

17th SYMPOSIUM ON HYDROACOUSTICS

Jurata May 23-26, 2000



ŚWIATŁOWODOWY SYSTEM Z ROZŁOŻONĄ CZUŁOŚCIĄ DO OCHRONY OBIEKTÓW, W TYM OBIEKTÓW PODWODNYCH

M. Szustakowski, W. M. Ciurapiński, J. Wróbel, M. Życzkowski
Instytut Optoelektroniki Wojskowa Akademia Techniczna

00-908 Warszawa ul. Kaliskiego 2, Polska

The paper presents principle of operation and construction of prototype of interference loop of optical fibre sensor applied for vibration detection. The Sagnac interferometer with passive demodulator on 3x3 coupler was used for the sensor design. The prototype performed in co-operation with the Military University of Technology and the Military Electronic Plants in Zielonka has been examined mechanically in various weather conditions. The prototype fulfils military requirements for the instruments operating in the closed space within the range of temperatures $-40^{\circ}\text{C} + + 50^{\circ}\text{C}$.

WPROWADZENIE

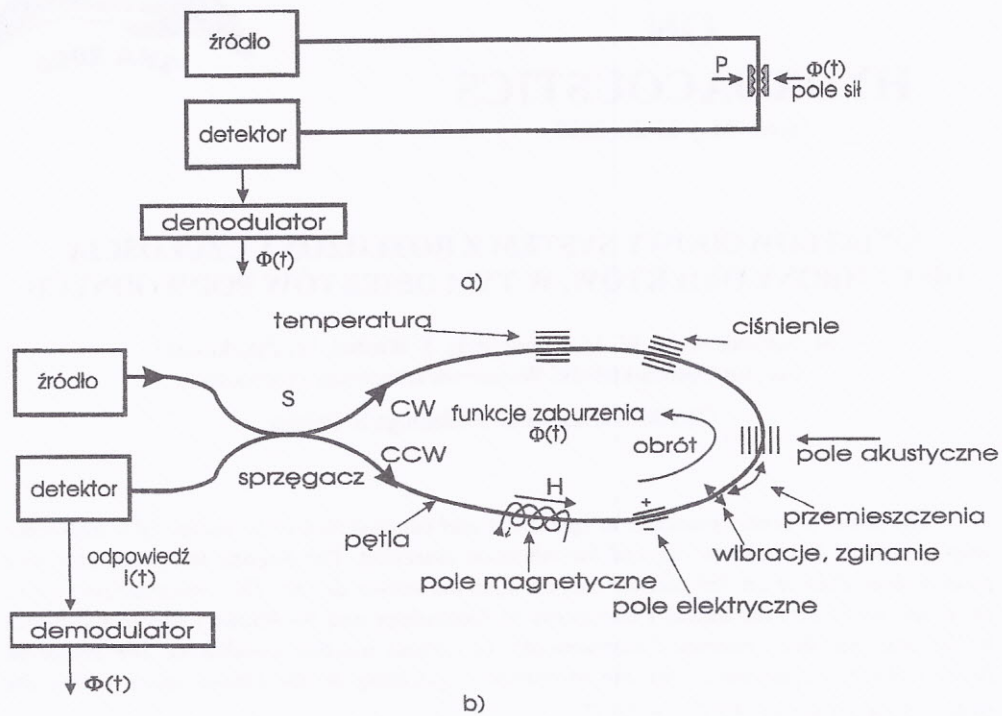
W literaturze naukowej opisuje się czujnik światłowodowy jako urządzenie przetwarzające zmianę parametrów fizycznych bądź chemicznych środowiska (otoczenia) na mierzony sygnał elektryczny. W czujnikach światłowodowych z zamkniętym obiegiem światła czynnikiem przetwarzającym informację jest fala optyczna zaś ośrodkiem przetwarzania światłowód.

Przetwarzanie informacji o zmianach parametrów otoczenia może być lokalne (punktowe) gdy tylko część światłowodu działa jako przetwornik, zaś pozostały światłowód służy jako linia transmisyjna (rys.1a). Można też skonstruować czujnik gdzie cała długość światłowodu stanowi przetwornik (rys.1b). Mówimy wówczas o przetworniku wewnętrznym rozłożonym.

Podstawowe elementy czujnika światłowodowego z przetwarzaniem wewnętrznym to źródło światła, światłowód, fotodetektor i demodulator. Zadaniem elementów optoelektronicznych jest generacja fali optycznej, rejestracja zmian parametrów fali i przetworzenie zmian parametrów światła na sygnały elektryczne. Proces ten realizują elementy właściwego czujnika (źródło, światłowód, detektor).

Techniczne użycie czujnika wymaga dodania układu elektronicznego, który na rys.1 został oznaczony ogólnie jako demodulator. Zadaniem demodulatora jest odtworzenie nie tylko wartości pola zaburzającego ale i przebiegu zmian tego zaburzenia w funkcji czasu $\Phi(t)$. Wierność odtworzenia funkcji zaburzenia określa jakość czujnika.

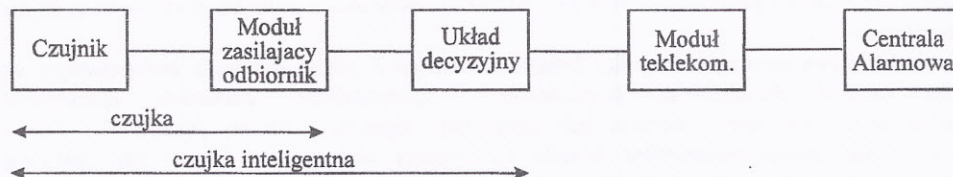
Zastosowanie czujników światłowodowych może być bardzo różnorodne. Na rys. 1b przedstawiono możliwości pomiarowe czujników światłowodowych w odniesieniu do pól fizycznych.



Rys.1. Czujniki światłowodowe z lokalnym (a) i rozłożonym (b) optoelektronicznym przetwarzaniem pola zaburzeń czujnika. $\Phi(t)$ - funkcja zaburzenia.

Point (a) and distributed (b) fiber optic sensor. $\Phi(t)$ – disturbance function.

Jednym z wielu możliwości zastosowań czujników światłowodowych z rozłożoną czułością są systemy technicznej ochrony obiektów. W nazewnictwie stosowanym w systemach ochrony istnieje pojęcie czujki czyli elementu zdolnego samodzielnie wykryć zjawisko fizyczne zakwalifikowane przez nią jako alarm. W naszym przypadku czujką jest światłowod. Funkcja czujki w systemie technicznej ochrony (STO) została przedstawiona na rys. 2.



Rys.2. Funkcja czujki w systemie technicznej ochrony obiektów.

Role of sensor in technical security system.

Czujnik w STO jest wskaźnikiem wytwarzającym odpowiedni poziom sygnału w odpowiedzi na zaburzenie stanu fizycznego światłowodu. Zwykle czujka przekazuje stan sygnału do układu decyzyjnego - Centrali Alarmowej, która ocenia wartość sygnału względem zadanych parametrów systemu.

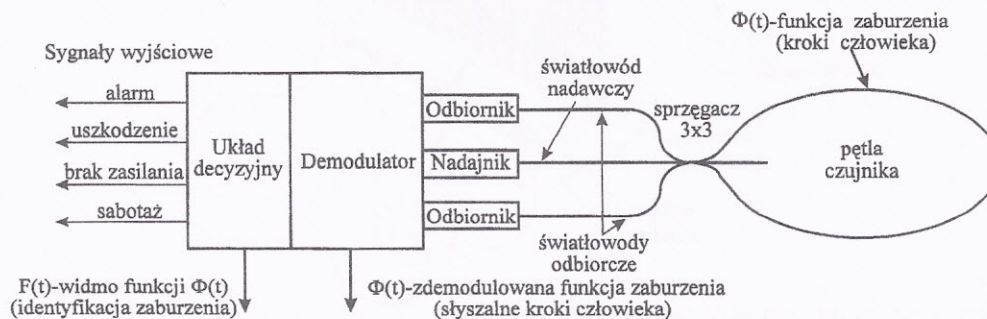
Czujka inteligentna posiada autonomiczny układ decyzyjny w postaci odpowiednio zaprogramowanego procesora. Centrala Alarmowa w tym przypadku odbiera przetworzone sygnały czujnika ze wskazaniem ich znaczenia: alarm, uszkodzenie, brak zasilania, sabotaż.

Opisana niżej inteligentna czujka światłowodowa została skonstruowana w Wojskowej Akademii Technicznej. Czujka po zdobyciu dwóch złotych i jednego brązowego medalu na wystawach technicznych w Norymberdze, Brukseli i Genewie została wdrożona do produkcji w Wojskowych Zakładach Elektronicznych w Zielonce.

1. INTELIGENTNA CZUJKA ŚWIATŁOWODOWA Z ROZŁOŻONĄ DETEKcją

Schemat ideowy inteligentnej czujki światłowodowej przedstawia rys. 3.

Elementem detekcyjnym czujki jest czujnik w postaci zamkniętej pętli światłowodowej. Pętla zasilana jest obustronnie z laserowego źródła światła poprzez światłowodowy sprzęgacz 3x3. Fala świetlna detekuje zmiany własności optycznych jakich doznaje światłowód poddany działaniu sił mechanicznych jak np. drgania, nacisk, rozciąganie. Światłowód reaguje na zaburzenie otoczenia na całym swym odcinku.



Rys.3. Schemat ideowy inteligentnej czujki światłowodowej.

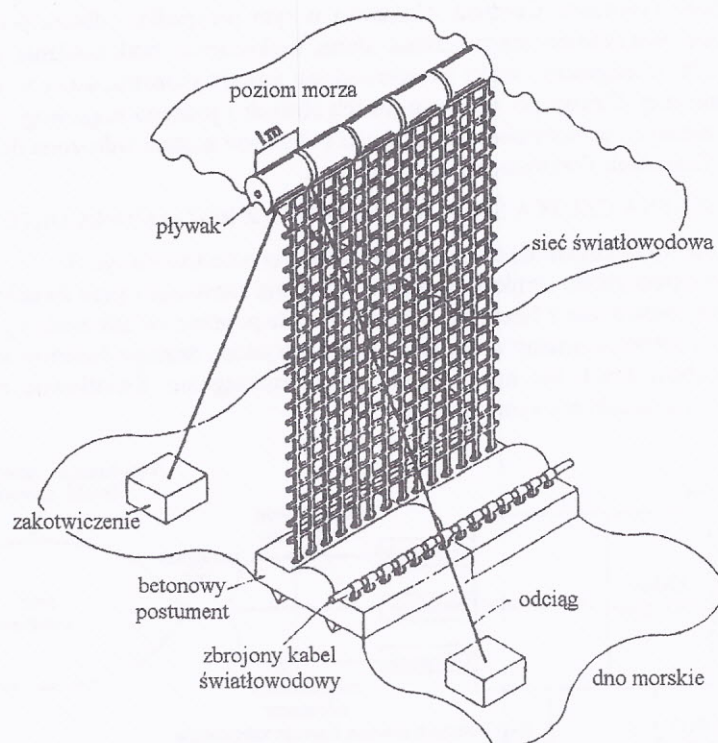
Intelligent fiber optic sensor.

Inną postacią czujnika światłowodowego może być sieć światłowodów (rys. 4). Ze względu na zewnętrzne pokrycie ochronne kabla światłowodowego czujnik może być stosowany jako element ogrodzenia, wbudowany w ścianę domu lub instalowany w wodzie. W tym przypadku może służyć do ochrony podwodnych obiektów wojskowych.

Demodulator czujnika przetwarza sygnał elektryczny z fotodetektora z odtworzeniem przebiegu funkcji zaburzenia światłowodu $\Phi(t)$. Sygnał z demodulatora podany na układ decyzyjny i poddany transformacji Fouriera jest rozkładany na poszczególne składowe widma. Otrzymane widmo jest cechą charakterystyczną danego rodzaju zaburzenia. Charakterystykę częstotliwościową funkcji zaburzenia wykorzystuje się do automatycznej identyfikacji rodzaju zaburzenia i określenia rodzaju alarmu. Równocześnie przebieg z demodulatora sterujący głośnikiem pozwala na odtworzenie dźwięku z obszaru pętli umożliwiając obsługę prowadzenie nasłuchu.

Istotną zaletą czujki światłowodowej jest zdolność odtworzenia i przenoszenia funkcji zaburzenia przez układ optoelektroniczny czujnika. Dzięki tej właściwości obsługa czujki może prowadzić nasłuch strefy odległej o kilka kilometrów.

Prototyp czujnika przeszedł cykl badań parametrów użytkowych i mechano - klimatycznych w zakresie temperatur $-40^{\circ}\text{C} + 50^{\circ}\text{C}$.



Rys. 4. Sieć światłowodowa do ochrony obiektów podwodnych.
Fiber optic net for underwater application.

2. PODSUMOWANIE

Czujnik światłowodowy z rozłożoną detekcją jest czujnikiem interferometrycznym odznaczającym się zdolnością detekcji mikrozaburzeń mechanicznych światłowodu i możliwością odtworzenia funkcji zaburzenia. W tym sensie czujnik z rozłożoną detekcją działa jak rozłożony mikrofon lub kabel mikrofonowy. W zastosowaniach praktycznych, w systemach technicznej ochrony obiektów czułość czujnika musi być elektronicznie sterowana i ustawiana na poziomie eliminacji zaburzeń przypadkowych lub wywołanych zmianą warunków atmosferycznych. Z tego powodu istotne znaczenie w zastosowaniach praktycznych ma procesorowe przetwarzanie funkcji przenoszenia. Połączenie czujnika z procesorem tworzy, dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu, układ sterowany według założonej koncepcji działania. Układy takie, zapewne z pewną przesadą, coraz częściej nazywane są inteligentnymi. Niemniej jednak, w odniesieniu do systemów technicznej ochrony, tylko systemy inteligentne mogą zapewnić automatyzację nadzoru strefy ochronnej.

LITERATURA

1. M. Szustakowski, W. Ciurapiński „Interferometric Fiber Sensors. Technology and Application”, Międzynarodowa Konferencja Metrologia Optoelektroniczna, Łańcut, 1998.
2. M. Szustakowski, W. M. Ciurapiński, L. Jodłowski, „Wybrane zagadnienia analizy fazowej“, 28 Zimowa Szkoła Akustyki Kwantowej i Molekularnej, Ustroń, 22-26.02.1999.