużenia przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej, fig. 3 – układ opto-mechaniczny pomiaru temperatury i wydłużenia przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej – przekrój A-A z fig. 2, fig. 4 – schemat sposobu pomiaru temperatury i wydłużenia przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej.

Układ opto-mechaniczny mocowany jest bezpośrednio na przewodzie linii 1, a stanowią go dwie dzielone tuleje jako połówki 2 dolne i połówki 3 górne, skręcone ze sobą śrubami 4 obejmując przewód linii, ale pozostawiając dystans-szczelinę S pomiędzy nimi. Gniazda obu górnych połówek 3, wypełniają rowkowane, utwardzone wkładki 5, na których leży określonej długości kontrolna płytka 6 o zdefiniowanym kształcie przewężenia, w strefie którego naklejona została odpowiednio siatka 7 Bragga, zapisana na jednomodowym światłowodzie 8, zakończonym wtyczką do złączki 9. Grube osłonowe nakładki 10, pozwalają poprzez docisk śrubami 11 na właściwe mocowanie kontrolnej płytki 6 na obu tulejach dzielonych, a kanalikiem przeprowadzić światłowód 12 jednomodowy, doprowadzający światło i odprowadzający sygnał od złączki 9 optycznej, jednocześnie pełniąc rolę wsporników do mocowania złączki 9 i zamocowania osłony 13 za pomocą śrub 14 z podkładkami 15 – wszystko w sposób zapewniający swobodne naprężanie i wydłużanie układu pomiarowego.

Światło ze źródła 17 w postaci diody sperluminescencyjnej zostaje wprowadzane poprzez światłowód 12 jednomodowy do sprzęgacza 18 optycznego oraz wprowadzane do siatki 7 Bragga zapisanej na fotoczułym światłowodzie 8, naklejonym na płytce 6 kontrolną, przytwierdzoną do górnych połówek 3 obu tulei dzielonych zamocowanych na przewodzie linii 1, którego wydłużanie się powoduje

oddalanie się tulei dzielonych i wzrost naprężenia płytki 6 kontrolnej oraz monotonicznie zmienne wydłużanie jej odcinka pomiarowego o brzegach nierównoległych z naklejoną tam siatką 7 Bragga, od której tak odkształconej, odbity pomiarowy sygnał optyczny, kierowany z powrotem fotoczułym światłowodem 8 i światłowodową złączką 9 do sprzęgacza 18 optycznego, dociera do analizatora 19 widma optycznego, gdzie zostaje zmierzony.

Wykaz oznaczeń

1. Linia elektroenergetyczna
2. Tuleją zaciskowa dzielona – część dolna
3. Tuleją zaciskowa dzielona – część górna
4. Śruby łączące części dolne i górne tulei
5. Wkładki rowkowane
6. Płytką kontrolną
7. Siatka Bragga
8. Fotoczułe włókno światłowodowe
9. Złączka optyczna
10. Nakładki osłonowe
11. Śruby mocujące płytkę kontrolną
12. Światłowód jednomodowy
13. Osłona
14. Śruby mocujące osłonę
15. Podkładka płaska d6
16. Źródło światła
17. Sprzęgacz optyczny
18. Analizator widma optycznego
- S. Szczelina

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ opto-mechaniczny do pomiaru temperatury i wydłużenia przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej i na nim mocowany zestaw, w skład którego wchodzi; dzielone tuleje zaciskowe dolna i górna, śruby i podkładki, siatka Bragga na płytce kontrolnej, światłowody jednomodowe, złączka optyczna, osłona, źródło światła, sprzęgacz optyczny i analizator widma optycznego, **znamienny tym**, że osadzony jest bezinwazyjnie, bezpośrednio na monitorowanym przewodzie (1) jako tuleje dzielone o częściach składowych (2) i (3) połączone śrubami (4) oraz wkładkami (5) rowkowanymi, płytką (6) kontrolną, zaś na płytce (6) kontrolnej przymocowany jest fotoczuły światłowód (8) jednomodowy, na końcu którego zapisana jest siatka (7) Bragga, która poprzez złączkę (9) optyczną jest połączona światłowodem (12) jednomodowym ze sprzęgaczem (18) optycznym, zaś do sprzęgacza (18) optycznego podłączone jest źródło (17) światła i analizator (19) widma optycznego.
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kontrolna płytką (6), o wymiarach: długość 100–1000 mm, korzystnie 300 mm, szerokość 10–30 mm, grubość 0,2–2,0 mm, korzystnie 0,5 mm, posiada dodatkowo ukształtowany odcinek pomiarowy o brzegach nierównoległych, na którym po przymocowaniu fotoczułego światłowodu (8) jednomodowego z zapisaną siatką (7) Bragga powstaje czujnik wydłużenia oraz równocześnie czujnik temperatury.

Rysunki

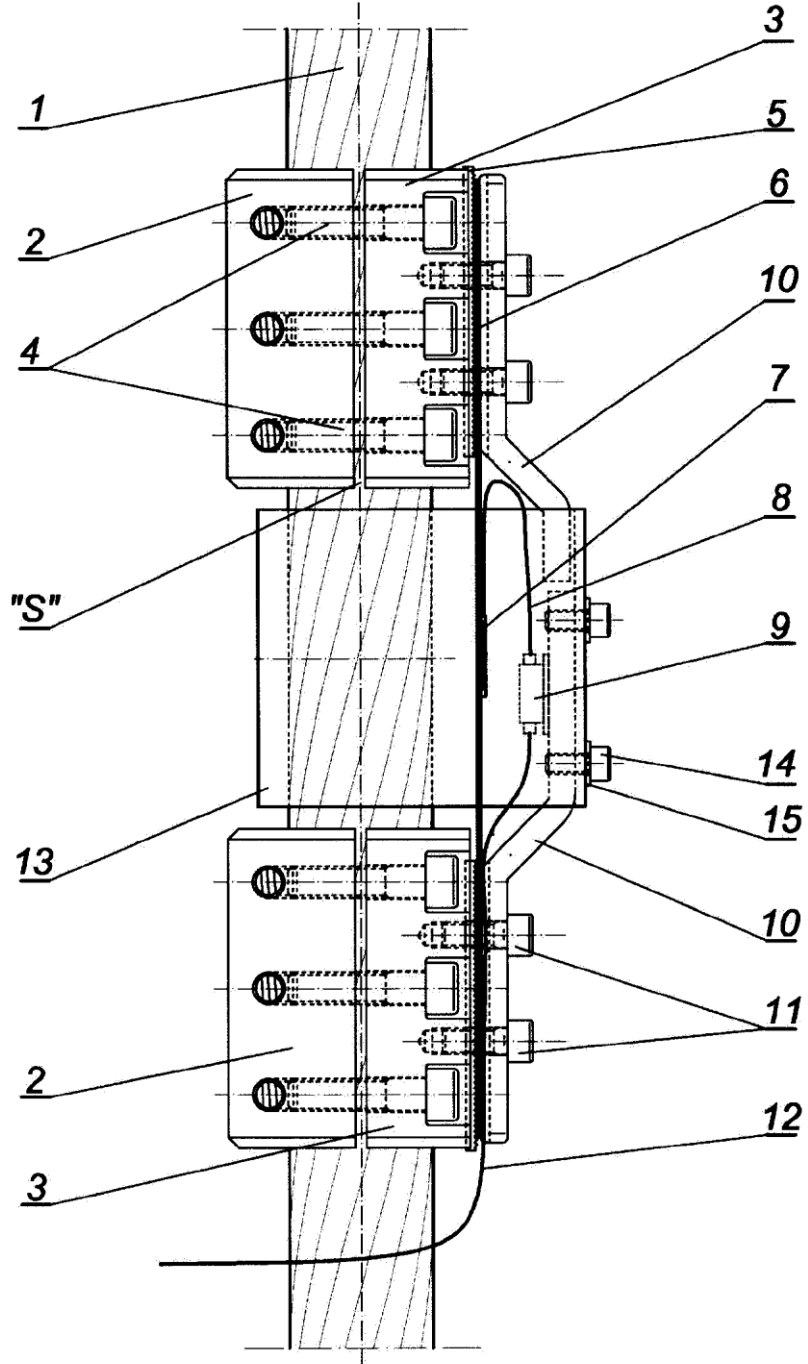


Fig. 1

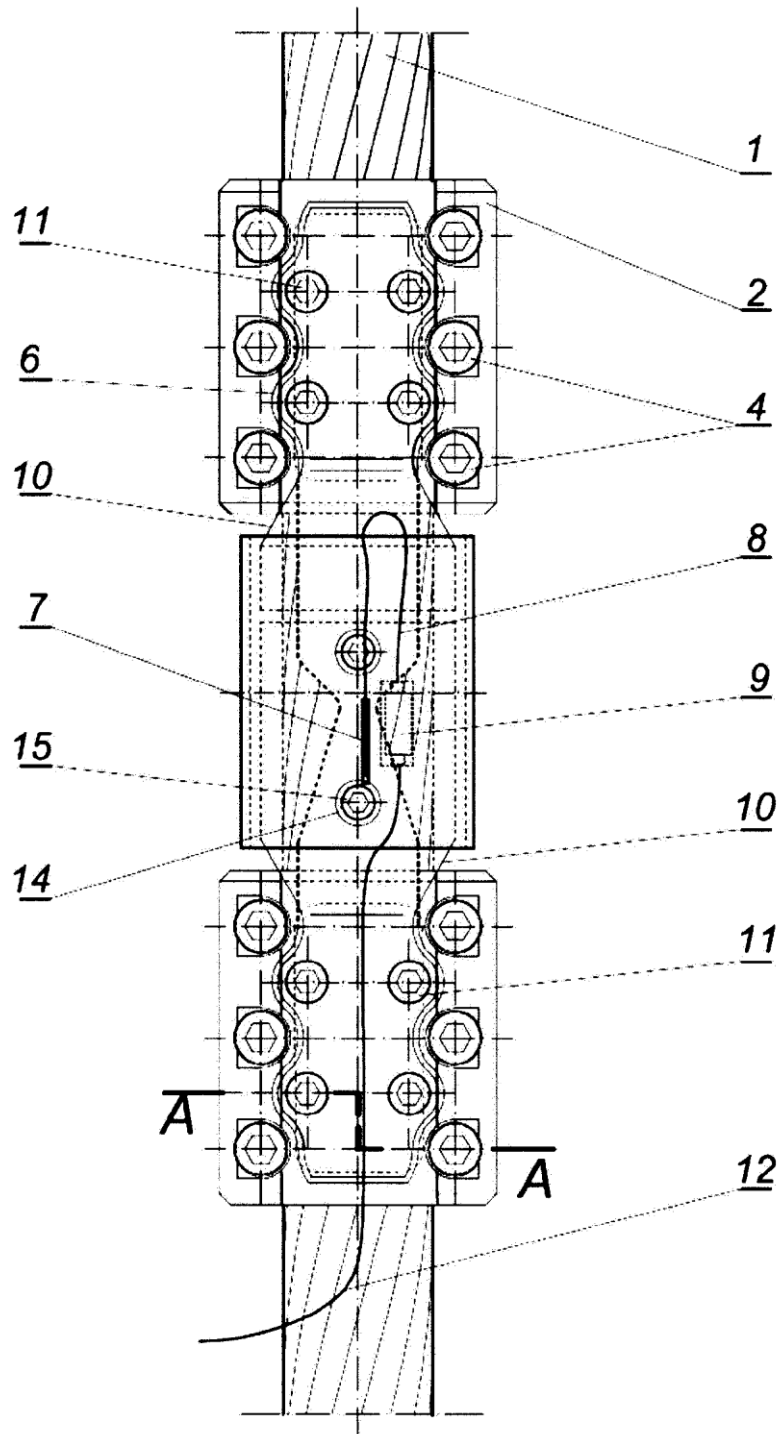


Fig. 2

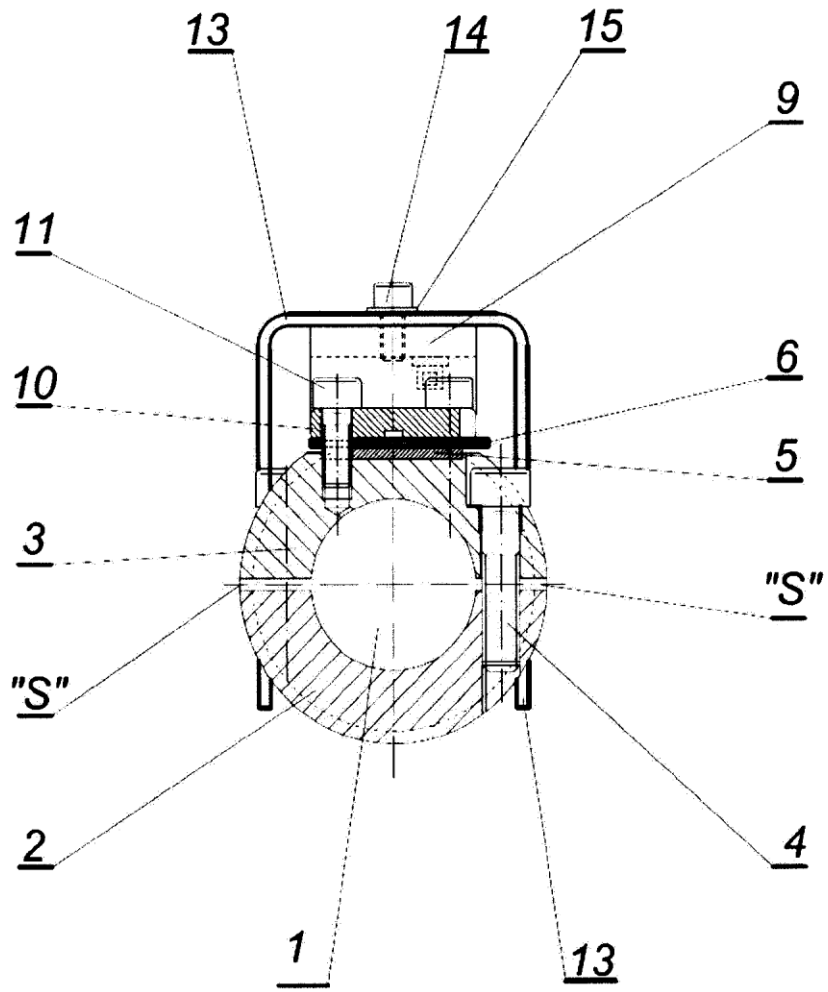


Fig. 3

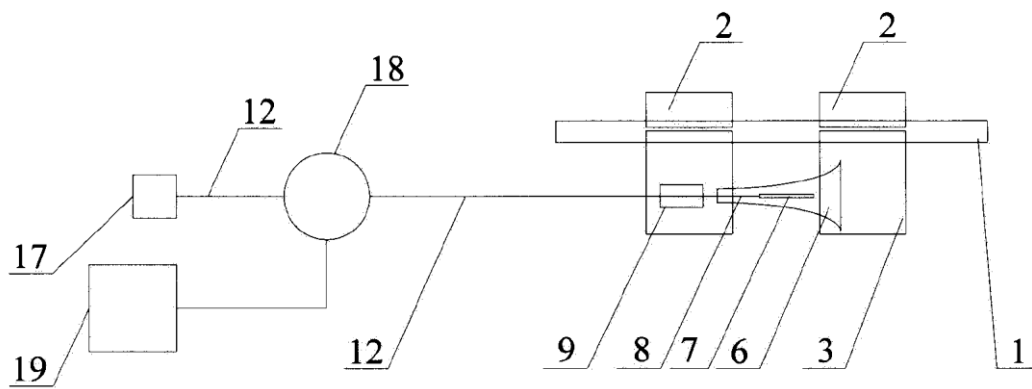


Fig. 4