RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **232421**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **421894**

(22) Data zgłoszenia: **13.06.2017**

(51) Int.Cl.
G01K 1/02 (2006.01)
G01K 13/00 (2006.01)
G01K 11/32 (2006.01)

(54) **Układ do pomiaru temperatury przewodu**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
04.06.2018 BUP 12/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
28.06.2019 WUP 06/19

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

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

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Maciej Nowicki

PL 232421 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ do pomiaru temperatury przewodu, zwłaszcza temperatury przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej.

Z opisu patentowego nr US9651974 znany jest układ do ciągłego monitoringu temperatury linii energetycznej, w którym średnia temperatura przewodu jest wyznaczana na podstawie pomiaru długości wybranego odcinka linii. Na podstawie zmodyfikowanego równania łańcuchowego obliczana jest średnia temperatura przewodów, następnie wykorzystana do wyznaczania dopuszczalnej obciążalności linii.

Inny znany układ do monitorowania temperatury został opisany w opisie patentowym PL 2021753. Układ ten składa się z czujnika temperatury i czujnika nachylenia lub odpowiedniej kombinacji czujnika temperatury i czujnika naprężenia odpowiednio zamontowanych na przewodzie napowietrznej linii elektroenergetycznej pozwalających na wyznaczenie średniej temperatury przewodów w czasie rzeczywistym.

Innym znanym układem do monitorowania temperatury napowietrznej linii elektroenergetycznej jest rozwiązanie opisane w zgłoszeniu patentowym nr CN105571720. W układzie tym dokonuje się pomiaru poprzez analizę zdjęcia w podczerwieni, a następnie transmituje do układu komputerowego poprzez bezprzewodową sieć radiową. Układ ten składa się z modułu wykonującego zdjęcia, modułu kompresji obrazu, oraz modułu alarmującego.

Znany jest układ opisu patentowego US6776522 do monitorowania temperatury przewodników wysokiego napięcia, w którym do przewodnika za pomocą elektrycznie i termicznie przewodzącego przyłącza przyłączony jest czujnik temperatury. Czujnik temperatury jest zbudowany z głowicy kryształu, która zmienia świecenie w zależności od temperatury przewodu i transmituje światło poprzez światłowód poprowadzony przez izolator do układu optoelektrycznego, przetwarzający sygnał optyczny na elektryczny następnie przesyłany do systemu komputerowego.

Z dokumentu patentowego US5848204 znana jest metoda pomiaru wydłużenia względnego i wibracji wykorzystująca czujniki w postaci siatek Bragga zapisanych na światłowodach wielomodowych. Metoda zakłada konieczność prowadzenia pomiarów reflektometrycznych OTDR (Optical Time Domain Reflectometry). Współczynnik odbicia siatek może być zmieniany poprzez dobór średnicy rdzenia, apertury numerycznej oraz długości siatki. Daje to możliwość wpływania na czułość układu pomiarowego dostosowanej do konkretnych potrzeb. Metoda wymaga wykonania pomiarów z użyciem reflektometru.

Z dokumentu patentowego US4799005 znany jest system czujników dokonujących pomiarów parametrów pracy linii elektroenergetycznej. Układ składa się z pierwszej cylindrycznej obudowy zawierającej czujniki pomiarowe i urządzenia do przetwarzania i transmisji danych pomiarowych. Drugą część modułu stanowi obudowa, zamocowana do zewnętrznej części pierwszej obudowy zawierającej urządzenia pomiarowe, rozciągająca się nie więcej niż 150 stopni wokół jej obwodu, posiadająca elementy mechaniczne do mocowania całości modułu. Urządzenie jest wyposażone w łącze światłowodowe do przesyłania danych pomiarowych.

Z opisu zgłoszenia patentowego nr PL 395 136 A1 znany jest sposób pomiaru rozkładu naprężenia liniowego, wykorzystujący jednomodowy światłowód z siatką Bragga. Polega on na tym, że siatkę mocuje się na obiekcie badanym za pomocą połączenia klejowego, a zdeformowane widmo odkształconej siatki mierzy się analizatorem widma. Następnie porównuje się to widmo z charakterystyką spektralną uzyskaną z modelu matematycznego siatki, a parametry modelu dobiera się w oparciu o algorytm symulowanego wyrażania zaimplementowany na komputerze. Układ pomiaru rozkładu naprężenia liniowego zwierający szerokopasmowe źródło światła, światłowód jednomodowy z siatką Bragga charakteryzuje się tym, że źródło światła połączone jest światłowodem jednomodowym poprzez złącze optyczne z siatką Bragga, która poprzez połączenie klejowe zamocowana jest do obiektu badanego. Siatka Bragga jest poprzez złącze optyczne połączona z analizatorem widma, który połączony jest poprzez węzeł sumacyjny z komputerem, który z kolei połączony jest z modelem siatki Bragga połączonym również z węzłem sumacyjnym, przy czym komputer połączony jest następnie z rejestratorem.

Z opisu patentowego nr PL 227 671 B1 znany jest układ opto-mechaniczny do pomiaru temperatury oraz wydłużenia przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej. Posiada on osadzone bezinwazyjnie, bezpośrednio na przewodzie linii tuleje dzielone o częściach składowych zespolone śrubami oraz wkładkami rowkowanymi i płytką kontrolną. 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. Do sprzęgacza optycznego podłączone jest źródło światła i analizator widma optycznego.

Sposób pomiaru wydłużenia przewodu napowietrznej linii elektroenergetycznej polega na tym, że zmiana naprężenia w stosunku do naprężenia wzorcowego powoduje reakcję fotoczułego światłowodu jednomodowego z siatką Bragga, który podlega monotonicznie zmiennemu wydłużeniu, co prowadzi do poszerzenia charakterystyki widmowej odbijanego sygnału świetlnego. Na zmianę szerokości połówkowej charakterystyki nie mają wpływu ani zmiany temperatury samej siatki Bragga, ani zmiany pola elektromagnetycznego, w których układ pracuje. Porównanie wartości liczbowej szerokości połówkowej charakterystyki widmowej sygnału odbitego od czujnika z siatką Bragga, z wartością przyporządkowaną wzorcowej długości odcinka przewodu, daje informację o aktualnym wydłużeniu przewodu. Jednocześnie przesunięcie tej samej charakterystyki widmowej odpowiada zmianie temperatury przewodu i pozwala na jej określenie. Liniowa zależność pomiędzy wydłużeniem przewodu a jego temperaturą i naprężeniem, pozwala na wyznaczenie wartości naprężenia.

Dotychczas stosowane układy pomiaru temperatury przewodów są wrażliwe na warunki pracy w polu elektromagnetycznym.

Przedmiotem wynalazku jest układu pomiaru temperatury przewodu, w którym do przewodu linii elektroenergetycznej przy pomocy uchwytu mocującego zamocowany jest światłowód z siatką Bragga, który podłączony jest z jednej strony do źródła światła. Istotą wynalazku jest to, że do światłowodu z siatką Bragga z drugiej strony połączony jest interrogator optyczny zamieniający przesunięcie charakterystyk widmowych czujników na zmiany mocy optycznej. Interrogator połączony jest z fotodetektorem, który zamienia sygnał z interrogatora na zmianę mocy optycznej transmitowanej lub odbijanej przez czujnik z siatką Bragga.

Fotodetektor zamienia sygnał optyczny na sygnał elektryczny. Fotodetektor połączony jest z przetwornikiem analogowo-cyfrowym, który połączony jest z systemem komputerowym. System komputerowy przelicza wartość z przetwornika na rzeczywistą wartość temperatury.

Wskazane jest, aby uchwyt mocujący składał się z obejm mocujących zamocowanych na przewodzie elektrycznym. Do wewnętrznej ścianki przewodu linii elektrycznej zamocowana była płytka mocująca z rowkiem, w którym zamocowany był światłowód z siatką Bragga.

Korzystnym skutkiem układu do pomiaru temperatury zwłaszcza przewodu linii elektroenergetycznej jest brak konieczności pomiaru i analizy transmisyjnych i odbiciowych charakterystyk widmowych. Eliminuje to konieczność stosowania analizatorów widma optycznego. Zastosowanie włókna światłowodowego pozwala na wyniesienie urządzeń wrażliwych na pole elektromagnetyczne i przetwarzających sygnał elektryczny poza obszar wpływu pola elektromagnetycznego bez istotnego wpływu na jakość pomiaru i zniekształcenia. Uproszczenie przetwarzania sygnału i wprowadzenie go do systemu komputerowego korzystnie wpływa na możliwości przesyłania informacji od nadrzędnych systemów sterowania i nadzoru (SCADA) z wykorzystaniem obowiązujących standardów i protokołów komunikacyjnych zwłaszcza w elektroenergetyce.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat układu, fig. 2 – przekrój wzdłużny uchwytu mocującego, fig. 3 – przekrój poprzeczny układu mocującego.

Układ pomiarowy temperatury przewodu w przykładzie wykonania zamontowany został za pomocą uchwytu mocującego 2 do przewodu linii elektroenergetycznej 1 wykonanej z układu skręconych drutów stalowych i aluminiowych o symbolu AFL 6 – 240, o przekroju 240 mm^2. Przewód AFL 6 – 240 zbudowany jest z rdzenia, który stanowi 7 skręconych przewodów stalowych każdy o średnicy 2,7 mm oraz dwóch warstw przewodów aluminiowych składających się odpowiednio z dziesięciu i szesnastu przewodów, każdy o średnicy 3,4 mm. Uchwyt mocujący 2, składał się z dwóch obejm 10 w postaci opasek zaciskowych. Do wewnętrznej ścianki obejmy mocującej 10 zamocowana była na stałe płytka mocująca 9, ukształtowana zgodnie z promieniem krzywizny przewodu i wykonana z duraluminium. W ściance płytki mocującej 9 znajdowało się zagłębienie, w którym zamocowany był za pomocą kleju termoprzewodzącego światłowód 3a, na którym znajdowała się siatka Bragga 3b. Światłowód 3a posiadał grubość 125 μm, zaś jednorodna siatka Bragga 3b o długości 12 mm i długości fali Bragga równej 1548,13 nm. Światłowód 3a z siatką Bragga 3b podłączony był z jednej strony do źródła światła 4 w postaci diody superluminescencyjnej Thorlabs S5FC1005S. Z drugiej strony do światłowodu 3a z siatką Bragga 3b przyłączony był z interrogatorem 5 w postaci sprzęgacza optycznego 50:50 oraz jednorodnej siatki Bragga o długości 12 mm i długości fali Bragga równej 1548,13 nm. Do interrogatora 5

przyłączony był fotodetektor 6 w postaci fotodiody InGaAs Thorlabs 800–1700 nm FGA21, który przyłączony był do 16-bitowego przetwornika analogowo-cyfrowego 7 próbkującego sygnał z częstotliwością 4 MHz. Przetwornika analogowo-cyfrowego 7 połączony był z systemem komputerowym 8.

W przykładzie realizacji pomiaru temperatury przewodu linii elektroenergetycznej 1, zastosowano wyżej opisany układ. Rozstaw słupów, na których zawieszono przewód linii elektroenergetycznej 1 wynosił 50 m. Za pomocą pirometru i kamery termowizyjnej zmierzono temperaturę przewodu w stanie bez obciążenia (tj. bez wymuszenia przepływu prądu w przewodzie), która wynosiła 5°C oraz dokonano odczytu za pomocą wyżej opisanego układu optycznego. Charakterystyka widmowa światłowodowej siatki Bragga 3b posiadała centralną długość fali równą 1547,75 nm. Sygnał optyczny następnie skierowano na fotodetektor 6, który zamienił światło transmitowane przez siatkę Bragga na napięcie o wartości 1,2495 V. Sygnał napięciowy wytworzony w fotodetektorze 6, został przetworzony w przetworniku analogowo-cyfrowym 7 i przesłany do systemu komputerowego 8. W systemie komputerowym 8 odczytana wartość wynosząca 8188 dla napięcia 1,2495 V została zarejestrowana dla wartości temperatury 5°C.

Za pomocą wymuszalnika prądowego wymuszono przepływ prądu w przewodzie o wartości 500 A. Zmierzono temperaturę przewodu za pomocą kamery termowizyjnej i pirometru wynoszącą 20°C oraz dokonano odczytu za pomocą układu optycznego. Charakterystyka widmowa światłowodowej siatki Bragga 3b posiadała centralną długość fali równą 1548,07 nm. Sygnał optyczny następnie skierowano na fotodetektor 6, który zamienił światło transmitowane przez siatkę Bragga 3b na napięcie o wartości 1,785 V. Sygnał napięciowy wytworzony w fotodetektorze 6, został przetworzony w przetworniku analogowo-cyfrowym 7 i przesłany do systemu komputerowego 8. W systemie komputerowym odczytana wartość 11697 dla napięcia 1,785 V została zarejestrowana dla wartości temperatury 20°C.

Wykaz oznaczeń

1. Przewód linii elektroenergetycznej
2. Uchwyt mocujący

3a. Światłowód
3b. Siatka Bragga

4. Źródło światła
5. Interrogator
6. Fotodetektor
7. Przetwornik analogowo-cyfrowy
8. System komputerowy
9. Płytka mocująca
10. Obejma mocująca

Zastrzeżenie patentowe

1. Układ pomiaru temperatury przewodu, w którym do przewodu linii elektroenergetycznej (1) przy pomocy uchwytu mocującego (2) zamocowany jest światłowód (3a) z siatką Bragga (3b), który podłączony jest z jednej strony do źródła światła (4), **znamienny tym**, że, do światłowodu (3a) z siatką Bragga (3b) z drugiej strony połączony jest interrogator (5), który połączony jest z fotodetektorem (6) i przetwornikiem analogowo-cyfrowym (7) połączonym z systemem komputerowym (8).

Rysunki

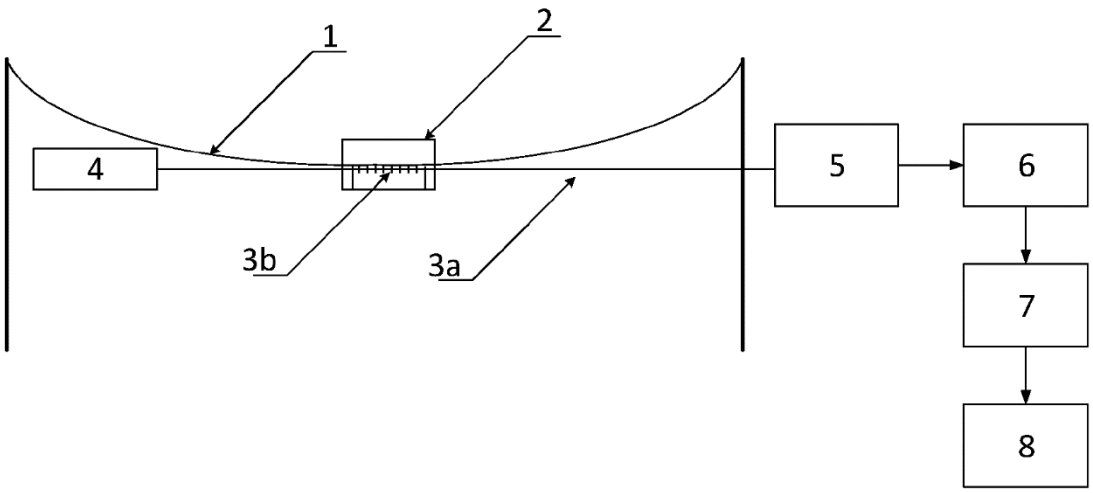

Fig. 1

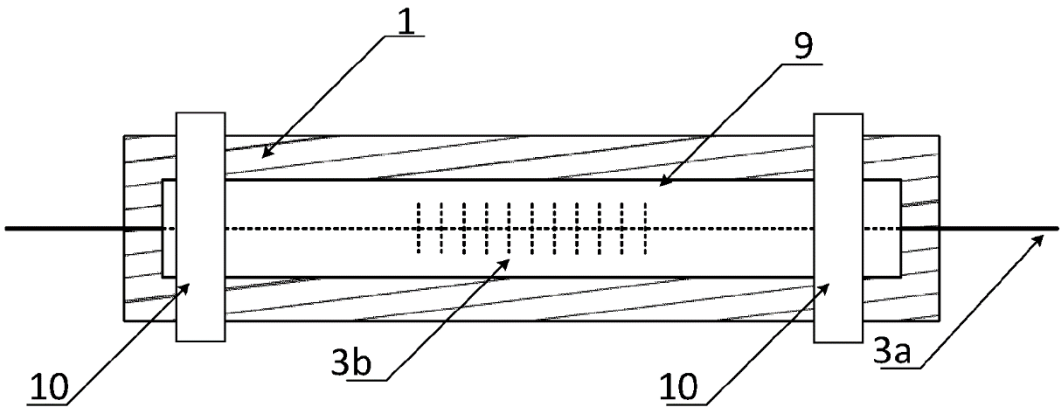

Fig. 2

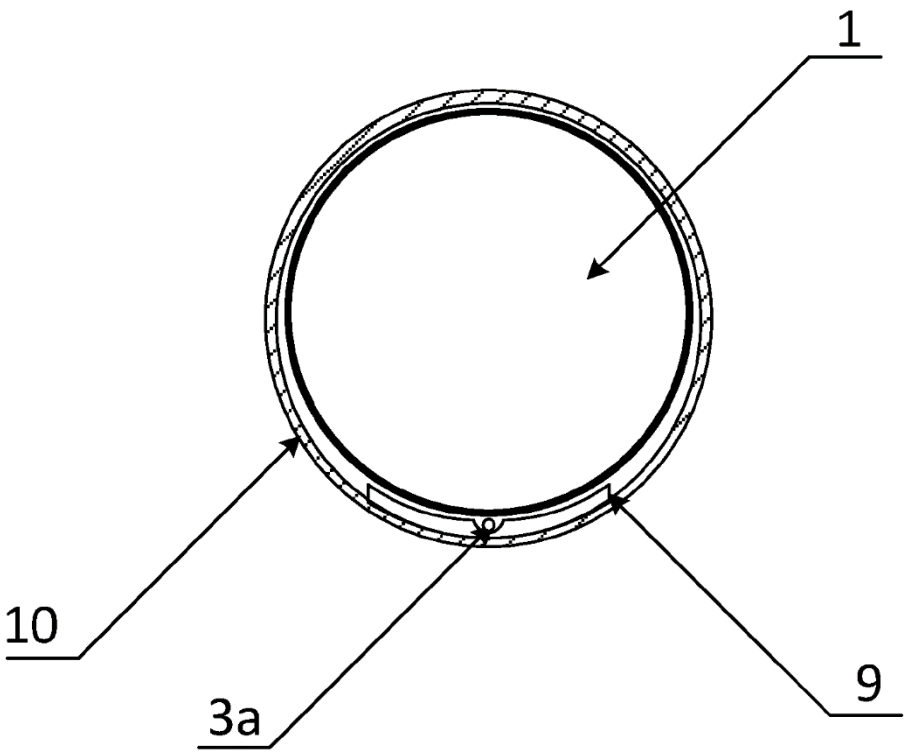

Fig. 3

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 2,46 zł (w tym 23% VAT)