

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **241025**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **427282**

(22) Data zgłoszenia: **30.09.2018**

(51) Int.Cl.

E21F 17/18 (2006.01)

E21D 21/02 (2006.01)

G01B 7/16 (2006.01)

H04W 64/00 (2009.01)

(54) **Urządzenie kontrolno-rejestrujące dla oprzyrządowanej kotwy górniczej,
zwłaszcza kotwy wklejanej, układ monitorowania zmian wytěżeń oraz sposób ciągłego
monitorowania zmian wytěżeń oprzyrządowanej kotwy górniczej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

06.04.2020 BUP 08/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

18.07.2022 WUP 29/22

(73) Uprawniony z patentu:

**KGHM POLSKA MIEDŹ SPÓŁKA AKCYJNA,
Lubin, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MACIEJ MADZIARZ, Krępice, PL
SEWERYN MIGA, Czeladź, PL
PIOTR KWAPULIŃSKI, Katowice, PL
JAN BUTRA, Wrocław, PL
RAFAŁ DĘBKOWSKI, Wrocław, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Jakub Sielewiesiuk

PL 241025 B1

Opis wynalazku

Wynalazek dotyczy urządzenia kontrolno-rejestrującego dla oprzyrządowanej kotwy górniczej, zwłaszcza kotwy wklejanej, układu monitorowania zmian wyteżeń oraz sposobu ciągłego monitorowania zmian obciążenia oprzyrządowanej kotwy górniczej.

W rozwiązaniach zabezpieczeń podziemnych wyrobisk górniczych typowo stosuje się obudowy kotwowe mające kotwy umieszczone w otworach wierconych w górotworze. Kontrolowanie mechanizmu współpracy kotew z górotworem wymaga częstotliwego pozyskiwania danych pomiarowych dotyczących rzeczywistego obciążenia obudowy górniczej, odkształceń, uszkodzeń oraz postępujących deformacji stropu. Ponieważ zasadnicza część kotwy jest niewidoczna i niedostępna do bezpośredniej kontroli, śledzenie stanu obciążenia kotew prowadzi się z użyciem specjalnych przyrządów kontrolno-pomiarowych, na przykład dedykowanych dynamometrów instalowanych przy zabudowie kotew, albo stosując kotwy oprzyrządowane mające wbudowane wzdłuż żerdzi kotwy tensometry oporowe.

Znany jest dynamometr typu GIG-DTK 10 wykorzystujący tensometry oporowe do pomiaru odkształceń konstrukcji. Konstrukcja dynamometru tensometrycznego składa się z cylindrycznego kadłuba, czterech tensometrów oporowych (T1-T4) naklejonych na zewnętrznej powierzchni tulei i połączonych ze sobą w układzie mostka Wheatstone'a oraz aparatury pomiarowej do przetwarzania i rejestracji sygnałów tensometrycznych. Zasadniczym elementem kadłuba dynamometru jest tuleja stalowa nałożona na kotew, która w czasie obrotu nakrętki jest sprężysto odkształcana. Kadłub dynamometru opiera się jedną krawędzią o strop poprzez podkładkę kulistą, a drugą o nakrętkę kotwową. Pod wpływem siły naciągu kotwy cylindryczny kadłub dynamometru ulega deformacji sprężystej, w wyniku której następują odkształcenia wysokości i obwodu tulei. Deformacje te przenoszone są na cztery tensometry oporowe połączone z aparaturą pomiarową (zob. Podgórski K., W., „Obudowa kotwowa wyrobisk górniczych”, Wydawnictwo Śląsk, Katowice, 1969).

Opis patentowy PL 86058 ujawnia rozwiązanie konstrukcyjne kotwy badawczej, w której korpusie umieszczone są tensometry, a jego wnętrzu wypełnione jest substancją przenoszącą odkształcenia korpusu.

Opis zgłoszeniowy wynalazku US 2012/0227507 ujawnia czujnik do pomiaru obciążenia obudowy kotwowej składający się z tensometrów oporowych. Na podstawie wartości modułu sprężystości stali, z której został wykonany łącznik wkręcany na żerdź, wielkości przekroju poprzecznego oraz odkształcenia, oblicza się osiową siłę rozciągającą w żerdzi kotwy rozprężnej.

Opis patentowy PL 224792 ujawnia podkładkę do pomiaru i monitoringu siły naciągu kotwi górniczych, posiadającą zintegrowany tensometryczny czujnik siły, w kształcie wydrążonego walca z naklejonymi tensometrami, umieszczonego w osłonie.

Obecnie najczęściej pomiary zmian obciążenia kotew wykonuje się z zastosowaniem kotew oprzyrządowanych (tj. kotew mających tensometry osadzone wzdłuż żerdzi wprowadzonej w górotwór), przy czym odczyty pomiarów mają charakter wizytacyjny. Ogranicza to możliwość dokonywania precyzyjnej analizy szybkości rejestrowanych zmian obciążenia kotew (zmiany płynne czy skokowe, korelacja z występowaniem dynamicznych przejawów ciśnienia górotworu), która może dostarczać istotne dane dotyczące prawidłowości dokonanego doboru obudowy, poprawności jej współpracy z górotworem i jakości zabezpieczenia wyrobiska.

Z opisu patentowego PL 171409 znany jest układ do monitoringu, który zawiera komputer (KP), którego dwukierunkowy interfejs (IF) poprzez dwukierunkowy układ optoizolacji (UO) sprzęgnięty jest z układem dopasowania linii (UDL), który zasilany jest z zasilacza powierzchniowego (ZP). Układ dopasowania linii (UDL) jest połączony poprzez linię telefoniczną (KLT) z układem rozgałęziającym (UR), który jest zasilany z zasilacza dołowego (ZD) i posiada N przyłączy (P1...PN), do każdego z których jest dołączona linia transmisji danych (LTR1...LTRN) oraz linia zasilania (LZ1...LZN) układów kotwy. Do każdej z linii jest dołączonych od 1 do k układów kotwy (UK11... UKkNN), przy czym każdy z nich zawiera żerdź kotwy, wklejaną w górotwór stropowy, na której wzdłuż jej długości naklezione są tensometry połączone w mostki (T1...TL), w których wyjścia oraz wyjście układu kalibracji (KAL) włączane są sterowanym układem przełączającym (UP) w obwód sprzężenia zwrotnego modulatora częstotliwości (MCz), zasilanego z zasilacza modulatora (ZM), załączonego mikrosterownikiem (MS). Wyjście modulatora częstotliwości (MCz) połączone jest z układem kalibracji (KAL) oraz z wejściami mostków tensometrycznych (T1...TL) i mikrosterownikiem (MS), który jest również połączony z układem przełączającym (UP), a poprzez dwukierunkowy układ optoizolacji układu kotwy (UOUK) jest także połączony z linią transmisji danych (LTR1...LTRN) i zasilany jest z układu zasilania głównego (ZG), który połączony jest z linią zasilania (LZ1...LZN) układów kotwy oraz z zasilaczem modulatora (ZM).

Zazwyczaj jednak na żerdzi kotwy oprzyrządowanej umieszcza się indywidualne tensometry zamiast mostków tensometrycznych, aby ograniczyć liczbę przewodów elektrycznych, które muszą być wyprowadzone wzdłuż żerdzi kotwy na zewnątrz otworu wykonanego w górotworze, przeznaczonego do osadzenia żerdzi kotwy.

Celem wynalazku jest dostarczenie urządzenia kontrolno-pomiarowego dla oprzyrządowanej kotwy, zwłaszcza kotwy wklejanej, układu monitorowania zmian wytyżeń oraz sposobu ciągłego monitorowania zmian obciążenia oprzyrządowanej kotwy górniczej, które to rozwiązania umożliwiają bezinwazyjną kontrolę stanu obudowy kotwowej, w wykonaniu dostosowanym do użytkowania w warunkach wyrobiska kopalni podziemnej.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące dla oprzyrządowanej kotwy górniczej, zwłaszcza kotwy wklejanej, mającej tensometry rozmieszczone w odstępach wzdłuż żerdzi kotwy, przy czym do każdego tensometru jest przyporządkowane co najmniej niezależne indywidualne wyprowadzenie elektryczne oraz wyprowadzenie elektryczne podłączone do elektrody wspólnej dla wszystkich tensometrów, wymienione urządzenie zawierające blok pomiarowy do przetwarzania i rejestracji sygnałów tensometrycznych, według wynalazku charakteryzuje się tym, że urządzenie jest wyposażone w zespół przetwornika analogowo-cyfrowego, mikrokontroler mający pamięć nieulotną, pamięć ulotną i interfejs do komunikacji z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego, oraz jest wyposażone w zegar czasu rzeczywistego, zewnętrzną pamięć nieulotną do archiwizacji danych pomiarowych, podzespół do komunikacji radiowej mający indywidualny identyfikator sprzętowy do identyfikacji urządzenia z wykorzystaniem komunikacji radiowej oraz w sygnalizator optyczny, a nadto urządzenie zawiera źródło energii elektrycznej o w przybliżeniu stałym napięciu oraz jest wyposażone w elektroniczne stałoprądowe źródła zasilania połączone z elektrodą wspólną i indywidualnie z każdym z tensometrów oprzyrządowanej kotwy, przy czym wyprowadzenia indywidualne tensometrów są połączone z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego mającego ponadto wejście różnicowe i różnicowe wejście napięciowe odniesienia.

Korzystnie, zespół przetwornika analogowo-cyfrowego obejmuje wiele przetworników analogowo-cyfrowych przyporządkowanych do poszczególnych tensometrów albo wielowejściowy przetwornik analogowo-cyfrowy z wejściami przyporządkowany do indywidualnych wyprowadzeń z poszczególnych tensometrów.

Korzystnie, sygnalizatorem optycznym jest dioda LED zdolna do emisji światła o różnych barwach, albo zespół diod LED obejmujący co najmniej dwie diody LED, z których każda jest zdolna do emisji światła o jednej barwie, przy czym barwy światła przyporządkowane do poszczególnych diod LED w zespole są różne, każda z barw identyfikuje, odpowiednio, optycznie stan wytyżenia wybrany z grupy obejmującej co najmniej przekroczenie wielkości naprężenia górotworu powyżej zadanej wartości, przekroczenie wielkości naprężenia górotworu poniżej zadanej wartości, przekroczenie szybkości przyrostu naprężenia powyżej zadanej wartości, i/lub stan naprężeń w granicach dopuszczalnych. W szczególności, zewnętrzną pamięcią nieulotną jest pamięć ferroelektryczna.

Korzystnie, pamięć nieulotna mikrokontrolera obejmuje pamięć nieulotną programu i pamięć nieulotną parametrów. W jednej z praktycznych realizacji, zegar czasu rzeczywistego stanowi element wbudowany w mikrokontroler, ale zdolny do aktywnego funkcjonowania w stanie uśpienia mikrokontrolera. Alternatywnie, zegar czasu rzeczywistego stanowi element zewnętrzny względem mikrokontrolera.

Korzystnie, źródłem energii elektrycznej o w przybliżeniu stałym napięciu jest chemiczne źródło energii elektrycznej, takie jak bateria elektryczna albo akumulator. W szczególności, urządzenie kontrolno-rejestrujące jest zabudowane w hermetycznej i odpornej na uszkodzenia mechaniczne obudowie dostosowanej do zamocowania w zespole przystropowym oprzyrządowanej kotwy.

Układ monitorowania zmian wytyżeń obudowy kotwowej mającej liczne oprzyrządowane kotwy górnicze osadzone w górotworze zaopatrzone w tensometry rozmieszczone w odstępach wzdłuż żerdzi kotwy, przy czym do każdego tensometru jest przyporządkowane co najmniej niezależne indywidualne wyprowadzenie elektryczne oraz wyprowadzenie elektryczne podłączone do elektrody wspólnej dla wszystkich tensometrów, według wynalazku charakteryzuje się tym, że obejmuje przyporządkowane indywidualnie do każdej kotwy i osadzone w zespole przystropowym kotwy urządzenia kontrolno-rejestrujące określone powyżej, oraz obejmuje przenośny moduł nadawczo-odbiorczy zawierający mikrokontroler jednokładowy do sterowania blokiem radiowym, który to blok radiowy dostosowany jest do komunikacji radiowej z podzespołem do komunikacji radiowej urządzenia kontrolno-rejestrującego, a ponadto przenośny moduł nadawczo-odbiorczy jest wyposażony w wymienną, masową pamięć nieu-

lotną oraz połączony z mikrokontrolerem wyświetlacz i zestaw przełączników sterujących do dwukierunkowej komunikacji przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego z operatorem, a także źródło energii elektrycznej o w przybliżeniu stałym napięciu.

Korzystnie, przenośny moduł nadawczo-odbiorczy jest wyposażony w interfejs USB do transferu zarchiwizowanych danych pobranych z urządzeń kontrolno-rejestrujących do komputera klasy PC, aby trwale zapamiętać i zarchiwizować dane pobrane z urządzeń kontrolno-rejestrujących. W szczególności, źródłem energii elektrycznej o w przybliżeniu stałym napięciu w przenośnym module nadawczo-odbiorczym jest chemiczne źródło energii elektrycznej, takie jak bateria elektryczna albo akumulator.

Sposób ciągłego monitorowania zmian obciążenia oprzyrządowanej kotwy górniczej zaopatrzonej w tensometry rozmieszczone w odstępach wzdłuż żerdzi kotwy, przy czym do każdego tensometru jest przyporządkowane co najmniej niezależne indywidualne wyprowadzenie elektryczne oraz wyprowadzenie elektryczne podłączone do elektrody wspólnej dla wszystkich tensometrów, według wynalazku charakteryzuje się tym, że:

- stosuje się urządzenie kontrolno-rejestrujące zamontowane w zespole przystopowym oprzyrządowanej kotwy uprzednio osadzonej w górotworze, które to urządzenie jest wyposażone w zespół przetwornika analogowo-cyfrowego, mikrokontroler mający pamięć nieulotną, pamięć ulotną i interfejs do komunikacji z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego, oraz jest wyposażone w zegar czasu rzeczywistego, zewnętrzną pamięć nieulotną do archiwizacji danych pomiarowych, podzespół do komunikacji radiowej mający indywidualny identyfikator sprzętowy do identyfikacji urządzenia z wykorzystaniem komunikacji radiowej oraz w sygnalizator optyczny, wymienione urządzenie połączone ze źródłem energii elektrycznej o w przybliżeniu stałym napięciu i wyposażone w elektroniczne stałoprądowe źródła zasilania połączone z elektrodą wspólną i indywidualnie z każdym z tensometrów oprzyrządowanej kotwy, przy czym wyprowadzenia indywidualne tensometrów są połączone z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego mającego ponadto wejście różnicowe i różnicowe wejście napięciowe odniesienia,
- sygnał elektryczny z tensometrów oprzyrządowanej kotwy przetwarza się do postaci cyfrowej w zespole przetwornika analogowo-cyfrowego, poddaje analizie, aby określić stan wyężenia kotwy w punktach osadzenia poszczególnych tensometrów, a uzyskane dane zapisuje w zewnętrznej pamięci nieulotnej urządzenia,
- informację – w czasie rzeczywistym – o bieżącym stanie wyężenia udostępnia się zewnętrznie do przestrzeni wyrobiska górniczego za pomocą sygnalizatora optycznego, który wyświetla przekroczenie wielkości naprężenia górotworu powyżej zadanej wartości, przekroczenie wielkości naprężenia górotworu poniżej zadanej wartości, i/lub przekroczenie szybkości przyrostu naprężenia powyżej zadanej wartości, albo stan braku zagrożenia.

Korzystnie, stosuje się urządzenie kontrolno-rejestrujące wyposażone w podzespół do komunikacji radiowej mający indywidualny identyfikator sprzętowy do identyfikacji indywidualnego urządzenia z wykorzystaniem komunikacji radiowej, oraz stosuje się przenośny moduł nadawczo-odbiorczy zawierający mikrokontroler jednokładowy do sterowania blokiem radiowym, który to blok radiowy dostosowany jest do komunikacji radiowej z podzespołem do komunikacji radiowej urządzenia kontrolno-rejestrującego, a który to przenośny moduł nadawczo-odbiorczy jest ponadto wyposażony w wymienną, masową pamięć nieulotną oraz podłączony do mikrokontrolera wyświetlacz i zestaw przełączników sterujących do dwukierunkowej komunikacji przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego z operatorem, a także źródło energii elektrycznej o w przybliżeniu stałym napięciu, oraz

- okresowo umieszcza się przenośny moduł nadawczo-odbiorczy w obszarze zasięgu komunikacji radiowej z wymienionym urządzeniem kontrolno-rejestrującym,
- nawiązuje się komunikację radiową między urządzeniem kontrolno-rejestrującym i przenośnym modulem nadawczo-odbiorczym po wybraniu odpowiedniego identyfikatora sprzętowego wybranego ze zbioru identyfikatorów sprzętowych zarejestrowanych w pamięci nieulotnej przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego do identyfikacji indywidualnego urządzenia, aby pobrać dane zapisane w zewnętrznej pamięci nieulotnej urządzenia kontrolno-rejestrującego oraz aby przeprowadzić synchronizację zegara czasu rzeczywistego urządzenia kontrolno-rejestrującego. W szczególności, synchronizację ze-

gara czasu rzeczywistego urządzenia kontrolno-rejestrującego wykonuje się po skorygowaniu zegara czasu rzeczywistego mikrokontrolera przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego.

Korzystnie, pobiera się co najmniej dane wybrane z grupy obejmującej:

- dane dotyczące przekroczenia maksymalnego wyężenia kotwy w punktach osadzenia poszczególnych tensometrów, od czasu rozpoczęcia pomiarów,
- dane dotyczące przekroczenia minimalnego wyężenia kotwy w punktach osadzenia poszczególnych tensometrów, od czasu rozpoczęcia pomiarów,
- dane dotyczące przekroczenia maksymalnej szybkości zmiany wyężenia kotwy w punktach osadzenia poszczególnych tensometrów, od czasu rozpoczęcia pomiarów,
- aktualny poziom wyężenia kotwy w punktach osadzenia poszczególnych tensometrów,
- liczbę wykonanych pomiarów,
- poziom napięcia źródła energii elektrycznej o w przybliżeniu stałym napięciu zasilającego urządzenie.

Korzystnie, urządzenie kontrolno-rejestrujące funkcjonuje w trybie oszczędzania energii elektrycznej, a jedynie krótkotrwale w trybie, w którym wykonuje pomiar i wysyła sygnał radiowy, z ewentualnym nawiązaniem łączności radiowej z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym do transferu danych i synchronizacji zegara czasu rzeczywistego, przy czym oba tryby uruchamia się naprzemiennie. W szczególności, urządzenie kontrolno-rejestrujące funkcjonuje w trybie oszczędzania energii elektrycznej, przez okres 0,1–3 minuty, a w trybie pomiaru i wysyłania sygnału radiowego przez okres 0,1–0,5 sekundy.

Korzystnie, sygnalizator optyczny (wysyła sygnał świetlny co 5–15 sekund, który to sygnał identyfikuje optycznie w czasie rzeczywistym przekroczenie wielkości naprężenia górotworu powyżej zadanej wartości, przekroczenie wielkości naprężenia górotworu poniżej zadanej wartości, albo przekroczenie szybkości przyrostu naprężenia powyżej zadanej wartości, względnie informuje o stanie braku zagrożenia. W szczególności, sygnał świetlny jest wysyłany przez diodę LED zdolną do emisji światła o różnych barwach, albo przez zespół diod LED obejmujący co najmniej dwie diody LED, z których każda jest zdolna do emisji światła o jednej barwie, przy czym barwy światła przyporządkowane do poszczególnych diod LED w zespole są różne.

Korzystnie, po odbiorze danych z urządzenia kontrolno-rejestrującego, wyniki pomiarów przesyła się z przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego do pamięci stałej komputera typu PC, i ewentualnie przeprowadza się systematyczną archiwizację danych zebranych w komputerze typu PC.

Korzystnie, przed zamontowaniem urządzenia kontrolno-rejestrującego w zespole przystropowym kotwy, w kolejnych etapach:

- dostarcza się oprogramowane urządzenie kontrolno-rejestrujące i wyposaża się w czynne źródło energii elektrycznej, aby uruchomić urządzenie w stanie serwisowym,
- w stanie serwisowym przeprowadza się czynności serwisowe obejmujące konfigurację i kalibrację urządzenia kontrolno-rejestrującego, z wykorzystaniem danych kalibracyjnych oprzyrządowanej kotwy,
- przełącza się urządzenie kontrolno-rejestrujące do stanu nieaktywnego, w którym wykluczone jest ponowne przejście do stanu serwisowego, aby chronić wprowadzone do pamięci nieulotnej mikrokontrolera urządzenia dane konfiguracyjne i dane kalibracyjne. W szczególności, urządzenie kontrolno-rejestrujące po kalibracji i przełączeniu do stanu nieaktywnego przeprowadza się w stan *Idle* o mniejszym poborze energii niż stan nieaktywny z użyciem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego, a po zamontowaniu urządzenia kontrolno-rejestrującego w zespole przystropowym kotwy, przeprowadza się wymienione urządzenie w stan nieaktywny, drogą radiową z użyciem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego. Następnie, przeprowadza się urządzenie kontrolno-rejestrujące ze stanu nieaktywnego do stanu uśpienia komunikując się z nim z użyciem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego. Urządzenie kontrolno-rejestrujące autonomicznie, zwłaszcza, przechodzi ze stanu uśpienia w stan aktywny z wykonaniem pomiaru, albo w stan aktywny bez wykonania pomiaru.

Układ określony powyżej według wynalazku stosuje się do pozyskiwania i archiwizacji danych naprężenia górotworu w funkcji czasu rzeczywistego, aby generować dynamiczną mapę naprężenia

górotworu. Korzystnie, wygenerowana dynamiczna mapa naprężenia górotworu służy do przewidywania lokalizacji w wyrobisku kopalni podziemnej o podwyższonym ryzyku zagrożenia katastrofą górniczą.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące według wynalazku może być instalowane na uprzednio wbudowanych oprzyrządowanych kotwach, bez ingerencji w mocowanie kotwy, i zapewnia ciągłe monitorowanie zmian wyężenia kotew w punktach rozmieszczenia poszczególnych tensometrów, w długim okresie czasu (wielomiesięcznym). Długookresowej pracy urządzenia sprzyja odpowiednie wykonanie obudowy, która wykazuje odporność na uszkodzenia mechaniczne i rzeczywiste, trudne warunki dołowe (wilgotność, zapylenie, wstrząsy i fale uderzeniowe związane z robotami strzałowymi).

Urządzenie w czytelny sposób autonomicznie sygnalizuje aktualne stany obudowy wyrobiska, takie jak stan normalnej pracy, zagrożenia lub alarmowy. Ponadto posiada możliwość archiwizacji i przesyłania drogą radiową wyników pomiarów, w celu dalszego ich późniejszego przetwarzania i analizy – celem doskonalenia metod doboru i rozwiązań systemów obudowy kotwowej. Układ monitorowania wyężeń oraz sposób ciągłego monitorowania wyężeń umożliwiają nieustanne śledzenie zmian wyężenia kotew w punktach rozmieszczenia poszczególnych tensometrów, w długim okresie czasu (do jednego roku), a także rejestrację i przesyłanie danych pomiarowych z wielu urządzeń, a następnie przetwarzanie uzyskanych wyników pomiarów. Zgodnie z wynalazkiem, w oparciu o historyczne i aktualne dane wyężeń w powiązaniu z ustaloną lokalizacją urządzeń współpracujących z kotwami oprzyrządowanymi, zestawia się dynamiczną mapę wyężeń ilustrującą miejsca zwiększonych naprężeń górotworu (kumulowanie naprężeń w wydłużonych okresach czasowych) oraz ich zmienności w czasie, co umożliwiałoby wytypowanie obszarów o zwiększonym zagrożeniu katastrofą górniczą.

Urządzenie według wynalazku umożliwia analizę korelacji pomiędzy wyężeniami w różnych miejscach kotwy, wykrywa różnice wyężeń pomiędzy sąsiednimi elementami pomiarowymi kotwy oprzyrządowanej, rejestruje szybkość zmiany różnicy wyężeń pomiędzy sąsiednimi elementami pomiarowymi kotwy. Wykrywa przekroczenie minimalnego wyężenia kotwy, przekroczenie maksymalnego wyężenia kotwy oraz przekroczenie maksymalnej szybkości zmiany wyężenia kotwy. Wiedza o rzeczywistym wyężeniu kotew zabezpieczających wyrobiska górnicze, szczególnie w połączeniu z informacjami dotyczącymi deformacji stropu bezpośredniego, jest niezastąpionym środkiem rozpoznania skuteczności kotwienia oraz mechanizmu współpracy kotew z górotworem.

Wynalazek jest dalej szczegółowo przedstawiony z powołaniem rysunku, którego fig. 1 przedstawia schematycznie zestawienie podzespołów wchodzących w skład urządzenia kontrolno-rejestrującego według wynalazku, fig. 2 przedstawia schematycznie zestawienie podzespołów wchodzących w skład przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego, fig. 3 przedstawia schematycznie zestawienie urządzeń kontrolno-rejestrujących i przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego współpracujących w układzie monitorowania wyężeń według wynalazku, fig. 4 przedstawia schemat przykładowych połączeń elektrycznych według wynalazku w zastosowaniu do pomiaru oporów poszczególnych tensometrów kotwy oprzyrządowanej, fig. 5 przedstawia płytkę układu elektronicznego wykorzystaną po modyfikacjach w praktycznej realizacji zespołu przetwornika analogowo-cyfrowego, fig. 6 przedstawia schemat układu elektronicznego podzespołu do komunikacji radiowej urządzenia kontrolno-rejestrującego według wynalazku, fig. 7 przedstawia schemat trybów pracy wykorzystywany w praktycznej realizacji urządzenia kontrolno-rejestrującego, fig. 8 przedstawia wyniki pomiarów kalibracyjnych dla oprzyrządowanej kotwy wyężonej siłą $F=50$ kN, fig. 9 pokazuje histogramy wyników pomiarów jednorodnie obciążonej kotwy oprzyrządowanej $F=50$ kN, fig. 10 przedstawia układ do kalibracji oprzyrządowanej kotwy, fig. 11 przedstawia etapy optymalizacji zużycia energii w praktycznej realizacji urządzenia kontrolno-rejestrującego według wynalazku, a fig. 12 przedstawia zmodyfikowany pod kątem oszczędności energii schemat trybów pracy wykorzystywany w praktycznej realizacji urządzenia kontrolno-rejestrującego.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 według wynalazku, przedstawione na fig. 1, jest przeznaczone do współpracy z oprzyrządowaną kotwą 2 górniczą, taką jak kotwa wklejana lub rozprężna, zwłaszcza z kotwą wklejaną. Wymieniona kotwa 2 jest osadzona w górotworze tak, że żerdź kotwy jest wprowadzona w odpowiedni otwór wykonany w górotworze i jest mocowana w otworze, na przykład z zastosowaniem spoiw utwardzalnych. Oprzyrządowana kotwa 2 jest zaopatrzona w liczne tensometry T_1-T_n (gdzie n oznacza liczbę naturalną, korzystnie wybraną z zakresu 2–20, bardziej korzystnie 5–15, jeszcze bardziej korzystnie 8–12), rozmieszczone w odstępach wzdłuż żerdzi kotwy (co oznacza, że tensometry są zagłębione w otworze w górotworze i niedostępne po osadzeniu kotwy 2). Rejestracja danych pomiarowych z tensometrów T_1-T_n następuje poprzez wyprowadzenia elektryczne udostępnione

poza strefą mocowania kotwy 2 w górotworze. Każdy z tensometrów T_1-T_n ma co najmniej niezależne wyprowadzenie indywidualnie przyporządkowane do danego tensometru oraz wyprowadzenie elektryczne połączone do u wspólnionej elektrody 3. Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 według wynalazku jest wyposażone w źródło energii elektrycznej 4 o w przybliżeniu stałym napięciu.

W obrębie opisu i zastrzeżeń patentowych, źródło energii elektrycznej o w przybliżeniu stałym napięciu oznacza źródło energii elektrycznej zdolne do dostarczania prądu o stałym zwrocie i kierunku przepływu ładunków elektrycznych, przy czym napięcie zapewniane przez źródło – po obciążeniu układem elektrycznym, który jest zasilany przez wymienione źródło – jest zasadniczo stałe, na podstawie porównania pomiarów wykonywanych w nieodległych punktach czasowych, w odstępach nie dłuższych niż 15 minut. Źródłem energii elektrycznej o w przybliżeniu stałym napięciu jest zwłaszcza źródło o napięciu stopniowo zmniejszającym w toku długotrwałej eksploatacji względem napięcia wyjściowego/początkowego, takie jak chemiczne źródło energii elektrycznej.

Korzystnie, źródłem energii elektrycznej 4 o w przybliżeniu stałym napięciu jest takie chemiczne źródło energii elektrycznej, jak bateria elektryczna albo akumulator.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 według wynalazku jest wyposażone w indywidualne źródła zasilania prądu stałego każdego tensometru, którymi są stałoprądowe elektroniczne źródła zasilania, (dostarczające prąd o stałym natężeniu do tensometrów, np. o wartości 100 μ A). Korzystnie, natężenie prądu płynącego przez poszczególne tensometry jest takie samo, jest niezależne od oporu tensometrów, i nie zależy od napięcia zasilającego całe urządzenie kontrolno-rejestrujące 1.

W rozwiązaniu według wynalazku poziom wyłączenia kotwy wyznacza się (stosując zasilanie stałoprądowe) poprzez pomiar spadku napięcia na danym tensometrze, z wykorzystaniem wyprowadzenia elektrycznego indywidualnie przyporządkowanego do danego tensometru. Wymienione wyprowadzenia indywidualne tensometrów T_1-T_n są odpowiednio połączone elektrycznie zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego 5 mającym wejście różnicowe i różnicowe wejście napięciowe odniesienia. Odpowiednie połączenie indywidualnych tensometrów T_1-T_n z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego 5 polega na tym, że wyprowadzenie indywidualne z danego tensometru jest połączone z przyporządkowanym tensometrowi pojedynczym przetwornikiem analogowo-cyfrowym, i w takiej praktycznej realizacji zespół przetwornika analogowo-cyfrowego 5 obejmuje wiele przetworników analogowo-cyfrowych przyporządkowanych do poszczególnych tensometrów T_1-T_n . Alternatywnie i korzystnie, zespół przetwornika analogowo-cyfrowego 5 obejmuje wielowejsściowy przetwornik analogowo-cyfrowy z wejściami przyporządkowanymi do indywidualnych wyprowadzeń z poszczególnych tensometrów oprzyrządowanej kotwy 2. Korzystnie, zespół przetwornika analogowo-cyfrowego 5 zawiera przetwornik o wysokiej rozdzielczości i niskim poborze energii.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 ponadto jest wyposażone w mikrokontroler 6 mający interfejs do komunikacji z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego 5. Mikrokontroler 6 ma pamięć nieulotną, która obejmuje pamięć nieulotną programu oraz pamięć nieulotną parametrów, oraz pamięć ulotną, taką jak RAM. Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 jest wyposażone w zegar czasu rzeczywistego, który ewentualnie może być zegarem wewnętrznym mikrokontrolera 6, pod warunkiem, że wymieniony zegar wewnętrzny pozostaje funkcjonalnie czynny także w stanie uśpienia mikrokontrolera 6. Ponadto urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 jest wyposażone w zewnętrzną pamięć nieulotną 7 do archiwizacji danych pomiarowych (którą korzystnie jest pamięć ferroelektryczna) oraz jest połączony ze źródłem energii elektrycznej 4 o w przybliżeniu stałym napięciu. Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 jest wyposażone w sygnalizator optyczny 8 identyfikujący optycznie w czasie rzeczywistym stan obudowy kotwowej, na przykład poprzez dostarczenie informacji o przekroczeniu wielkości naprężenia górotworu powyżej zadanej wartości wykryty przez którymkolwiek z tensometrów T_1-T_n oprzyrządowanej kotwy 2, o przekroczeniu wielkości naprężenia górotworu poniżej zadanej wartości i/lub o przekroczeniu szybkości przyrostu naprężenia powyżej zadanej wartości, względnie o braku zagrożenia. Sygnalizatorem optycznym 8 korzystnie jest dioda LED zdolna do emisji światła o różnych barwach, albo zespół diod LED obejmujący co najmniej dwie diody LED, z których każda jest zdolna do emisji światła o jednej barwie, przy czym barwy światła przyporządkowane do poszczególnych diod LED w zespole są różne. Na przykład sygnalizatorem optycznym 8 jest dioda LED zdolna do emisji światła w co najmniej w dwóch zakresach długości fal światła widzialnego, korzystnie w 2–4 zakresach długości fal światła widzialnego, względnie zespół co najmniej dwóch diod LED zdolnych do emisji światła różnych zakresach długości fal światła widzialnego, na przykład zespół 2–4 diod LED. Przykładowymi zakresami długości fali światła widzialnego emisji diod LED są zakresy

odpowiadające barwom światła zwykle rozpoznawanym przez oko ludzkie, wybrane spośród barwy czerwonej, pomarańczowej, żółtej, zielonej i niebieskiej.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 według wynalazku jest ponadto wyposażone w podzespół do komunikacji radiowej 9 mający indywidualny identyfikator sprzętowy do identyfikacji danego urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 z wykorzystaniem komunikacji radiowej. Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 może być także wyposażone w blok komunikacji USB (nie pokazany), za pośrednictwem którego wykonuje się obsługę serwisową urządzenia 1, na przykład podczas kalibracji.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 jest zabudowane w hermetycznej i odpornej na uszkodzenia mechaniczne obudowie, która korzystnie jest dostosowana do zamocowania w zespole przystopowym oprzyrządowanej kotwy 2. Bardziej korzystnie, obudowa urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 jest wykonana tak, aby po zakończeniu czasu eksploatacji ewentualnie uzyskać dostęp do danych zachowanych w pamięci nieulotnej, a także odczytać ostatnie dane (np. niedostępne drogą radiową wskutek zaniku zasilania, albo awarii urządzenia 1). Dane te pozostają zapisane w zewnętrznej pamięci nieulotnej 7 (którą korzystnie jest nieulotna ferroelektryczna pamięć FeRAM) i nie ulegają skasowaniu po zaniku zasilania urządzenia kontrolno-rejestrującego 1.

Podzespół do komunikacji radiowej 9 urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 służy do komunikacji radiowej z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10 (pokazanym schematycznie na fig. 2), który okresowo może znajdować w lokalizacji radiowo dostępnej, w relacji do co najmniej jednego urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 osadzonego w zespole przystopowym oprzyrządowanej kotwy 2. Wymieniony przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10, który jest schematycznie zilustrowany na fig. 3, zawiera mikrokontroler jednocukładowy 11 do sterowania blokiem radiowym 12, który to blok radiowy 12 dostosowany jest do komunikacji radiowej z podzespołem do komunikacji radiowej 9 urządzenia kontrolno-rejestrującego 1. Ponadto przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 jest wyposażony w wymienną, masową pamięć 13 nieulotną oraz połączony z mikrokontrolerem 11 wyświetlacz 14, zestaw przełączników sterujących 15 do dwukierunkowej komunikacji przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 z operatorem, a także źródło energii elektrycznej 16 o w przybliżeniu stałym napięciu. Korzystnie, źródłem energii elektrycznej 16 o w przybliżeniu stałym napięciu w przenośnym module nadawczo-odbiorczym 10 jest chemiczne źródło energii elektrycznej, takie jak bateria elektryczna albo akumulator.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1, po zamontowaniu w zespole przystopowym oprzyrządowanej kotwy 2 górniczej, zwłaszcza kotwy wklejanej, monitoruje zmiany wyężenia kotwy dzięki temu, iż zależne od wyężenia kotwy sygnały elektryczne z tensometrów T_1 - T_n są przetwarzane do postaci cyfrowej sygnału w zespole przetwornika analogowo-cyfrowego 5. Zespół przetwornika analogowo-cyfrowego 5 jest sterowany przez mikrokontroler 6, którym korzystnie jest mikrokontroler jednocukładowy o niskim poborze energii w stanie uśpienia. Dane pobrane z zespołu przetwornika analogowo-cyfrowego 5 są zapisywane w nieulotnej pamięci 7 i poddawane analizie mającej na celu określenie stanu wyężenia oprzyrządowanej kotwy 2. Wynik analizy – na przykład stan dobry albo stan alarmowy – jest wyświetlany, korzystnie cyklicznie, w postaci różnobarwnych sygnałów przez sygnalizator optyczny 8. Wszystkie bloki układu urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 są zasilane ze źródła energii elektrycznej 4 o w przybliżeniu stałym napięciu.

Nadto, informacja o stanie wyężenia oprzyrządowanej kotwy 2 jest również wysyłana bezprzewodowo (drogą radiową), korzystnie cyklicznie, za pomocą podzespołu do komunikacji radiowej 9 i jest odbierana przez przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10, gdy ten znajduje w lokalizacji radiowo dostępnej względem rozmieszczenia urządzenia kontrolno-rejestrującego 1. Podzespół do komunikacji radiowej 9 jest również wykorzystywany do transmisji historycznych danych pomiarowych zgromadzonych w pamięci nieulotnej 7 urządzenia kontrolno-rejestrującego 1, do przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10, a także jest wykorzystywany do odbierania danych wysyłanych z przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 dotyczących konfiguracji parametrów i zegara czasu rzeczywistego urządzenia kontrolno-rejestrującego 1. W okresach pomiędzy pomiarami układ elektroniczny urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 przechodzi w stan o niskim poborze energii.

Przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10, gdy znajduje się w lokalizacji radiowo dostępnej względem rozmieszczenia urządzenia kontrolno-rejestrującego 1, rozpoznaje dane urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 na podstawie niepowtarzalnego identyfikatora sprzętowego wymienionego urządzenia 1. Każde urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 ma przypisany indywidualny identyfikator sprzętowy do identyfikacji indywidualnego urządzenia z wykorzystaniem komunikacji radiowej. Przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 jest wyposażony w zapamiętaną listę identyfikatorów sprzętowych zbioru urządzeń kontrolno-rejestrujących, co umożliwia – po rozpoznaniu drogą radiową urządzeń kontrolno-

rejestrujących znajdujących się lokalizacji radiowo dostępnej – na wybranie specyficznego identyfikatora sprzętowego urządzenia kontrolno-rejestrującego, z którego operator zamierza pobrać zgromadzone dane pomiarowe i/lub w którym operator zamierza przeprowadzić konfigurację oprogramowania i zegara czasu rzeczywistego.

Przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10, w którym elementem sterującym jest mikrokontroler jednocukładowy 11, zapisuje odebrane dane w masowej, nieulotnej i wymiennej pamięci 13. Podłączony do mikrokontrolera wyświetlacz 14 i zestaw przełączników sterujących 15 służą do dwukierunkowej komunikacji przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 z operatorem. Wszystkie bloki modułu 10 są zasilane z wewnętrznego źródła energii elektrycznej 16.

Zazwyczaj w lokalizacji radiowo dostępnej względem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 dostarczonego przez operatora do przestrzeni wyrobiska kopalni podziemnej, znajduje się kilka urządzeń kontrolno-rejestrujących, na przykład urządzenia 1.1, 1.2, 1.3. Przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 rozpoznaje dane urządzenie kontrolno-rejestrujące – wybrane spośród dostępnych – na podstawie niepowtarzalnego identyfikatora sprzętowego urządzenia kontrolno-rejestrującego. W trakcie przemieszczania się operatora wraz przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10, w obrębie dostępności radiowej względem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 ujawniają się kolejne urządzenia – ogólnie oznaczone 1.n (gdzie n oznacza liczbę naturalną, a zbiór od 1.1 do 1.n obejmuje urządzenia kontrolno-rejestrujące według wynalazku, z których każdy jest zamocowany w zespole przystropowym indywidualnej oprzyrządowanej kotwy w wyrobisku kopalni). Sukcesywnie zarazem, w toku przemieszczania przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 w obrębie wyrobiska kopalni podziemnej może stawać się niedostępna komunikacja radiowa z urządzeniami, na przykład 1.1, 1.2, 1.3. Niemniej, w następstwie wizytacji kolejnych przestrzeni wyrobiska kopalni podziemnej z zastosowaniem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 przemieszczanego w obrębie co najmniej jednego wyrobiska i sekwencyjnego aktywowania komunikacji radiowej z licznymi urządzeniami kontrolno-rejestrującymi 1.1-1.n, wykonuje się pobieranie danych pomiarowych zgromadzonych w urządzeniach 1.1-1.n i/lub przeprowadza się indywidualne konfiguracje oprogramowania i zegara czasu rzeczywistego w urządzeniach 1.1-1.n. W rezultacie, w sposób cykliczny uzyskuje się komplet danych dotyczących poziomów wytyżeń na poszczególnych oprzyrządzanych kotwach 2 zainstalowanych w wyrobisku kopalni podziemnej. Uzyskiwane wyniki pomiarowe są archiwizowane w funkcji czasu rzeczywistego.

W związku z powyższym, przedmiotem wynalazku jest także układ monitorowania wytyżeń zilustrowany schematycznie na fig. 3, obejmujący liczne urządzenia kontrolno-rejestrujące 1.1-1.n określone powyżej przyporządkowane do oprzyrządzanych kotew 2 wyposażonych w tensometry T_1-T_n , które to kotwy 2 są osadzone w górotworze. Wymieniony układ monitorowania wytyżeń obejmuje także przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 zawierający mikrokontroler jednocukładowy 11 do sterowania blokiem radiowym 12, który to blok radiowy 12 dostosowany jest do komunikacji radiowej z podzespolem do komunikacji radiowej 9 urządzenia kontrolno-rejestrującego (tj. każdego z urządzeń 1.1-1.n), a który to przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 jest wyposażony także w wymienną, masową pamięć nieulotną 13 oraz połączony z mikrokontrolerem 11 wyświetlacz 14 i zestaw przełączników sterujących 15 do dwukierunkowej komunikacji przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego z operatorem, i który to przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 jest zaopatrzony w przenośne źródło energii elektrycznej 16 o w przybliżeniu stałym napięciu, takie jak chemiczne źródło energii elektrycznej, na przykład jak bateria elektryczna albo akumulator. Nadto, przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 jest wyposażony w interfejs USB do transferu zarchiwizowanych danych pobranych z urządzeń kontrolno-rejestrujących 1.1-1.n, do komputera klasy PC, aby trwale zapamiętać i zarchiwizować dane pobrane z urządzeń kontrolno-rejestrujących 1.1-1.n.

Wynalazek dotyczy także sposobu ciągłego monitorowania zmian wytyżenia oprzyrządowanej kotwy 2 górniczej, w którym:

- stosuje się urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 zamontowane w zespole przystropowym oprzyrządowanej kotwy 2 uprzednio osadzonej w górotworze, wyposażone w źródło energii elektrycznej 4 o w przybliżeniu stałym napięciu, oraz wyposażone w stałoprądowe źródła zasilania dostarczające prąd o stałym natężeniu do tensometrów T_1-T_n oprzyrządowanej kotwy 2, które to urządzenie jest dostosowane do pomiaru spadków napięcia na tensometrach T_1-T_n z wykorzystaniem wyprowadzeń indywidualnie przyporządkowanych do tensometrów T_1-T_n , połączonych z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego 5

- mającym wejście różnicowe i różnicowe wejście napięciowe odniesienia, które to urządzenie 1 ponadto jest wyposażone w mikrokontroler 6 mający pamięć nieulotną, pamięć ulotną oraz interfejs do komunikacji z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego 5, oraz jest wyposażone w zegar czasu rzeczywistego, nieulotną pamięć zewnętrzną 7 do archiwizacji danych pomiarowych, a także jest wyposażone w sygnalizator optyczny 8,
- sygnał elektryczny z tensometrów T_1 - T_n przetwarza się do postaci cyfrowej w zespole przetwornika analogowo-cyfrowego 5, poddaje analizie, aby określić stan obciążenia kotwy, a uzyskane dane zapisuje w zewnętrznej pamięci nieulotnej 7 urządzenia kontrolno-rejestrującego 1,
 - informację – w czasie rzeczywistym – o bieżącym stanie wyłączenia oprzyrządowanej kotwy 2 udostępnia się zewnętrznie do przestrzeni wyrobiska górniczego za pomocą sygnalizatora optycznego 8, który wskazuje optycznie na przykład przekroczenie wielkości naprężenia górotworu powyżej zadanej wartości, przekroczenie wielkości naprężenia górotworu poniżej zadanej wartości, albo przekroczenie szybkości przyrostu naprężenia powyżej zadanej wartości, albo stan braku zagrożenia. Bardziej szczegółowo, w sposobie stosuje się urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 wyposażone w podzespół do komunikacji radiowej 9 mający indywidualny identyfikator sprzętowy do identyfikacji indywidualnego urządzenia 1 z wykorzystaniem komunikacji radiowej, oraz stosuje się przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 zawierający mikrokontroler jednokładowy 11 do sterowania blokiem radiowym 12, który to blok radiowy 12 dostosowany jest do komunikacji radiowej z podzespołem do komunikacji radiowej 9 urządzenia kontrolno-rejestrującego 1, a który to przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 jest ponadto wyposażony w wymienną, masową pamięć nieulotną oraz podłączony do mikrokontrolera wyświetlacz, zestaw przelączników sterujących do dwukierunkowej komunikacji modułu z operatorem, a także źródło energii elektrycznej 16 o w przybliżeniu stałym napięciu, oraz
 - okresowo umieszcza się przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 w obszarze zasięgu komunikacji radiowej z wymienionym urządzeniem 1,
 - nawiązuje się komunikację radiową między urządzeniem 1 i przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10 po wybraniu odpowiedniego identyfikatora sprzętowego wybranego ze zbioru identyfikatorów sprzętowych zarejestrowanych w pamięci nieulotnej przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 do identyfikacji indywidualnego urządzenia, aby pobrać dane zapisane w zewnętrznej pamięci nieulotnej urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 oraz aby przeprowadzić synchronizację zegara czasu rzeczywistego urządzenia kontrolno-rejestrującego 1. Synchronizację zegara czasu rzeczywistego urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 wykonuje się korzystnie po skorygowaniu zegara czasu rzeczywistego mikrokontrolera przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10.

Po nawiązaniu komunikacji radiowej między przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10 a urządzeniem kontrolno-rejestrującym 1 i wybraniu indywidualnego numeru sprzętowego urządzenia 1, pobiera się co najmniej dane wybrane z grupy obejmującej:

- dane dotyczące przekroczenia maksymalnego wyłączenia kotwy 2, na każdym z tensometrów T_1 - T_n , od czasu rozpoczęcia pomiarów,
- dane dotyczące przekroczenia minimalnego wyłączenia kotwy 2, na każdym z tensometrów T_1 - T_n , od czasu rozpoczęcia pomiarów,
- dane dotyczące przekroczenia maksymalnej szybkości zmiany wyłączenia kotwy 2, na każdym z tensometrów T_1 - T_n , od czasu rozpoczęcia pomiarów,
- aktualny poziom wyłączenia kotwy 2, na każdym z tensometrów T_1 - T_n ,
- liczbę wykonanych pomiarów,
- poziom napięcia źródła energii elektrycznej 4 zasilającego urządzenie kontrolno-rejestrujące 1.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 funkcjonuje w trybie oszczędzania energii elektrycznej, a jedynie krótkotrwale w trybie, w którym wykonuje się pomiar i wysyła sygnał radiowy, z ewentualnym nawiązaniem łączności radiowej z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10 do transferu danych i synchronizacji zegara czasu rzeczywistego, przy czym oba tryby uruchamia się naprzemiennie. Ko-

rzystnie, częstotliwość dokonywania pomiarów może być niezależnie ustalana indywidualnie dla każdego urządzenia kontrolno-rejestrującego 1. Zazwyczaj jednak urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 funkcjonuje w stanie, w którym wykonuje się pomiar przez okres 0,1–0,5 sekundy, oraz w trybie oszczędzania energii elektrycznej, przez okres 0,1–3 minut. Ponadto, sygnalizator optyczny wysyła sygnał świetlny co 5–15 sekund, który to sygnał identyfikuje optycznie w czasie rzeczywistym przekroczenie wielkości naprężenia górotworu powyżej zadanej wartości, albo przekroczenie wielkości przyrostu naprężenia powyżej zadanej wartości, względnie informuje o stanie braku zagrożenia. Korzystnie, sygnał świetlny jest wysyłany przez diodę LED zdolną do emisji światła o różnych barwach, albo przez zespół diod LED obejmujący co najmniej dwie diody LED, z których każda jest zdolna do emisji światła o jednej barwie, przy czym barwy światła przyporządkowane do poszczególnych diod LED w zespole są różne.

Wyniki pomiarów, po zebraniu danych z urządzenia kontrolno-rejestrującego 1, przenosi się z pamięci przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 do pamięci stałej komputera typu PC, i ewentualnie przeprowadza się systematyczną archiwizację danych zebranych w komputerze typu PC.

Układ ciągłego monitorowania wyteżeń według wynalazku oraz sposób ciągłego monitorowania zmian wyteżenia oprzyrządowanej kotwy górniczej umożliwiają ciągłe śledzenie zmian wyteżenia oprzyrządowanych kotew 2, w długim okresie czasu (wielomiesięcznym), z wykorzystaniem licznych urządzeń kontrolno-rejestrujących 1.1-1.n zabudowanych w zespołach przystopowych kotew 2, zwłaszcza kotew wklejanych. Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 według wynalazku, zamknięte w obudowie odpornej na uszkodzenia mechaniczne i trudne warunki dołowe (wilgoć, zapylenie), może zostać zabudowane na długi okres czasu w zespole przystopowym oprzyrządowanej kotwy, bez konieczności demontażu.

Informacje dotyczące rzeczywistego obciążenia obudowy górniczej, jej odkształceń, uszkodzeń oraz zachodzących deformacji stropu bezpośrednio umożliwiają kontrolę zabezpieczenia podziemnych wyrobisk górniczych, określenie skuteczności kotwienia oraz analizę mechanizmu współpracy kotew z górotworem. Czynniki technologiczne i właściwości reologiczne górotworu powodują, że z upływem czasu obciążenie kotew ulega zmianie (rośnie), jednak w pewnych wypadkach może też spadać (nawet całkowicie do zera). Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 według wynalazku w czytelny sposób sygnalizuje stan obudowy wyrobiska, umownie określony – w relacji do mierzonych poziomów wyteżeń – jako stan braku zagrożenia (normalnej pracy), stan zagrożenia lub stan alarmowy. Dane pomiarowe z każdego urządzenia obejmują dane pierwotne stanowiące częstotliwie wykonywane pomiary wyteżeń, jak i dane przetworzone ilustrujące zmienność wartości siły w funkcji czasu. Dane pomiarowe po zarchiwizowaniu, zebraniu za pomocą przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10, są dostarczone do komputera PC za pośrednictwem łącza USB modułu nadawczo-odbiorczego 10. Na podstawie danych lokalizacyjnych urządzeń kontrolno-rejestrujących 1.1-1.n na terenie kopalni, przetworzonych do postaci przestrzennego odwzorowania, oraz danych wyteżeń w funkcji czasu rzeczywistego w poszczególnych lokalizacjach urządzeń kontrolno-rejestrujących 1.1-1.n zestawia się dynamiczną mapę naprężeń górotworu ilustrującą miejsca zwiększonych naprężeń (kumulowanie naprężeń w wydłużonych okresach czasowych) oraz ich zmienności w czasie, co umożliwia wytypowanie obszarów o zwiększonym zagrożeniu katastrofą górniczą.

P r z y k ł a d

Rozwiązanie według wynalazku jest dedykowane do ciągłego monitorowania zmian obciążenia obudowy kotwowej, we współpracy z oprzyrządowanymi kotwami o zamocowaniu mechanicznym (korzystnie kotwami wklejanymi), i jest przeznaczone do użytku przemysłowego w warunkach podziemnych kopalń, zwłaszcza kopalń rud miedzi. Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 jest zabudowane w hermeticznym i odpornej na uszkodzenia mechaniczne obudowie mocowanej na przykład do zespołu przystopowego kotwy. Przykładowe urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 jest adresowane do współpracy z oprzyrządowaną kotwą konkretnego typu, (na przykład standardową kotwą oprzyrządowaną firmy Minova Arnall Sp. z o.o.), która wykazuje następujące cechy techniczne:

- nie posiada kompletnych mostków tensometrycznych,
- posiada dwa zestawy tensometrów,
- każdy z zestawów składa się z dziewięciu elementów,
- układ posiada dwadzieścia wyprowadzeń elektrycznych,
- każdy z tensometrów ma jedno wyprowadzenie połączone do wspólnej elektrody (każdy z zestawów posiada własną wspólną elektrodę),
- każdy z tensometrów posiada jedno wyprowadzenie dostępne niezależnie.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 składa się z szeregu bloków funkcyjnych wymienionych powyżej (źródło energii elektrycznej 4 o w przybliżeniu stałym napięciu, zespół przetwornika analogowo-cyfrowego 5, mikrokontroler 6, pamięć nieulotna 7, podzespół do komunikacji radiowej 9) i zilustrowanych na fig. 2, które w większości stanowią specjalizowane elementy elektroniczne. Urządzenie 1 może być zaopatrzone w opcjonalny blok komunikacji USB (nie pokazany).

Pomiary tensometrów wykazały, iż każdy z nich w stanie nienaprężonym wykazuje opór elektryczny rzędu 120 omów. Wyznaczanie oporu jest wykonywane metodą dwuprzewodową, poprzez pomiar spadku napięcia na badanym tensometrze zasilanym ze źródła stałoprądowego. Schemat połączeń elektrycznych zastosowany do pomiaru oporów poszczególnych tensometrów jest przedstawiony na fig. 4.

Wyjścia półmostków są dołączone do węzłów P1-P9 natomiast węzły Ref1P i Ref1N są połączone z zewnętrznym źródłem napięcia odniesienia. W celu separacji części cyfrowej i analogowej zastosowano optoizolację. Stanowi ona zaporę dla zakłóceń generowanych przez mikrokontroler, pamięć i moduł komunikacji. Archiwizacja pomiarów odbywa się w nieulotnej pamięci 7 ferroelektrycznej. Komunikacja cyfrowa pomiędzy poszczególnymi blokami funkcyjnymi odbywa się za pomocą interfejsów SPI. Interfejs ten zapewnia dwukierunkową, równoczesną, szeregową i synchroniczną transmisję danych.

W części analogowej urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 wykorzystano płytke uruchomieniową przetwornika analogowo-cyfrowego MAX11410 firmy Maxim Integrated, przedstawioną na fig. 5. Płytkę ta zawiera dodatkowo mikrokontroler MAXQ622 (również firmy Maxim Integrated), który dla potrzeb wynalazku został odłączony od przetwornika MAX11410 i zastąpiony przez dodanie połączenia umożliwiającego kontrolowanie przetwornika analogowo-cyfrowego MAX11410 przez zewnętrzny mikrokontroler z rodziny AVR. Modyfikacja polega usunięciu oporników R40, R41, R42, R43, wskutek czego możliwe jest wykorzystanie do komunikacji z przetwornikiem analogowo-cyfrowym istniejącego czterokanałowego optoizolatora. Do pełnego kontrolowania układu MAX11410 – oprócz trzech linii interfejsu SPI (MOSI, MISO i CLK) – konieczne jest użycie dodatkowej czwartej linii CS. Sygnały z poszczególnych półmostków są podawane na wejścia A0-A8 natomiast napięcie odniesienia, na różnicowe wejście REF1P i REF1N.

Najważniejszymi cechami zastosowanego przetwornika analogowego, istotnymi z punktu widzenia konstrukcji układu pomiarowego są:

- 24-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy Δ - Σ (delta-sigma),
- szybkość pomiarów do 36 na sekundę,
- dziesięciokanałowy multiplekser napięć wejściowych,
- możliwość pracy w trybie „single-ended”,
- różnicowe wejścia napięć referencyjnych,
- dwa programowane źródła prądowe 10–1600 μ A,
- tłumienie 90 dB zakłóceń pochodzących z sieci energetycznej 50 Hz,
- standardowy interfejs komunikacyjny SPI o częstotliwości pracy do 8 MHz,
- obecność wbudowanego klucza prądowego,
- możliwość działania w zakresie temperatur pracy od -40 do +125°C.

Urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 jest dostosowane do działania ciągłego i cechuje się niskim poborem energii. W pamięci urządzenia są zawarte indywidualne dane kalibracyjne poszczególnych tensometrów T_1 - T_n oprzyrządowanej kotwy 2. Urządzenie 1 wykonuje autonomicznie pomiary wyężenia sekwencyjnie dla kolejnych punktów mocowania tensometrów oprzyrządowanej kotwy.

Przetwarzanie danych pomiarowych wyężzeń można realizować z punktu widzenia:

- zależności czasowych,
- zależności przestrzennej.

W obu przypadkach należy uwzględnić takie efekty jak:

- przekroczenie minimalnego wyężenia kotwy,
- przekroczenie maksymalnego wyężenia kotwy,
- przekroczenie maksymalnej szybkości zmiany wyężenia kotwy.

W przypadku zależności przestrzennej dodatkowo można analizować:

- korelację pomiędzy wyężeniami w różnych miejscach kotwy,
- różnicę wyężzeń pomiędzy sąsiednimi elementami pomiarowymi kotwy,

- szybkość zmiany różnicy wyłączeń pomiędzy sąsiednimi elementami pomiarowymi kotwy.

Typowymi elementami programowalnymi są tzw. „mikrokontrolery”, wyposażone w dodatkowe zewnętrzne urządzenia peryferyjne. Spośród szerokiej gamy dostępnych mikrokontrolerów do przykładowej realizacji według wynalazku został wybrany mikrokontroler spełniający następujące wymagania:

- umożliwiający realizację zadanych funkcji,
- minimalizujący ilość zewnętrznych układów peryferyjnych,
- posiadający możliwość kontroli i regulacji poboru mocy w trybie aktywnym,
- zapewniający ekstremalnie niski pobór mocy w trybie nieaktywnym.

Odpowiednim mikrokontrolerem jest *Atmel XMEGA 256 A3BU*, który charakteryzuje się następującymi cechami istotnymi:

- wysoka wydajność,
- nieulotna pamięć danych i programu,
- 256 kB programowanej w systemie pamięci flash,
- 4 kB pamięci EEPROM,
- 16 kB wewnętrznej pamięci SRAM,
- siedem szesnastobitowych liczników timerów,
- interfejs USB 2.0 (12 Mb/s),
- dwa 12 bitowe przetworniki analogowo cyfrowe,
- autonomiczny 32 bitowy zegar czasu rzeczywistego,
- dwa interfejsy SPI,
- sześć interfejsów USART mogących pracować jako SPI,
- rozbudowany system zdarzeń i przerwań,
- programowo regulowana częstotliwość pracy procesora,
- ekstremalnie niski pobór prądu w trybie nieaktywnym (4 μ A),
- interfejs JTAG, który może być programowo wyłączony,
- możliwość programowego wyłączania praktycznie wszystkich wewnętrznych urządzeń peryferyjnych.

W tablicy 1 zestawiono elementy elektroniczne zastosowane w przykładowym urządzeniu kontrolno-rejestrującym według wynalazku.

T a b l i c a 1
Elementy zastosowane w przykładowym urządzeniu kontrolno-rejestrującym

Funkcja	Układ
kontrola i sterowanie całego układu, przechowywanie parametrów konfiguracyjnych	Atmel XMEGA 256 A3BU
archiwizacja danych	FM25V20A
komunikacja radiowa	nRF24L01
Zasilanie	LP 3990MF-3.3
pomiar wyłączenia	MAX11410

Wymieniony powyżej (jako opcjonalne wyposażenie urządzenia kontrolno-rejestrującego) blok komunikacji USB w przykładowej realizacji jest zainstalowany poprzez wbudowanie układu FT234XD umieszczonego na oryginalnej płytce LC234X. Moduł ten jest wykorzystywany jedynie podczas obsługi serwisowej urządzenia, na przykład podczas kalibracji.

Do praktycznej realizacji układu monitorowania wyłączeń wykonano szereg egzemplarzy urządzenia kontrolno-rejestrującego. Każdy urządzenie kontrolno-rejestrujące posiada własny numer ID. Urządzenia kontrolno-rejestrujące 1.1-1.n współpracują z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10, który drogą radiową komunikuje się z wymienionymi urządzeniami. Przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 spełnia funkcję czytnika i rejestratora danych pomiarowych, a zarazem umożliwia bezprzewodowe programowanie i kontrolę zabudowanych w warunkach dołowych wyrobiska kopalni urządzeń kontrolno-rejestrujących oraz transfer i gromadzenie danych pomiarowych zachowywanych i archiwizowanych w pamięci nieulotnej.

W relacji do przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10, na podstawie analizy założeń projektowych oraz stosowanych protokołów transmisji danych wybrano jako element zdalnej komunikacji zespół *nRF24L01+* firmy Nordic Semiconductor. Schemat blokowy *nRF24L01+* jest przedstawiony na fig. 6.

Zespół *nRF24L01+* pracuje w otwartym paśmie 2,4 GHz, zapewniając szybkość transmisji 250 kbps, 1 Mbps i 2 Mbps. Charakteryzuje się niskim poborem mocy: 11,3 mA w trybie TX, 13,5 mA w trybie RX dla 2 Mbps, 900 nA w trybie nieaktywnym. Poza tym umożliwia automatyczną obsługę 32 bajtowych pakietów danych (w tym powtarzanie transmisji w przypadku jej niepowodzenia), posiada sześć strumieni komunikacyjnych, adresuje pakiety danych trzema, czterema lub pięcioma bajtami (wybór następuje na drodze programowej), a także może być źródłem przerw dla mikrokontrolera.

Istotnym z punktu widzenia poboru energii jest czas transmisji. Jednym z elementów wpływających na ten czas jest wielkość używanego adresu. Z tego powodu zastosowano najmniejszą dostępną wielkość adresu, czyli trzy bajty. W ogólnym przypadku ogranicza to ilość rozróżnialnych urządzeń do 16 777 216. Ze względu na czytelność adresów stanowiących równocześnie identyfikatory urządzeń kontrolno-rejestrujących zdecydowano na stosowanie w nich jedynie cyfr. Zapewnia to rozróżnialność 1000 urządzeń 1. Z uwagi na propagację fal radiowych w warunkach wyrobiska kopalni podziemnej równocześnie w zasięgu przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 znajdzie się co najwyżej kilka urządzeń kontrolno-rejestrujących 1. Wobec tego zastosowane ograniczenie nie ma wpływu na funkcjonowanie całego układu monitorowania wyłączeń. Jeżeli w całym systemie wymagana będzie liczba urządzeń kontrolno-rejestrujących przekraczająca 1000, można będzie skorzystać z większych adresów lub wykorzystać unikalne numery seryjne urządzeń kontrolno-rejestrujących (bez zwiększania wielkości adresów).

Z urządzeniami kontrolno-rejestrującymi 1.1-1.n przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 komunikuje się stosując oryginalnie opracowany protokół. Protokół ten oparty jest o transfer trzydziestodwubajtowych pakietów danych. Pakiety te zawierają identyfikator wysyłającego urządzenia oraz dane pomiarowe. Takie rozwiązanie umożliwia wybór urządzenia kontrolno-rejestrującego, z którym przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 nawiąże łączność (w przypadku gdy w danym miejscu dostępne są sygnały radiowe z kilku urządzeń). Dodatkowo przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 informuje operatora, czy jest w zasięgu konkretnego urządzenia.

Po wybraniu danego urządzenia kontrolno-rejestrującego operator może:

- odczytać aktualny stan urządzenia:
 - status urządzenia:
 - przekroczenie maksymalnego wyłączenia na którymkolwiek z tensometrów kotwy od czasu rozpoczęcia pomiarów,
 - przekroczenie minimalnego wyłączenia na którymkolwiek z tensometrów kotwy od czasu rozpoczęcia pomiarów,
 - przekroczenie maksymalnej szybkości zmiany wyłączenia na którymkolwiek z tensometrów kotwy od czasu rozpoczęcia pomiarów,
 - wyłączenie na którymkolwiek z tensometrów kotwy,
 - liczbę wykonanych pomiarów,
 - napięcie zasilania,
 - lokalny czas urządzenia kontrolno-rejestrującego,
- pobrać zarchiwizowane dane.

W trakcie operacji transferu danych następuje automatyczna synchronizacja zegara czasu rzeczywistego danego urządzenia kontrolno-rejestrującego z zegarem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10. Ze względu na istotność oznaczenia czasu dla korelacji pomiarów wszystkich urządzeń

kontrolno-rejestrujących 1.1-1.n, korzystnie – każdorazowo przed rozpoczęciem pobierania danych z urządzeń – koryguje się zegar przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego (np. przy pomocy zegara sterowanego radiowo, odbiornika GPS lub serwera czasu).

Dane pomiarowe zgromadzone w pamięci przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 są następnie przekazywane do komputera klasy PC. W tym celu moduł nadawczo-odbiorczy 10 jest wyposażony jest w interfejs USB 2.0. do połączenia z komputerem klas PC. Komputer PC widzi przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 jako masowe urządzenie przechowywania danych (MSC). Korzystnie, dane pomiarowe pobrane z urządzeń kontrolno-rejestrujących przenosi się niezwłocznie do pamięci stałej komputera typu PC, prowadząc systematyczną archiwizację danych z komputera typu PC.

Oprogramowanie układu monitorowania według wynalazku.

Ze względu na rozwiązania konstrukcyjne urządzenia, po wykonaniu części elektronicznej konieczne jest zaprogramowanie użytych mikrokontrolerów. Do programowania zastosowano oryginalny programator *Atmel – ICE*. W procesie programowania wykorzystano interfejs *JTAG*. W celu zapewnienia niezawodności działania urządzenia zostały włączone funkcje mikrokontrolera chroniące zainstalowane oprogramowanie. Działające oprogramowanie mikrokontrolerów pozwoliło na sprawdzenie poprawności wykonania i działania skonstruowanego zestawienia elektronicznego.

Cechą charakterystyczną układu monitorowania wyteżeń jest wykorzystywanie wielu urządzeń kontrolno-rejestrujących 1.1-1.n osadzonych w zespołach przystropowych oprzyrządowanych kotew, które to urządzenia pracując niezależnie dostarczają jednak wspólnie informacje zebrane w jednym polu eksploatacyjnym lub wyrobisku kopalni podziemnej. Dane odbierane od urządzeń kontrolno-rejestrujących 1.1-1.n przez przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 są zapisywane są w oddzielnych plikach danych. Pliki te są następnie przechowywane w standardowym katalogu na dysku twardym komputera PC. Ze względu na sekwencyjny, rozłożony w czasie odczyt danych z urządzeń kontrolno-rejestrujących 1.1-1.n, poszczególne pliki zawierają informacje o stanach wyteżenia oprzyrządowanych kotew w różnych okresach czasu. Z tego powodu niezbędne jest użycie dedykowanego oprogramowania umożliwiającego efektywny dostęp do zgromadzonych danych i ich analizowanie. Układ według wynalazku umożliwia gromadzenie danych, które można podzielić na dwie grupy zawierające: informacje o urządzeniach kontrolno-rejestrujących, informacje o pomiarach stanu wyteżenia kotew na poszczególnych tensometrach. Ustalenie relacji pomiędzy tymi grupami stwarza możliwość efektywnego przetwarzania danych. Zadanie to można zrealizować korzystając z relacyjnych baz danych. Spośród wielu dostępnych systemów baz danych wybrano *SQLite*.

Ponieważ w układzie monitorowania wyteżeń według wynalazku liczne autonomicznie działające urządzenia kontrolno-rejestrujące 1.1-1.n (z których każdy posiada indywidualny mikrokontroler) współpracują z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10, to niezbędne jest niezależne dostarczenie oprogramowania:

- dla obsługi autonomicznie funkcjonujących urządzeń kontrolno-rejestrujących 1.1-1.n,
- dla obsługi modułu nadawczo-odbiorczego 10.

Programy te zapewniają właściwą pracę urządzeń, dla których są dedykowane, jak i stosowaną komunikację między nimi. Oprogramowanie dedykowane dla autonomicznie funkcjonującego urządzenia kontrolno-rejestrującego ma za zadanie:

- wstępną konfigurację mikrokontrolera,
- inicjalizację parametrów konfiguracyjnych,
- konfigurację pamięci FeRAM,
- przygotowanie do pracy układu komunikacji radiowej,
- włączenie systemu sygnalizacji optycznej,
- przeprowadzanie układu pomiędzy jego poszczególnymi stanami,
- realizację funkcji wymaganych przez poszczególne stany.

Stany funkcjonowania urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 oraz możliwe przejścia pomiędzy nimi przedstawia fig. 7. Po włączeniu zasilania urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 przechodzi do stanu (trybu pracy) serwisowego. W tym stanie możliwa jest:

- całkowita konfiguracja urządzenia kontrolno-rejestrującego,
- kalibracja urządzenia kontrolno-rejestrującego.

Kalibrację urządzenia kontrolno-rejestrującego przeprowadza się niezależnie dla każdej oprzyrządowanej kotwy, z wykorzystaniem której przeprowadzane są pomiary wyteżeń. Wynika to z naturalnego rozrzutu parametrów oprzyrządowanych kotew. Wyniki kalibracji wraz z informacją o kotwie są archiwizowane tak, aby jedno urządzenie kontrolno-pomiarowe mogło być wykorzystane do pomiarów przy użyciu różnych kotew (wcześniej skalibrowanych).

Kalibrację prototypowego urządzenia przeprowadza się z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej, według zestawienia zilustrowanego na fig. 10. W czasie kalibracji wykorzystywany jest dodatkowy opcjonalny blok komunikacyjny USB, który umożliwia sterowanie urządzeniem przez oprogramowanie pracujące na komputerze przenośnym.

Stosuje się następującą procedurę kalibracyjną:

- dla zadanego wyteżenia kotwy dziesięciokrotnie mierzy się sygnał z poszczególnych półmostków (w jednostkach przetwornika analogowo-cyfrowego),
- uśrednia się otrzymane wyniki, oddzielnie dla każdego półmostka,
- czynności z punktów 1 i 2 powtarza się dla wybranych wyteżeń kotwy,
- uśrednione wyniki, oddzielnie dla każdego z półmostka, poddaje się analizie statystycznej (z użyciem regresji liniowej),
- wyniki analizy statystycznej przyjmuje się jako dane kalibracyjne poszczególnych tensometrów oprzyrządowanej kotwy.

Pomiary przeprowadzono wykorzystując maksymalną efektywną rozdzielczość przetwornika analogowo-cyfrowego. Nie używano wzmacniacza mierzonego napięcia. Przykładowe wyniki przedstawiono na fig. 8 i fig. 9. Rezultaty analizy statystycznej wyników pomiarowych ilustrują histogramy na fig. 9. Należy zwrócić uwagę na bardzo małą szerokość połówkową prezentowanych histogramów. Świadczy to o bardzo małym rozrzucie punktów pomiarowych a tym samym o wysokiej precyzji urządzenia pomiarowego.

Charakterystyki uzyskane w trakcie procesu kalibracji mogą być dostarczone w postaci:

- tabeli dołączonej do urządzenia i pozwalającej przeliczać wskazania urządzenia na wielkości fizyczne,
- w postaci funkcji kalibracyjnej bezpośrednio przekształcającej wartości mierzonych sygnałów na wymagane wielkości fizyczne.

Po zakończeniu obsługi serwisowej urządzenie kontrolno-rejestrujące wyteżeń 1 przechodzi do stanu nieaktywnego. Nie ma możliwości ponownego przejścia do stanu serwisowego. Ma to na celu ochronę tak istotnych informacji jak:

- identyfikator urządzenia,
- dane kalibracyjne.

W tym stanie urządzenie kontrolno-rejestrujące wyteżeń 1 pozostaje od momentu zakończenia obsługi serwisowej do zainstalowania w wyrobisku kopalni podziemnej. Po zainstalowaniu urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 w zespole przystropowym oprzyrządowanej kotwy, operator – za pomocą przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 – może przeprowadzić dane urządzenie kontrolno-rejestrujące w stan aktywny. Od tego momentu urządzenie 1 będzie cyklicznie przełączać się pomiędzy stanami aktywnym, a stanem uśpienia (stan uśpienia ma na celu minimalizację zużycia energii przez urządzenie).

W stanie aktywnym:

- konfigurowany jest trzydziestodwubitowy zegar czasu rzeczywistego w celu ponownego przeprowadzenia układu ze stanu uśpienia do stanu aktywnego,
- wykonywany jest pomiar wyteżenia kotwy,
- przeprowadzana jest analiza otrzymanych wyników,
- następuje archiwizacja danych (o ile jest miejsce w pamięci),
- wykonywany jest pomiar napięcia zasilania,
- analizowany jest wynik tego pomiaru,
- wysyłany jest impuls świetlny o kolorze właściwym dla stanu urządzenia,
- wysyłany jest informacyjny pakiet danych radiowych,
- przeprowadzana jest próba odbioru pakietu z rejestratora danych,

- w przypadku odbioru takiego pakietu urządzenie realizuje przesłane w nim polecenie,
- urządzenie przechodzi do stanu uśpienia.

Operator ma możliwość wysłania do urządzenia kontrolno-rejestrującego polecenia przesłania danych. Po otrzymaniu tego polecenia urządzenie kontrolno-rejestrujące przesyła:

- czas rozpoczęcia serii pomiarów,
- liczbę punktów pomiarowych,
- odstęp czasowy pomiędzy pomiarami,
- wyniki pomiarów.

W trakcie transmisji możliwe jest chwilowe włączenie sygnalizatora optycznego 8 z wysłaniem sygnału świetlnego, korzystnie o barwie różnej od barw przypisanych do stanu ostrzegawczego lub alarmowego (zazwyczaj wybranych spośród barw żółtej, pomarańczowej i czerwonej), na przykład sygnału świetlnego o barwie niebieskiej. Taki sygnał świetlny informuje o oczekiwaniu urządzenia kontrolno-rejestrującego na stan gotowości przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 do odbioru kolejnego pakietu. W przypadku, gdy przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10 wykazuje długotrwałą niezdolność do odbioru danych (np. w wyniku uszkodzenia rejestratora lub wyczerpania się jego źródła zasilania), urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 automatycznie przerywa transfer i rozpoczyna nowy cykl pomiarowy.

Dodatkowa modyfikacja trybu pracy urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 prowadzi do większej oszczędności energii przy zachowaniu łatwości komunikacji urządzenia 1 z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10. Po aktywowaniu zabudowanego urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 przechodzi ono automatycznie ze stanu uśpienia do stanu aktywnego z wykonaniem pomiaru lub do stanu aktywnego bez wykonywania pomiaru. Różna częstotliwość przechodzenia do poszczególnych stanów umożliwia dalsze ograniczanie średniej energii zużywanej przez urządzenie kontrolno-rejestrujące 1.

Obniżenie zapotrzebowania na energię elektryczną niezbędną do funkcjonowania urządzenia kontrolno-rejestrującego wyteżeń 1 uzyskuje się w następstwie optymalizacji zużycia energii w poszczególnych trybach pracy wymienionego urządzenia kontrolno-rejestrującego.

Stany aktywne różnią się w zależności od tego czy urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 komunikuje się z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10, czy też nie. W rzeczywistych warunkach w wyrobisku kopalni podziemnej urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 funkcjonuje autonomicznie kilkadziesiąt dni bez komunikacji z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10. Kilkusekundowa komunikacja z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10 jedynie bardzo nieznacznie podwyższa przeciętne długookresowe zużycie energii. Stąd też najkorzystniejszy rezultat można zapewnić poprzez optymalizację trybów pracy sterowanych oprogramowaniem uruchamianym w warunkach braku komunikacji z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym 10.

W tym celu wykonano następujące etapy dostosowawcze:

- etap 1 – zmniejszono moc podzespołu do komunikacji radiowej 9 stosowanego do transmisji danych;
- etap 2 – zoptymalizowano procedurę odbioru danych drogą radiową;
- etap 3 – zmodyfikowano proces przechodzenia urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 ze stanu o niskim poborze energii do stanu normalnej pracy, oraz opracowano nową procedurę inicjalizacji poszczególnych podzespołów elektronicznych, takich jak podzespół do komunikacji radiowej 9, zewnętrzna pamięć nieulotna 7;
- etap 4 – zmodyfikowano algorytm transmisji danych drogą radiową przez podzespół do komunikacji radiowej 9 urządzenia kontrolno-rejestrującego 1.

Porównanie czasowych zależności poboru prądu przed (wykres górny) i po poszczególnych krokach optymalizacji (od etapu 1 do etapu 4) przedstawiono na fig. 11.

Wprowadzono także dodatkowy stan *Idle* o zredukowanym w stosunku do stanu nieaktywnego zapotrzebowaniu na energię. Stan *Idle* jest dodatkowym stanem o funkcjonalności podobnej do stanu nieaktywnego jednak o znacznie mniejszym zapotrzebowaniu energetycznym. W trakcie normalnej pracy zabudowanego w wyrobisku urządzenia kontrolno-rejestrującego zmienia ono swoje stany pomiędzy stanem uśpienia a stanem aktywnym z wykonaniem pomiaru i stanem aktywnym bez wykonywania pomiaru.

Stany funkcjonowania urządzenia kontrolno-rejestrującego 1, po uwzględnieniu stanu *Idle*, oraz możliwe przejścia pomiędzy nimi przedstawia fig. 12.

Stan aktywny bez wykonania pomiaru wprowadzono, aby:

- ułatwić komunikację przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10 z urządzeniem kontrolno-rejestrującym 1,
- zapewnić większą częstotliwość wysyłania sygnałów świetlnych przez sygnalizator optyczny 8, względem częstotliwości wykonywania pomiarów,
- obniżyć średnie zużycia energii przez urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 podczas monitorowania stanu wyęźnienia oprzyrządowanej kotwy w wyrobisku kopalni podziemnej.

Stan ten jest modyfikacją poprzedniego polegającą na usunięciu z niego kompletnej procedury pomiarowej. Wobec tego do jego optymalizacji zastosowano procedury użyte dla poprzedniego stanu. Jedynym wyjątkiem jest optymalizacja pomiaru.

W rzeczywistych warunkach urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 podczas magazynowania będzie w stanie *Idle*, natomiast po zabudowaniu w wyrobisku będzie się przełączało pomiędzy jednym ze stanów aktywnych a stanem uśpienia.

W poniższej tabelicy zestawiono oszacowany maksymalny czas pracy urządzenia kontrolno-rejestrującego w poszczególnych stanach. Przyjęto interwał aktywności równy 10 sekund. Otrzymane wyniki dotyczą standardowego źródła zasilania o pojemności 2880 C.

Tablica 1

Tryb		Ładunek na jeden cykl [mC]		Całkowity czas pracy po optymalizacji [dni]	Wzrost efektywności energetycznej
		przed optymalizacją	po optymalizacji		
<i>Idle</i>		3,53	0,78	420	4.5-krotny
aktywny	bez pomiaru	3,72	0,98	340	3,8-krotny
	z pomiarem	5,57	1,87	170	3-krotny

Przenośny moduł nadawczo-odbiorczy 10, poza swoim podstawowym zadaniem jakim jest transfer danych, spełnia jeszcze jedną istotną funkcję. Jak wspomniano powyżej, po zakończeniu kompletnego cyklu wytwórczego urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 znajduje się w stanie *Idle*. Przed zamontowaniem urządzenia kontrolno-rejestrującego w zespole przystropowym kotwy należy urządzenie kontrolno-rejestrujące wyęźnień przeprowadzić do stanu nieaktywnego komunikując się z nim z użyciem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10. Natomiast po zamontowaniu urządzenia kontrolno-rejestrującego 1 w zespole przystropowym oprzyrządowanej kotwy 2 należy przeprowadzić urządzenie kontrolno-rejestrujące 1 ze stanu nieaktywnego do stanu uśpienia komunikując się z nim z użyciem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego 10.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie kontrolno-rejestrujące dla oprzyrządowanej kotwy górniczej, zwłaszcza kotwy wklejanej, mającej tensometry rozmieszczone w odstępach wzdłuż żerdzi kotwy, przy czym do każdego tensometru jest przyporządkowane co najmniej niezależne indywidualne wyprowadzenie elektryczne oraz wyprowadzenie elektryczne podłączone do elektrody wspólnej dla wszystkich tensometrów, wymienione urządzenie zawierające blok pomiarowy do przetwarzania i rejestracji sygnałów tensometrycznych, **znamiennie tym**, że urządzenie (1) jest wyposażone w zespół przetwornika analogowo-cyfrowego (5), mikrokontroler (6) mający pamięć nieulotną, pamięć ulotną i interfejs do komunikacji z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego (5), oraz jest wyposażone w zegar czasu rzeczywistego, zewnętrzną pamięć nieulotną (7) do archiwizacji danych pomiarowych, podzespół do komunikacji radiowej (9) mający indywidualny identyfikator sprzętowy do identyfikacji urządzenia (1) z wykorzystaniem komunikacji radiowej oraz w sygnalizator optyczny (8), a nadto urządzenie zawiera źródło energii elek-

- trycznej (4) o w przybliżeniu stałym napięciu oraz jest wyposażone w elektroniczne stałoprądowe źródła zasilania połączone z elektrodą wspólną (3) i indywidualnie z każdym z tensometrów (T_1-T_n) oprzyrządowanej kotwy (2), przy czym wyprowadzenia indywidualne tensometrów (T_1-T_n) są połączone z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego (5) mającego ponadto wejście różnicowe i różnicowe wejście napięciowe odniesienia.
2. Urządzenie kontrolno-rejestrujące według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że zespół przetwornika analogowo-cyfrowego (5) obejmuje wiele przetworników analogowo-cyfrowych przyporządkowanych do poszczególnych tensometrów (T_1-T_n) albo wielowejsiowy przetwornik analogowo-cyfrowy z wejściami przyporządkowany do indywidualnych wyprowadzeń z poszczególnych tensometrów (T_1-T_n).
 3. Urządzenie kontrolno-rejestrujące według zastrz. 1 albo 2, **znamiennie tym**, że sygnalizatorem optycznym (8) jest dioda LED zdolna do emisji światła o różnych barwach, albo zespół diod LED obejmujący co najmniej dwie diody LED, z których każda jest zdolna do emisji światła o jednej barwie, a czym barwy światła przyporządkowane do poszczególnych diod LED w zespole są różne, przy czym każda z barw identyfikuje, odpowiednio, optycznie stan wyłączenia wybrany z grupy obejmującej co najmniej przekroczenie wielkości naprężenia górotworu powyżej zadanej wartości, przekroczenie wielkości naprężenia górotworu poniżej zadanej wartości, przekroczenie szybkości przyrostu naprężenia powyżej zadanej wartości, i/lub stan naprężeń w granicach dopuszczalnych.
 4. Urządzenie kontrolno-rejestrujące według zastrz. 1–3, **znamiennie tym**, że zewnętrzną pamięcią nieulotną (5) jest pamięć ferroelektryczna.
 5. Urządzenie kontrolno-rejestrujące według zastrz. 1–3, **znamiennie tym**, że pamięć nieulotna mikrokontrolera (4) obejmuje pamięć nieulotną programu i pamięć nieulotną parametrów.
 6. Urządzenie kontrolno-rejestrujące według zastrz. 1–5, **znamiennie tym**, że zegar czasu rzeczywistego stanowi element wbudowany w mikrokontroler (4), ale zdolny do aktywnego funkcjonowania w stanie uśpienia mikrokontrolera.
 7. Urządzenie kontrolno-rejestrujące według zastrz. 1–5, **znamiennie tym**, że zegar czasu rzeczywistego stanowi element zewnętrzny względem mikrokontrolera (4).
 8. Urządzenie kontrolno-rejestrujące według zastrz. 1–7, **znamiennie tym**, że źródłem energii elektrycznej (4) o w przybliżeniu stałym napięciu jest chemiczne źródło energii elektrycznej, takie jak bateria elektryczna albo akumulator.
 9. Urządzenie kontrolno-rejestrujące według zastrz. 1–8, **znamiennie tym**, że jest zabudowane w hermetycznej i odpornej na uszkodzenia mechaniczne obudowie dostosowanej do zamocowania w zespole przystropowym oprzyrządowanej kotwy (2).
 10. Układ monitorowania zmian wyłączeń obudowy kotwowej mającej liczne oprzyrządowane kotwy górnicze osadzone w górotworze zaopatrzone w tensometry rozmieszczone w odstępach wzdłuż żerdzi kotwy, przy czym do każdego tensometru jest przyporządkowane co najmniej niezależne indywidualne wyprowadzenie elektryczne oraz wyprowadzenie elektryczne podłączone do elektrody wspólnej dla wszystkich tensometrów, obejmujący przyporządkowane indywidualnie do każdej kotwy i osadzone w zespole przystropowym kotwy urządzenia kontrolno-rejestrujące określone w zastrz. 1–9, oraz obejmujący przenośny moduł nadawczo-odbiorczy (10) zawierający mikrokontroler jednoukładowy (11) do sterowania blokiem radiowym (12), który to blok radiowy dostosowany jest do komunikacji radiowej z podzespołem do komunikacji radiowej (9) urządzenia kontrolno-rejestrującego (1), a ponadto przenośny moduł nadawczo-odbiorczy (10) jest wyposażony w wymienną, masową pamięć nieulotną (13) oraz połączony z mikrokontrolerem (11) wyświetlacz (14) i zestaw przełączników sterujących (15) do dwukierunkowej komunikacji przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego (10) z operatorem, a także źródło energii elektrycznej (16) o w przybliżeniu stałym napięciu.
 11. Układ monitorowania zmian wyłączeń obudowy kotwowej według zastrz. 10, **znamiennie tym**, że przenośny moduł nadawczo-odbiorczy (10) jest wyposażony w interfejs USB do transferu zarchiwizowanych danych pobranych z urządzeń kontrolno-rejestrujących (1.1-1.n), do komputera klasy PC, aby trwale zapamiętać i zarchiwizować dane pobrane z urządzeń kontrolno-rejestrujących (1.1-1.n).

12. Układ monitorowania zmian wyłączeń obudowy kotwowej według zastrz. 10 albo 11, **znamienny tym**, że źródłem energii elektrycznej (16) o w przybliżeniu stałym napięciu w przenośnym module nadawczo-odbiorczym (10) jest chemiczne źródło energii elektrycznej, takie jak bateria elektryczna albo akumulator.
13. Sposób ciągłego monitorowania zmian wyłączenia oprzyrządowanej kotwy górniczej zaopatrzonej w tensometry rozmieszczone w odstępach wzdłuż żerdzi kotwy, przy czym do każdego tensometru jest przyporządkowane co najmniej niezależne indywidualne wyprowadzenie elektryczne oraz wyprowadzenie elektryczne podłączone do elektrody wspólnej dla wszystkich tensometrów, **znamienny tym**, że:
 - stosuje się urządzenie kontrolno-rejestrujące (1) zamontowane w zespole przystopowym oprzyrządowanej kotwy (2) uprzednio osadzonej w górotworze, które to urządzenie (1) jest wyposażone w zespół przetwornika analogowo-cyfrowego (5), mikrokontroler (6) mający pamięć nieulotną, pamięć ulotną i interfejs do komunikacji z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego (5), oraz jest wyposażone w zegar czasu rzeczywistego, zewnętrzną pamięć nieulotną (7) do archiwizacji danych pomiarowych, podzespół do komunikacji radiowej (9) mający indywidualny identyfikator sprzętowy do identyfikacji urządzenia (1) z wykorzystaniem komunikacji radiowej oraz w sygnalizator optyczny (8), wymienione urządzenie (1) połączone ze źródłem energii elektrycznej (4) o w przybliżeniu stałym napięciu i wyposażone w elektroniczne stałoprądowe źródła zasilania połączone z elektrodą wspólną (3) i indywidualnie z każdym z tensometrów (T_1-T_n) oprzyrządowanej kotwy (2), przy czym wyprowadzenia indywidualne tensometrów (T_1-T_n) są połączone z zespołem przetwornika analogowo-cyfrowego (5) mającego ponadto wejście różnicowe i różnicowe wejście napięciowe odniesienia,
 - sygnał elektryczny z tensometrów (T_1-T_n) oprzyrządowanej kotwy (2) przetwarza się do postaci cyfrowej w zespole przetwornika analogowo-cyfrowego (5), poddaje analizie, aby określić stan wyłączenia kotwy (2) w punktach osadzenia poszczególnych tensometrów (T_1-T_n), a uzyskane dane zapisuje w zewnętrznej pamięci nieulotnej (7) urządzenia (1),
 - informację – w czasie rzeczywistym – o bieżącym stanie wyłączenia udostępnia się zewnętrznie do przestrzeni wyrobiska górniczego za pomocą sygnalizatora optycznego (8), który wyświetla przekroczenie wielkości naprężenia górotworu powyżej zadanej wartości, przekroczenie wielkości naprężenia górotworu poniżej zadanej wartości, i/lub przekroczenie szybkości przyrostu naprężenia powyżej zadanej wartości, albo stan braku zagrożenia.
14. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 13, **znamienny tym**, że stosuje się urządzenie kontrolno-rejestrujące (1) wyposażone w podzespół do komunikacji radiowej (9) mający indywidualny identyfikator sprzętowy do identyfikacji indywidualnego urządzenia (1) z wykorzystaniem komunikacji radiowej, oraz stosuje się przenośny moduł nadawczo-odbiorczy (10) zawierający mikrokontroler jednokładowy (11) do sterowania blokiem radiowym (12), który to blok radiowy (12) dostosowany jest do komunikacji radiowej z podzespołem do komunikacji radiowej (9) urządzenia kontrolno-rejestrującego (1), a który to przenośny moduł nadawczo-odbiorczy (10) jest ponadto wyposażony w wymienną, masową pamięć nieulotną (13) oraz podłączony do mikrokontrolera (11) wyświetlacz (14) i zestaw przełączników sterujących (15) do dwukierunkowej komunikacji przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego (10) z operatorem, a także źródło energii elektrycznej (16) o w przybliżeniu stałym napięciu, oraz
 - okresowo umieszcza się przenośny moduł nadawczo-odbiorczy (10) w obszarze zasięgu komunikacji radiowej z wymienionym urządzeniem kontrolno-rejestrującym (1),
 - nawiązuje się komunikację radiową między urządzeniem kontrolno-rejestrującym (1) i przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym (10) po wybraniu odpowiedniego identyfikatora sprzętowego wybranego ze zbioru identyfikatorów sprzętowych zarejestrowanych w pamięci nieulotnej (13) przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego (10) do identyfikacji indywidualnego urządzenia (1), aby pobrać dane zapisane w zewnętrznej pamięci nieulotnej (7) urządzenia kontrolno-rejestrującego (1) oraz aby przeprowadzić synchronizację zegara czasu rzeczywistego urządzenia kontrolno-rejestrującego (1).
15. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 14, **znamienny tym**, że synchronizację zegara czasu rzeczywistego urządzenia kontrolno-rejestrującego (1) wykonuje się po skorygowaniu zegara czasu rzeczywistego mikrokontrolera (11) przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego (10).

16. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 14 albo 15, **znamienny tym**, że pobiera się co najmniej dane wybrane z grupy obejmującej:
 - dane dotyczące przekroczenia maksymalnego wyężenia kotwy (2) w punktach osadzenia poszczególnych tensometrów (T_1 - T_n), od czasu rozpoczęcia pomiarów,
 - dane dotyczące przekroczenia minimalnego wyężenia kotwy (2) w punktach osadzenia poszczególnych tensometrów (T_1 - T_n), od czasu rozpoczęcia pomiarów,
 - dane dotyczące przekroczenia maksymalnej szybkości zmiany wyężenia kotwy (2) w punktach osadzenia poszczególnych tensometrów (T_1 - T_n), od czasu rozpoczęcia pomiarów,
 - aktualny poziom wyężenia kotwy (2) w punktach osadzenia poszczególnych tensometrów (T_1 - T_n),
 - liczbę wykonanych pomiarów,
 - poziom napięcia źródła energii elektrycznej (4) o w przybliżeniu stałym napięciu zasilającego urządzenie (1).
17. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 13–16, **znamienny tym**, że urządzenie kontrolno-rejestrujące (1) funkcjonuje w trybie oszczędzania energii elektrycznej, a jedynie krótkotrwale w trybie, w którym wykonuje pomiar i wysyła sygnał radiowy, z ewentualnym nawiązaniem łączności radiowej z przenośnym modułem nadawczo-odbiorczym (10) do transferu danych i synchronizacji zegara czasu rzeczywistego, przy czym oba tryby uruchamia się naprzemiennie.
18. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 17, **znamienny tym**, że urządzenie kontrolno-rejestrujące (1) funkcjonuje w trybie oszczędzania energii elektrycznej, przez okres 0,1–3 minut, a w trybie pomiaru i wysyłania sygnału radiowego przez okres 0,1–0,5 sekundy.
19. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 13–18, **znamienny tym**, że sygnalizator optyczny (8) wysyła sygnał świetlny co 5–15 sekund, który to sygnał identyfikuje optycznie w czasie rzeczywistym przekroczenie wielkości naprężenia górotworu powyżej zadanej wartości, przekroczenie wielkości naprężenia górotworu poniżej zadanej wartości, albo przekroczenie szybkości przyrostu naprężenia powyżej zadanej wartości, względnie informuje o stanie braku zagrożenia.
20. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 19, **znamienny tym**, że sygnał świetlny jest wysyłany przez diodę LED zdolną do emisji światła o różnych barwach, albo przez zespół diod LED obejmujący co najmniej dwie diody LED, z których każda jest zdolna do emisji światła o jednej barwie, przy czym barwy światła przyporządkowane do poszczególnych diod LED w zespole są różne.
21. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 13–20, **znamienny tym**, że po odbiorze danych z urządzenia kontrolno-rejestrującego (1), wyniki pomiarów przenosi się z przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego (10) do pamięci stałej komputera typu PC, i ewentualnie przeprowadza się systematyczną archiwizację danych zebranych w komputerze typu PC.
22. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 13 albo 14, **znamienny tym**, że przed zamontowaniem urządzenia kontrolno-rejestrującego (1) w zespole przystropowym kotwy (2), w kolejnych etapach:
 - dostarcza się oprogramowane urządzenie kontrolno-rejestrujące (1) i wyposaża się w czynne źródło energii elektrycznej, aby uruchomić urządzenie (1) w stanie serwisowym,
 - w stanie serwisowym przeprowadza się czynności serwisowe obejmujące konfigurację i kalibrację urządzenia kontrolno-rejestrującego (1), z wykorzystaniem danych kalibracyjnych oprzyrządowanej kotwy (2),
 - przełącza się urządzenie kontrolno-rejestrujące (1) do stanu nieaktywnego, w którym wykluczone jest ponowne przejście do stanu serwisowego, aby chronić wprowadzone do pamięci nieulotnej mikrokontrolera (6) urządzenia (1) dane konfiguracyjne i dane kalibracyjne.
23. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 21, **znamienny tym**, że urządzenie kontrolno-rejestrujące (1) po kalibracji i przełączeniu do stanu nieaktywnego przeprowadza się w stan *Idle* o mniejszym poborze energii niż stan nieaktywny z użyciem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego (10).
24. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 23, **znamienny tym**, że po zamontowaniu urządzenia kontrolno-rejestrującego (1) w zespole przystropowym kotwy, przeprowadza się wymienione urządzenie (1) w stan nieaktywny, drogą radiową z użyciem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego (10).

25. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 24, **znamienny tym**, że przeprowadza się urządzenie kontrolno-rejestrujące (1) ze stanu nieaktywnego do stanu uśpienia komunikując się z nim z użyciem przenośnego modułu nadawczo-odbiorczego (10).
26. Sposób ciągłego monitorowania według zastrz. 25, **znamienny tym**, że urządzenie kontrolno-rejestrujące (1) autonomicznie przechodzi ze stanu uśpienia w stan aktywny z wykonaniem pomiaru, albo w stan aktywny bez wykonania pomiaru.

Rysunki

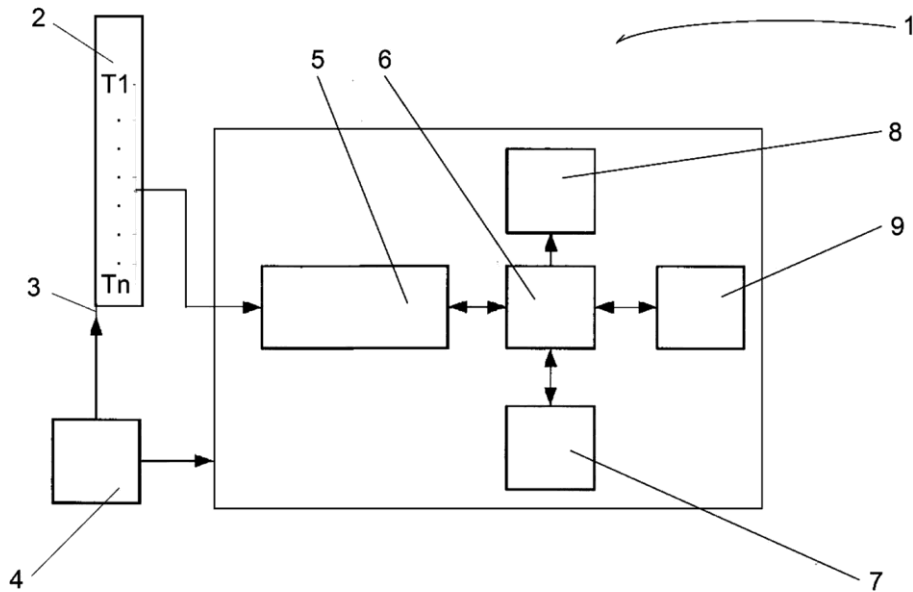


Fig. 1

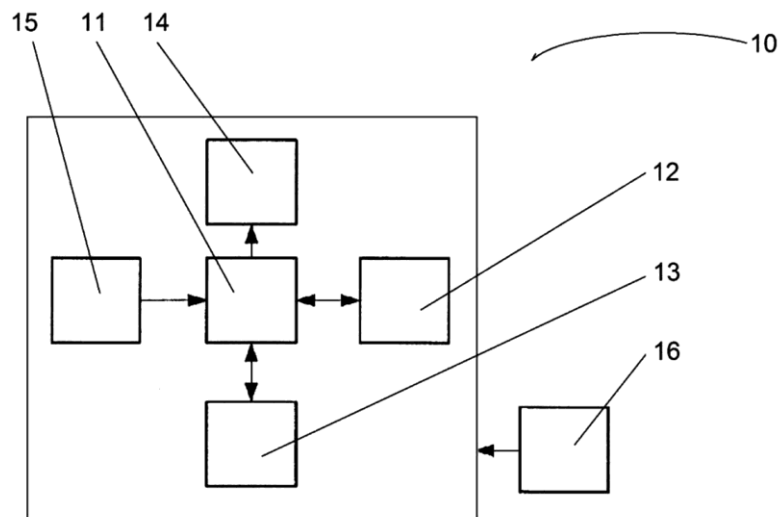


Fig. 2

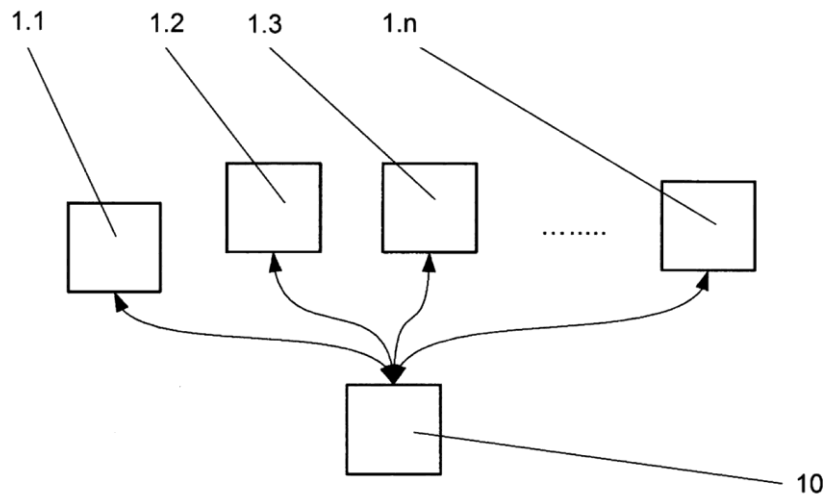


Fig. 3

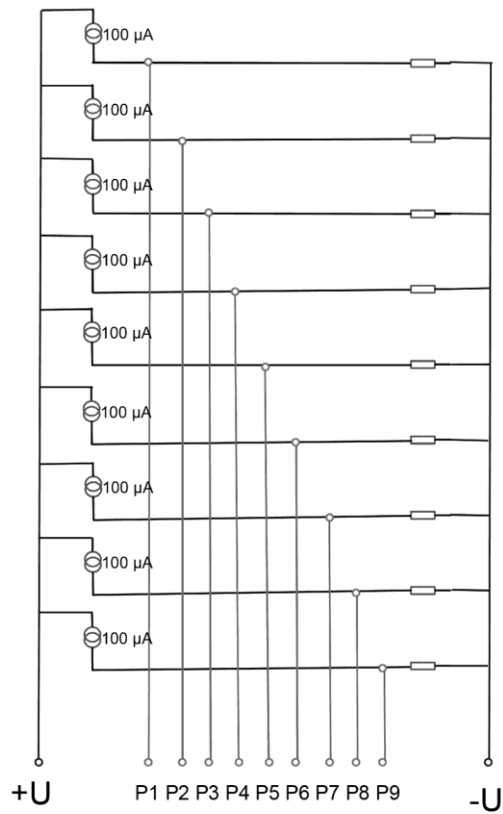


Fig. 4

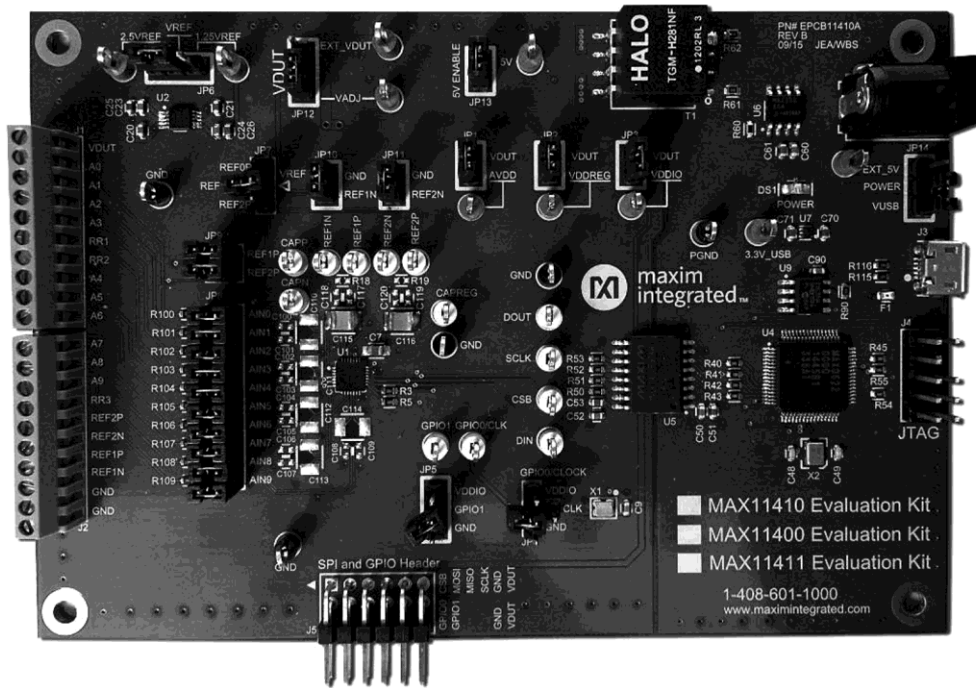


Fig. 5

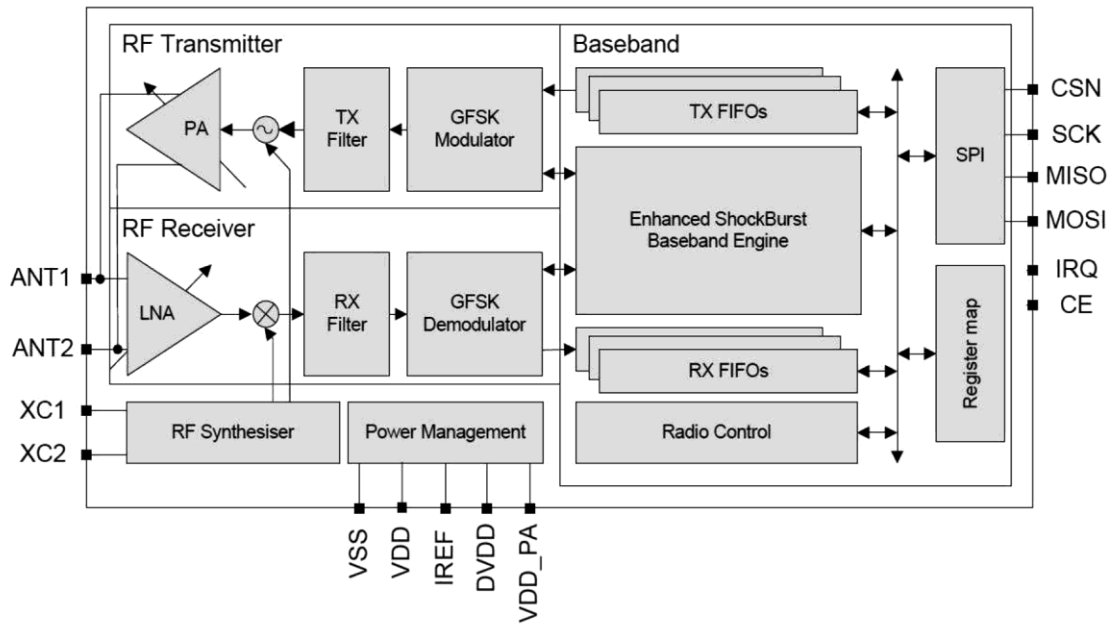


Fig. 6

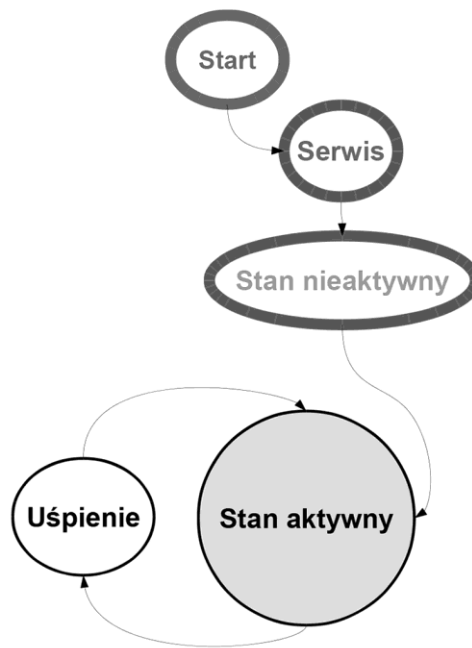


Fig. 7

Wyniki pomiarów dla kotwy oprzyrządowanej wytężonej siłą $F=50$ kN

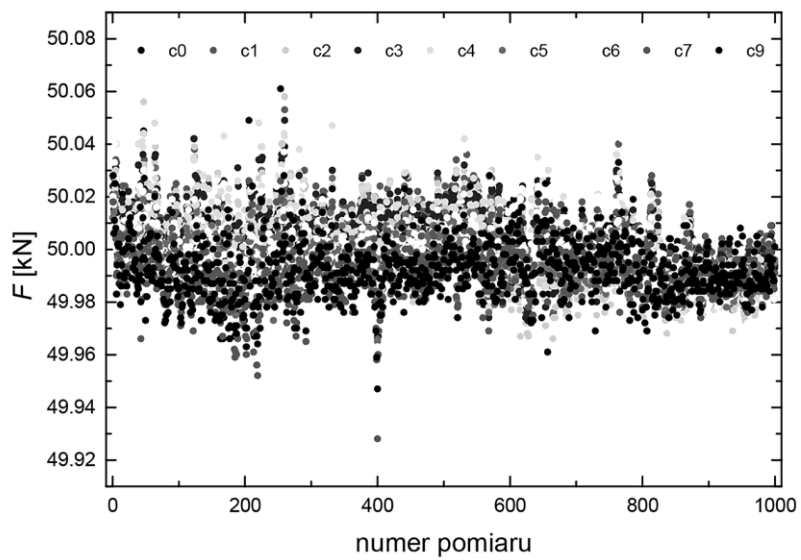


Fig. 8

Histogramy wyników pomiarów jednorodnie obciążonej kotwy oprzyrządowanej F=50 kN

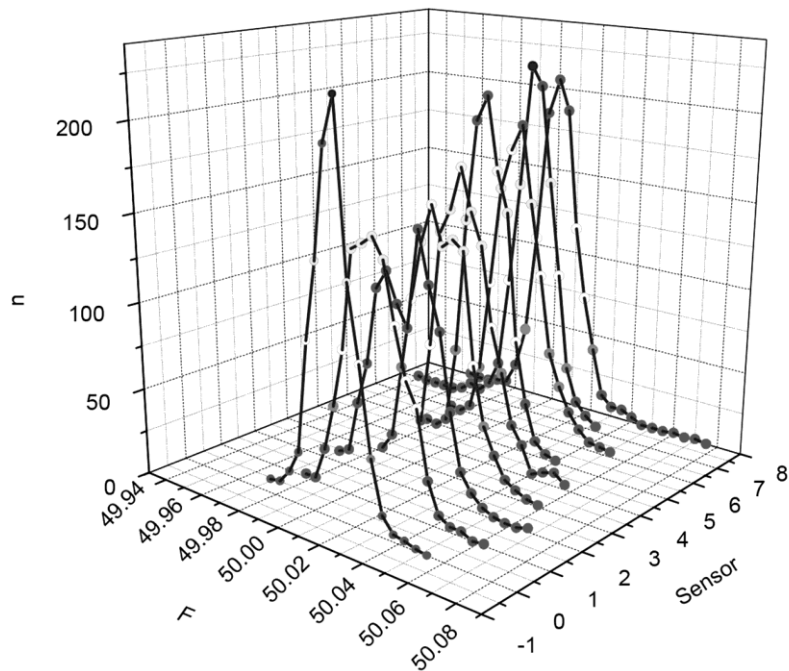


Fig. 9

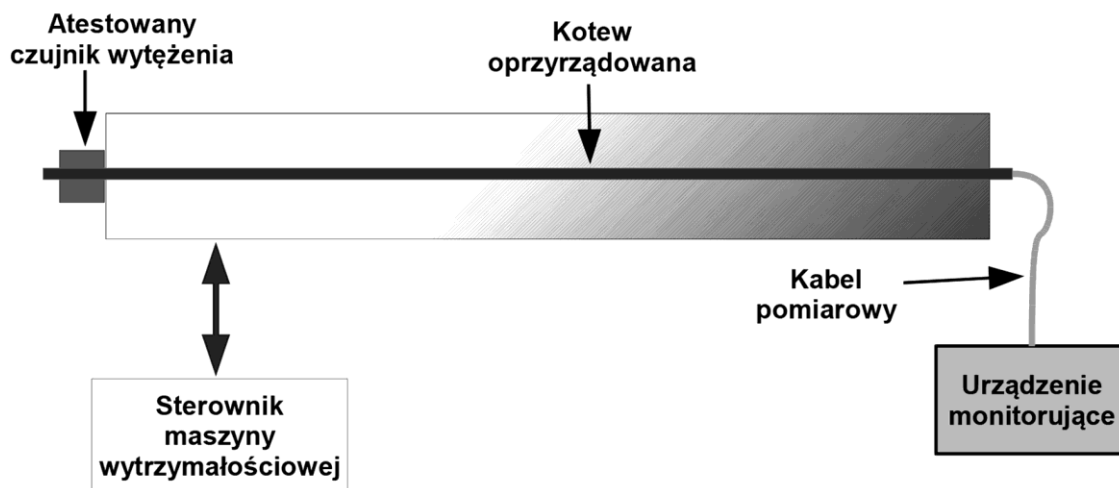


Fig. 10

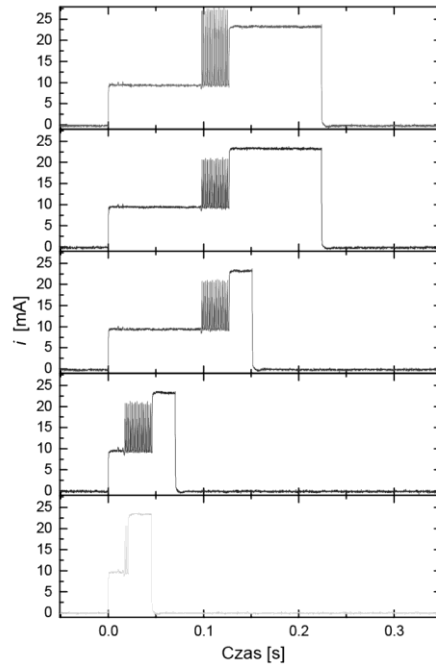


Fig. 11

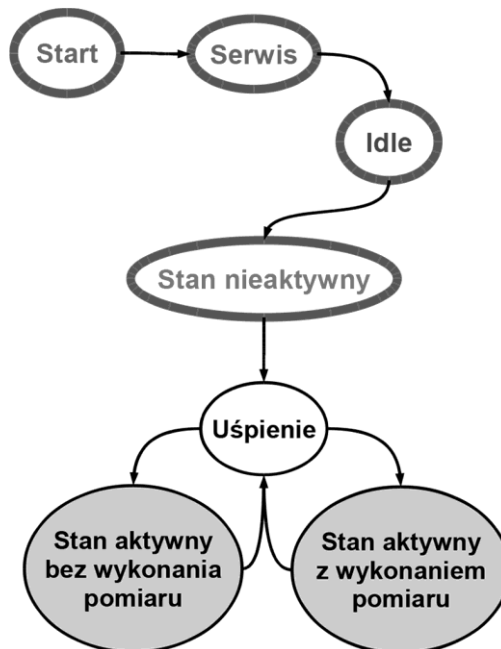


Fig. 12