ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: GÓRNICTWO z. 220 Nr kol. 1242

Tadeusz **PUSTELNY**
Aleksander **OPILSKI**
Zbigniew **OPILSKI**
Instytut Fizyki Politechniki Śląskiej, Gliwice
Miroslaw **CHUDEK**
Instytut Geomechaniki Budownictwa Podziemnego
i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej, Gliwice

SYSTEM POMIARU WYCHYLENIA OBIEKTÓW W OBSZARACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. Prowadzone od wielu lat intensywne wydobycie węgla kamiennego, często pod terenami zagospodarowanymi i zamieszkałymi, spowodowało duże zagrożenie różnych obiektów szkodami górniczymi.

W Politechnice Śląskiej w Gliwicach został opracowany system automatycznego pomiaru pochylenia obiektów. Umożliwia on ciągłą i automatyczną rejestrację zmian pochylenia monitorowanych, obiektów, znajdujących się w wielu odległych miejscach. Ilość monitorowych obiektów może być dowolnie duża i rozbudowana w trakcie eksploatacji systemu. Transmisja wyników z czynników pomiarowych do układu rejestracji może być realizowana z wykorzystaniem torów kablowych, modemów telefonicznych lub drogą radiową.

MEASURING SYSTEM OF STRUCTURE TILT IN MINING AREAS

Summary. Extensive mining of hard coal, carried out for many years, often under the developed and built-up areas, resulted in mining damage endangering the existing structures.

The research staff of the Silesian Technical University in Gliwice has worked an automatic measuring system of tilt of structures. The system enables uninterrupted and automatic recording of tilt changes of monitored structures, located in many places, far away from one another.

The number of monitored structures in not limited and can be increased in the course of utilization of the system. Data transmission from measuring sensors to the recording system may be effected through cable circuits, telephone modems, or radio link.

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ШАХТОМ ПОЛЕ

Резюме. Продолжающаяся уже много лет интенсивная разработка каменного угля, проводимая нередко под заселенными и застроенными территориями, вызвала большую опасность повреждения наземных сооружений в результате горных работ. В Силезском политехническом инситуте в Гливице, была разработана система автоматического измерения объектов. Она обеспечивает постоянную и автоматическую регистрацию изменений отклонения мониторированых объектов, находящихся во многих отдаленных местах.

Количество мониторированных объектов может быть любое, и увеличиваеться в ходе эксплуатации системы.

Передача результатов от измерительных датчиков до регистрационной системы, может осуществляться с использованием кабельных целей, телефонных модемов или по радио.

1. CEL PRACY

Przeprowadzone od wielu lat intensywne wydobycie węgla kamiennego, często pod terenami zagospodarowanymi, spowodowało duże zagrożenie różnych obiektów szkodami górniczymi. Zagrożenie to wzrosło z powodu konieczności prowadzenia działalności wydobywczej bezpośrednio pod terenami zamieszkałymi.

Dotychczasowe metody obserwacji zmian pochylenia budowli są oparte na pomiarach geodezyjnych. Główną ich wadą jest to, że są przeprowadzone okresowo, w pewnych odstępach czasu. Za pomocą metod geodezyjnych nie ma możliwości prowadzenia ciągłej, systematycznej kontroli badanych obiektów w czasie rzeczywistym. Metody geodezyjne są pracochłonne, wymagają poza tym odpowiednio wykwalifikowanego i rzetelnego personelu do obsługi przyrządów.

Celem badań prowadzonych w Politechnice Śląskiej jest opracowanie systemu w pełni automatycznego pomiaru pochylenia obiektów narażonych na skutki działalności wydobywczej w kopalniach węgla kamiennego.

System pomiaru wychylenia wraz z systemem transmisji wyników pomiarów powinien umożliwić ciągłą i systematyczną kontrolę wychylenia obiektów w obszarach górniczych.

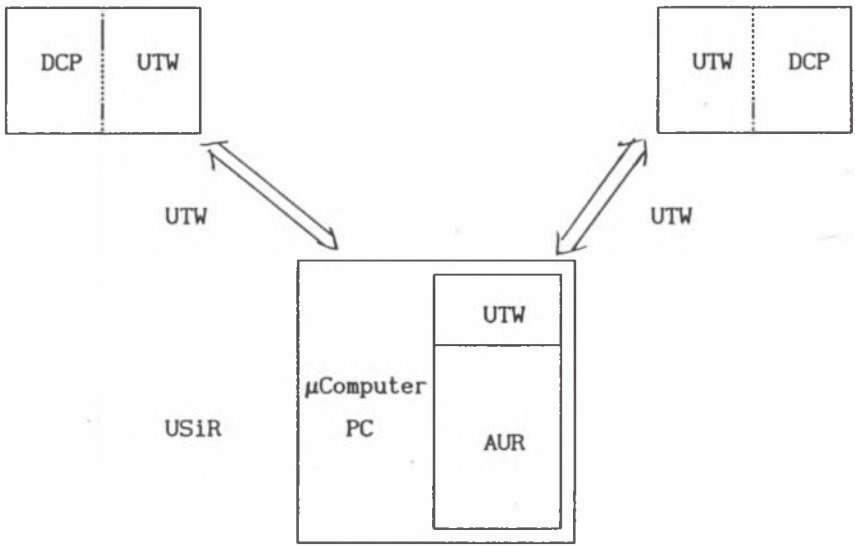
Proponowana w projekcie metoda pozwoli na ciągłą, automatyczną rejestrację zmian wychylenia badanych obiektów równocześnie w wielu miejscach. Z uwagi na automatyczny pomiar i transmisje wyników na duże odległości system nie wymaga udziału czynnika ludzkiego. Przedmiotem badań mogą być obiekty trudno dostępne, również takie, gdzie stosowanie metod tradycyjnych jest niemożliwe.

2. IDEA SYSTEMU POMIARU WYCHYLENIA OBIEKTÓW W OBSZARACH GÓRNICZYCH

System pomiaru pochylenia obiektów w obszarach górniczych można ze względu funkcjonowania podzielić na trzy podstawowe bloki:

1. Układ sterowania i rejestracji USiR,
2. Zespól dwuosiowych czujników pochylenia DCP,
3. Układ transmisji wyników UTW.

Ideę systemu przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Idea systemu pomiaru wychylenia obiektów w obszarach górniczych
Fig.1. Concept of Measuring System of Structure Tilt in Mining Areas

2.1. Układ sterowania i rejestracji USiR

Kompletny komputerowy układ sterowania i rejestracji wyników USiR składa się z automatycznego układu rejestracji wyników AUR oraz z mikrokomputera typu IBM PC.

Autonomiczny układ rejestracji AUR jest mikrokomputerem jednokartowym wykonanym na bazie procesora Z-80. AUR pozwala na wybór kanału (czujnika DCP), który ma być aktualnie monitorowany oraz na rejestracje wyników pomiaru pochylenia w postaci cyfrowej. AUR posiada także własną pamięć, w której gromadzone są wyniki pomiarów i następnie przesłane do mikrokomputera PC. Układ AUR obok własnego systemu rejestracji wyników posiada również układ wyboru monitorowanego kanału. Sposób współpracy AUR z komputerem PC określa oprogramowanie uwzględniające żądania użytkownika systemu [1,2].

Pełny układ USiR pozwala na przedstawienie wyników:
- w postaci cyfrowej na ekranie monitora mikrokomputera PC, w różnej wynikającej z oprogramowania formie;
- w postaci cyfrowej (dla jednego wybranego kanału) w układzie AUR na wyświetlaczach siedmiosegmentowych;
- za pomocą drukarki komputerowej, w postaci zależnej od oprogramowania.

2.2. Dwuosiowy czujnik pochylenia DCP

Podstawowym elementem systemu pomiaru wychylenia obiektów w obszarach górniczych jest dwuosiowy czujnik pochylenia DCP.

Czujniki pochylenia DCP pozwalają na pomiar odchylenia od pionu w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach X i Y. Zakres pomiaru dla każdego kierunku wynosi ...2° łuku. Odpowiada to około ...3 % lub ... 30 $*10^{-3}$ radiana. Rozdzielczość wskazań wynosi ...1 sekundę łuku. Dokładność pomiaru pochylenia jest powyżej ... ...0,2%.

Idea czujnika pochylenia wykorzystuje zasadę wahadła fizycznego. Kierunkiem równowagi wahadła jest kierunek pionowy. Jako założenie projektowe przyjęto zasadę, że urządzenie ma wskazywać odchylenie od pionu różnych obiektów, w tym również obiektów dużych. Po przeanalizowaniu i przebadaniu wielu koncepcji zdecydowano, że pomiar odchylenia od pionu dla każdego z dwóch kierunków będzie realizowany za pomocą jednego wahadła. W założeniach projektowych przyjęto, że czujnik musi posiadać możliwość pomiaru pochylenia w miejscach trudno dostępnych, również tam, gdzie geodezyjne pomiary bezpośrednie byłoby niemożliwe.

Z uwagi na przewidywaną możliwość szerokiego zastosowania czujnika w różnych trudnych warunkach przyjęto, że urządzenie musi charakteryzować się bezpieczeństwem pracy - musi spełniać ostre wymagania BHP. W szczególności

chodzi tutaj o iskrobezpieczność. Z tego powodu czujnik powinien pobierać bardzo mały prąd przy niskim napięciu zasilającym. Dlatego zastosowano napięcie ... 5 V do zasilania układów cyfrowych DCP oraz ... 15V do zasilania elektroniki analogowej. Urządzenie wykonane jest z materiałów w wysokim stopniu niepalnych.

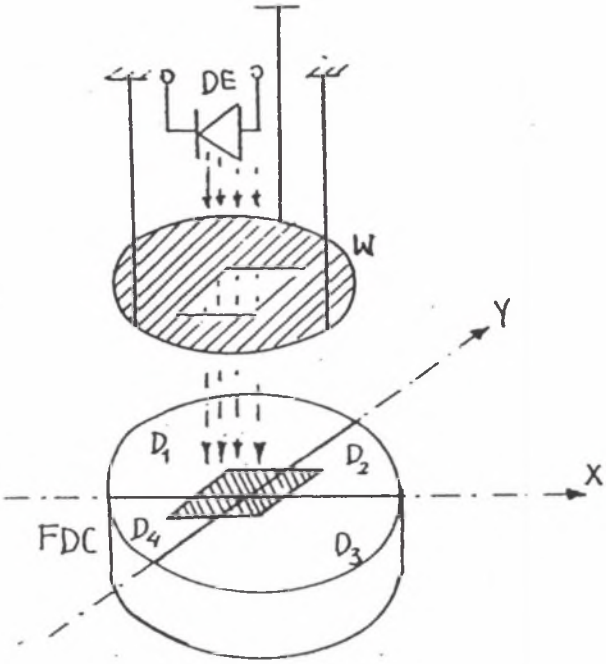
Czujniki pochylenia mogą znajdować się w znacznym oddaleniu (nawet kilku kilometrów) od układu sterowania i rejestracji. Wyniki pomiarów są przesłane z czujników DCP w sposób ciągły do ośrodka dyspozycyjnego USiR. Tam zostają poddane wszechstronnej, komputerowej obróbce danych.

System został zaprojektowany jako tzw. system otwarty charakteryzujący się tym, że ilość podłączanych czujników jest praktycznie nieograniczona i może w trakcie eksploatacji ulegać zmianie. Zastosowane w dwuosiowym czujniku pochylenia DCP oryginalne rozwiązania pomiaru odchylenia od pionu w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach XY za pomocą jednego wahadła fizycznego pozwoliły ograniczyć rozmiary zewnętrzne urządzenia i jego ciężar. Małe rozmiary czujnika pozwalają na jego montaż praktycznie w każdym wymagającym kontroli punkcie. Czujnik może być narażony na wpływ zmiennych warunków atmosferycznych, dlatego został wykonany z materiałów nie podlegających korozji. W założeniach projektowych przyjęto, że urządzenie powinno mieć możliwość pracy w zakresie temperatur od -30°C do 40°C.

2.3. Zasada działania dwuosiowego czujnika pochylenia DCP

Idea pomiaru odchylenia od pionu zastosowana w DCP przedstawiona została na rys. 2. Pomiar odchylenia od pionu zrealizowany został pośrednio za pomocą fotometrycznego pomiaru przemieszczenia wahadła.

W górnej części czujnika znajduje się oświetlacz DE. Poniżej oświetlacza jest wahadło pomiarowe W, zawieszone na trzech niciach o znanej długości L. Wahadło W zawieszone jest bezpośrednio nad powierzchnią diody czterosegmentowej FDC. Fotodioda ta zawiera cztery segmenty powierzchni fotoczulej. Zarówno źródło, jak i fotodioda czterosegmentowa są sztywno związane z konstrukcją mechaniczną czujnika i razem zmieniają swoje położenie względem pionu wyznaczonego przez wahadło. Rejestracji podlega położenie plamki świetlnej, uformowanej na powierzchni fotodiody przez wahadło. Wahadło posiada odpowiednią przesłoną, tak że światło z diody elektroluminescencyjnej DE przechodząc przez wahadło tworzy na powierzchni diody czterosegmentowej plamkę w kształcie kwadratu. Rejestracji podlega położenie plamki świetlnej uformowanej na powierzchni fotodiod przez wahadło. Ponieważ każdy z rejestrowanych prądów fotodiod zawiera informację dotyczącą wychylenia zarówno w kierunku osi X, jak i osi Y, dlatego też potrzebna jest odpowiednia obróbka elektroniczna sygnałów. Budowa mechaniczna czujnika została tak zaprojektowana, aby czujnik wraz z układami elektroniki analogowej mieścił się w walcowej obudowie o średnicy ∅ = 40 mm i długości l = 220 mm.



Rys. 2. Idea dwuosiowego czujnika pochylenia DCP
Fig. 2. Concept of Two-axial Tilt Sensor DCP

Idea czujnika oraz zastosowane w części mechanicznej i elektronicznej rozwiązania zapewniają jego niezawodność oraz wysoka precyzję pomiarów.

Układ transmisji wyników UTW wchodzący w skład dwuosiowego czujnika pochylenia został zaprojektowany w postaci odrębnego panela.

2.4. Układ transmisji wyników UTW

Zamontowane na różnych obiektach czujnika pochylenia DCP przekazują w sposób ciągły (lub zgodnie z przyjętą przez Użytkownika zasadą) zmierzone wartości odchylenia od układu sterowania i rejestracji USiR.

Przekazywanie informacji oraz wzajemna komunikacja pomiędzy układem USiR oraz czujnikiem DCP może zostać zrealizowana w różny sposób. Komunikację można przeprowadzić za pomocą osobnych, specjalnie w tym celu wykonanych torów kablowych. Innym sposobem jest wykorzystanie istniejącej sieci telefonicznej. Jeszcze innym rozwiązaniem jest wykorzystanie modemów telefonicznych [3].
W przyjętym rozwiązaniu zastosowano transmisje radiowa pomiędzy USiR i siecią czujników DCP [4].

2.5. Układ radiowej transmisji wyników URTW

Dla zastosowanego sposobu transmisji wyników, w skład dwuosiowego czujnika pochylenia DCP wchodzi także układ transmisji wyników UT. Układ transmisji służy do przekazywania informacji zebranej przez czujnik DCP i przesłania jej drogą radiową do układu sterowania i rejestracji USiRW.

Układ transmisji UT czujnika składa się z mikroprocesora, multipleksera, modulatora i demodulatora, przetwornika analogowo-cyfrowego oraz radiotelefonów przenośnych typu FM 3102. Układ transmisji UT został tak zaprojektowany, że istnieje możliwość podłączenia do każdego radiotelefonu aż ośmiu czujników pochylenia DCP. Jest to iezwykle istotna zaleta układu, gdyż w sytuacji, kiedy badane obiekty znajdują się w oddaleniu około kilkudziesięciu metrów transmisja radiowa z każdego czujnika może być realizowana za pomocą jednego radiotelefonu.

Radiowy układ komunikacji RUK jest przystosowany do przekazania odebranych przez radiotelefon bazowy bieżących wyników pomiaru z DCP do pamięci mikroprocesora i dalej do pamięci dynamicznej.
W radiowym układzie komunikacji wykorzystane zostały radiotelefony produkowane przez Zakłady Radiowe RADMOR w Gdyni typu FM 3102 w czujnikach pochylenia oraz radiotelefon bazowy typu FM 3003 w układzie rejestracji wyników URW.

Cechą tych radiotelefonów jest wąskie pasmo przenoszenia (300 - 3000 Hz). Dlatego też zastosowano w rozwiązaniu metodę modulacji częstotliwości FSK [4].

3. UWAGI KOŃCOWE

Celem badań było opracowanie systemu ciągłego pomiaru wychylenia obiektów w obszarach górniczych. Zastosowano rozwiązanie wykorzystujące bezprzewodową, radiową transmisje wyników pomiaru.

Opracowany system pozwala na równocześnie pomiary pochylenia wielu obiektów. Został zaprojektowany w układzie otwartym, tzn. że ilość punktów pomiarowych może być dowolnie duża i zmieniana nawet w trakcie trwania eksploatacji systemu.

Przy zastosowaniu radiotelefonów FM 3003 oraz FM 3102 odległość miedzy układem sterowania i rejestracji oraz czujnikami DCP może wynosić kilka kilometrów. Dzięki temu system jest w stanie monitorować obiekty o dużej powierzchni.

LITERATURA

[1] Pieńkos J., Moszyński S., Pluta A.: Układy mikroprocesorowe w modułowych systemach sterowania, WKŁ, Warszawa 1988.
[2] Niederliński A.: Mikroprocesory, mikrokomputery, mikrosystemy, WSiP, Warszawa 1988.
[3] Unger H.G.: Telekomunikacja optyczna, WKŁ, Warszawa 1979.
[4] Wodzyński B.: Radiotelefony, WKŁ, Warszawa 1989.

Recenzent: Dr hab. inż. Andrzej **Zarychta** prof. AGH

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1994 r.

Abstract

Extensive mining of hard coal, carried out for many years, often under the developed and built-up areas, resulted in mining damage considerably endangering the existing structures.
The research staff of Silesian Technical University in Gliwice has worked out an automatic measuring system of tilt of structures subjected to the effects of mining. The system enables simultaneous, uninterrupted and automatic recording of tilt changes of monitored structures, located in many places, far away from one another. The Measuring System of Structures Tilt in Mining Areas can be divided into three basic blocks: Control and Recording System (USiR) that uses a minicomputer, system of two-axial tilt sensors (DCP) and system of data transmission. Tilt sensors operate according to the principle of physical pendulum. The measurement of plumb-line deviation in two directions perpendicular to each other has been effected indirectly, by means of photometric measurement of pendulum shift. The sensors make it possible to carry out measurements in places the access whereto is difficult, and also where direct geodesic measurements would prove impossible.

The measurement data are transmitted interminably to the control centre USiR, located even a few kilometers away. Data transmission from measuring sensors to recording system may be effected through cable circutis, telephone modems, or radio link.
The number of monitored structures is not limited, and can be developed in the course of system utilization.