

Bezpieczeństwo pracy urządzeń hydraulicznej obudowy zmechanizowanej i osób w rejonie ściany wydobywczej na przykładzie innowacyjnego systemu X-MAN

Krzysztof Oset, Jacek Juzwa

Innowacyjny system monitoringu ściany wydobywczej

System (rys. 1) składa się w części powierzchniowej ze stanowiska dyspozytorskiego i serwera WWW oraz w części podziemnej z koncentratora-serwera bazy danych, koncentratora ścianowego, koncentratorów sekcyjnych ciśnienia i metanu, czujników ciśnienia lub metanu, separatorów transmisji oraz zasilaczy.

Część dołowa w wykonaniu przeciwybuchowym iskrobezpiecznym zasilana jest lokalnie (z podtrzymaniem akumulatorowym lub bez) przy czym urządzenia są zasilane grupowo. Transmisja sygnałów pomiarowo-sterujących odbywa się przewodowo. Koncentrator ścianowy może sterować dodatkowymi sygnalizatorami akustyczno-optycznymi bądź systemem głośnomówiącym dzięki trzem wbudowanym wyjściom sterującym. Część powierzchniowa pozwala na zaawansowaną analizę danych pomiarowych oraz ocenę stanu obudowy zmechanizowanej i zagrożenia metanowego.

Wyniki pomiarów prezentowane są lokalnie na każdej sekcji przy pomocy wyświetlacza oraz sygnalizatorów optycznych, na koncentratorze ścianowym z wyświetlaczem graficznym (rys. 2) oraz na stanowisku dyspozytora na powierzchni. Dane są archiwizowane w bazie danych.

Dostęp do danych bieżących, jak i archiwalnych możliwy jest za pomocą specjalnej aplikacji poprzez sieć lokalną lub sieć Internet z użyciem standardowych przeglądarek WWW (rys. 3).

Mikroprocesorowy pomiar ciśnienia

W systemie X-MAN pomiary zlokalizowane są w podtłokach stojaków hydraulicznej obudowy zmechanizowanej. Mikroprocesorowy pomiar ciśnienia realizowany jest przez dedykowany czujnik, który instalowany jest na stojaku sekcji obudowy. Mierzony sygnał ciśnienia przetwarzany jest na cyfrowy sygnał elektryczny proporcjonalny do wartości pomiaru. Teoretyczny zakres mierzonych wartości ciśnienia wynosi 0–60 MPa z rozdzielczością 0,1 MPa. Czujnik może dokonywać pomiarów z częstotnością kilka razy na sekundę, przy czym za bieżący rezultat wyjściowy przyjmuje się uśrednioną wartość obliczoną kilku ostatnich pomiarów z uwzględnieniem filtracji. Czujnik wyposażony jest ponadto w interfejs transmisji szeregowej do komunikacji z urządzeniem zewnętrznym.

Streszczenie: System X-MAN opracowany w Instytucie Techniki Innowacyjnych EMAG we współpracy z EMAG-SERWIS Sp. z o.o. jest jedynym jak do tej pory na świecie systemem umożliwiającym jednoczesne monitorowanie stanu rozparcia górniczej obudowy zmechanizowanej oraz zagrożenia metanowego w ścianie wydobywczej podziemnego zakładu górniczego. Jednak samo monitorowanie bez mechanizmów kontroli i interakcji z operatorem systemu nie zapewni bezpieczeństwa prowadzonych prac ani obiektu monitorowanego, jak również urządzeń systemu. System X-MAN jest wyposażony w wielopoziomowe mechanizmy zapewniające taką kontrolę, przy udziale zarówno człowieka, jak i procesów automatycznych.

SAFETY OF HYDRAULIC POWERED SUPPORT EQUIPMENT AND PEOPLE IN THE AREA OF LONGWALL MINING AS AN EXAMPLE OF INNOVATIVE X-MAN SYSTEM.

Abstract: The X-MAN System was developed at the Institute of Innovative Technologies EMAG in partnership with EMAG-SERWIS Ltd. It is the only one so far in the world system enabling simultaneous monitoring of the roof support and the threat of methane in the underground mining plant. However, monitoring alone without control mechanisms and interaction with the system operator does not provide the safety of the work or object being monitored, as well as system devices. The X-MAN System is equipped with a multi-level mechanisms to ensure such control, with the participation of both human and automated processes.

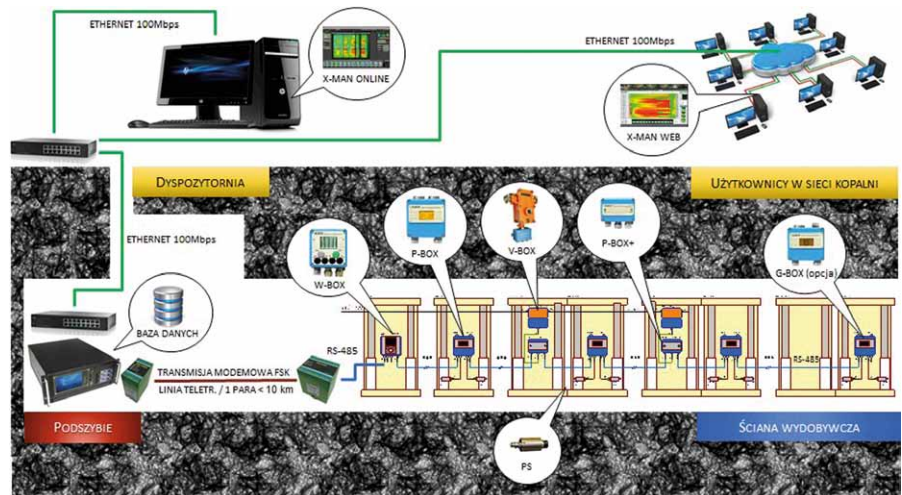
Urządzenie zewnętrzne gromadzące pomiary realizowane przez czujnik stanowi sekcyjny koncentrator danych P-BOX, przypisany do pojedynczej sekcji obudowy. Koncentrator wykorzystuje dwa porty szeregowy: jeden do komunikacji z czujnikami, a drugi do komunikacji z koncentratorze ścianowym. Ze względu na to, że sekcja obudowy obejmuje zazwyczaj dwa stojaki ciśnienia – lewy i prawy – port do komunikacji z czujni-

kami posiada dwa złącza do podłączenia odpowiednio dwóch czujników ciśnienia zamontowanych na każdym stojaku.

Transmisja danych pomiędzy koncentratorem sekcyjnym a czujnikiem ciśnienia odbywa się z prędkością 38400 b/s przy wykorzystaniu protokołu ModBus. Rolę wiodącą (*master*) pełni koncentrator sekcyjny, który wysyła polecenia w postaci zapytań o wartość ciśnienia. Pytany czujnik (*slave*) przesyła zwrócić odpowiedź zawierającą zawsze bieżący pomiar ciśnienia. Wykorzystanie protokołu ModBus wymaga określenia wyróżnienia adresata. W tym przypadku zdecydowano, że za identyfikację czujnika ciśnienia zainstalowanego na danej sekcji obudowy odpowiada producent, który może przydzielić czujnikowi jeden z dwóch dopuszczalnych adresów (1 lub 2). Natomiast na etapie instalacji należy zapewnić, że do każdego z koncentratorów sekcyjnych zostaną zawsze podłączone czujniki o odmiennych adresach.

Częstotliwość wysyłania zapytań do czujników odbywa się 2 do 4 razy w ciągu sekundy, co oznacza, że w tym czasie dany czujnik odbiera zapytanie raz lub dwa razy w ciągu sekundy. Po spełnieniu warunków czasowych wymaganych przez zastosowany protokół czujnik kompletuje odpowiedź na polecenie. Oprócz wartości pomiaru odpowiedź zawiera dwa atrybuty: identyfikator urządzenia (tzw. metryczkę) oraz status pomiaru. Metryczka kodowana jest w pamięci nielotnej flash czujnika, zawiera jego numer fabryczny, rok produkcji oraz wersję oprogramowania. Umożliwia kontrolę działania i ewentualnych modyfikacji urządzeń przez służby utrzymania systemu. Status (rys. 4) natomiast zawiera informacje o bieżącym stanie pomiaru, a w szczególności o gotowości i poprawności działania części metrologicznej oraz wykrywanych błędach, które mogą powodować, że transmitowana wartość mierzona jest błędna i nie powinna być brana pod uwagę.

Koncentrator sekcyjny wyposażony jest w wyświetlacz monochromatyczny, dedykowany dla potrzeb prezentacji pomiarów ciśnienia. Oprócz mierzonych aktualnych wartości wyświetlane są na nim bieżące informacje o statusach pomiarów obydwu czujników, statusach

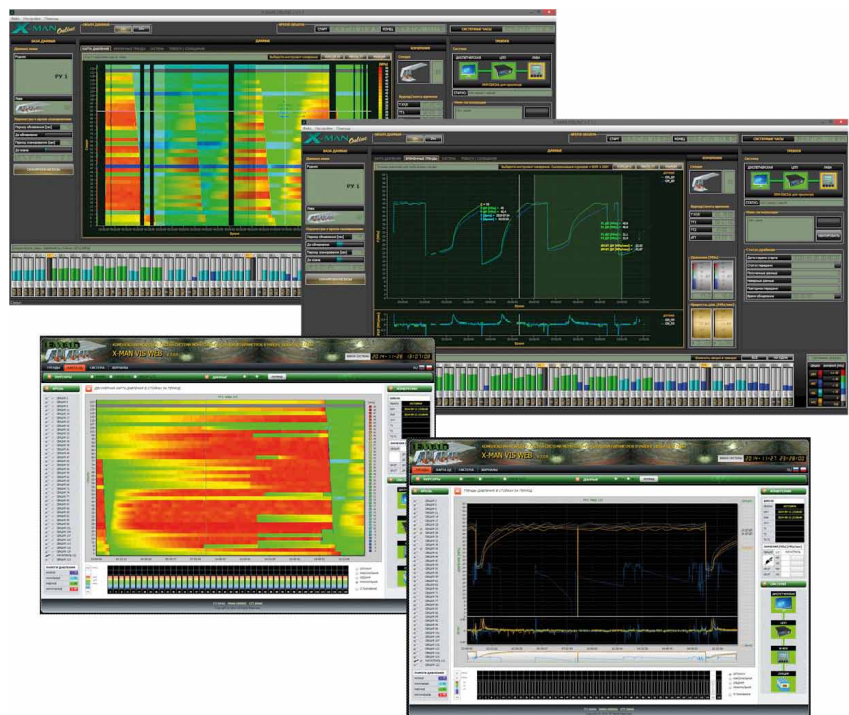


Rys. 1. Schemat blokowy systemu X-MAN

transmisji z tymi czujnikami oraz statusie komunikacji z koncentratorem ścianowym. Ponadto na obudowie koncentratora zainstalowane są diody wielokolorowe, stanowiące wskaźnik bieżącego przedziału wartości mierzonych (tzw. progi technologiczne) w każdym stojaku, co może być wykorzystywane do wizualnego informowania o przekraczaniu dopuszczalnych ciśnień.



Rys. 2. Koncentrator sekcyjny P-BOX oraz ścianowy W-BOX



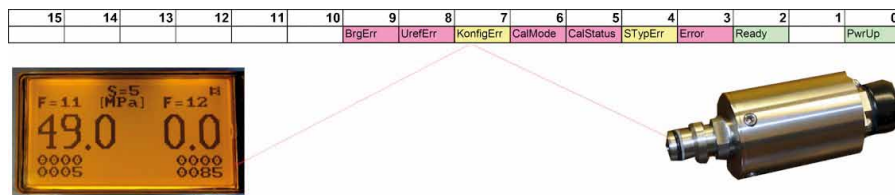
Rys. 3. Oprogramowanie X-MAN - aplikacja dyspozytorska i przeglądarka WWW

Akwizycja danych ze ściany

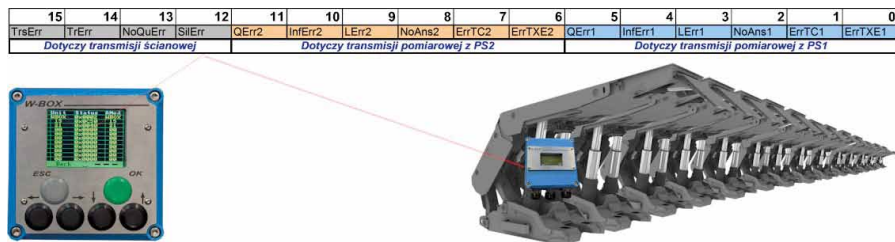
Urządzeniem odpowiedzialnym za przepływ danych ze ściany do bazy danych jest koncentrator ścianowy W-BOX. Zadaniem koncentratora ścianowego jest gromadzenie pomiarów ciśnienia z całej ściany, czyli z wszystkich koncentratorów sekcyjnych w systemie w interwałach czasowych co 1 sekundę. Podobnie jak przy transmisji pomiarowej, transmisja ścianowa w systemie wykorzystuje protokół ModBus, dla którego identyfikatorem adresata jest adres ModBus przyporządkowany koncentratorowi sekcijnemu i zapisany w jego pamięci nieulotnej typu flash. Transmisja odbywa się z prędkością 38400 b/s lub szybciej. Maksymalna liczba koncentratorów sekcyjnych (adresów ModBus) w systemie wynosi 240.

Koncentrator ścianowy wyposażony jest w kolorowy wyświetlacz pozwalający na bieżąco śledzić aktualny stan ciśnień na całej kontrolowanej ścianie. Rozruch koncentratora ścianowego polega na identyfikacji obiektów (koncentratorów sekcyjnych) w systemie. Po podwójnym przeskanowaniu WBOX zapisuje w pamięci nieulotnej typu F-RAM konfigurację obiektów ścianowych, a następnie co sekundę wysyła pod każdy adres zapytanie o bieżące pomiary (*master*). Paczka odpowiedzi z każdego koncentratora sekcyjnego (*slave*) zawiera pomiary z obydwu stojaków obudowy, ich statusy i odpowiadające im statusy transmisji pomiarowych. Do każdej paczki WBOX dołącza status transmisji ścianowej (rys. 5), co jest szczególnie istotne w przypadku wykrycia błędów. Taki komplet informacji zapamiętywany jest w tabeli bieżących wartości pomiarowych ściany, a następnie wysyłany do drugiego procesora obsługującego wyświetlacz koncentratora przy wykorzystaniu protokołu SPI. Na wyświetlaczu można śledzić wszystkie wspomniane wartości. Procesor wyświetlacza obsługuje ponadto prostą klawiaturę, przy pomocy której możliwe jest wprowadzanie przez obsługę prostych poleceń skierowanych do koncentratora, np. o ponownym ustaleniu konfiguracji urządzeń na ścianie lub przewijaniu stron treści prezentowanych na wyświetlaczu.

Bieżące dane zapisane w tabelach wartości pomiarowych są równolegle



Rys. 4. Rejestracja i wyświetlanie statusów czujnika ciśnienia PS



Rys. 5. Rejestracja i wyświetlanie statusów koncentratorów P-BOX w koncentratorze W-BOX

przesyłane do dyspozytora systemu na powierzchni. Transmisja odbywa się na żądanie obsługi z powierzchni przy wykorzystaniu dedykowanego protokołu z prędkością 19 200 b/s.

Pojedyncza paczka danych transmitowana zwrótnie zawiera informacje o pomiarach ciśnień z całej ściany oraz o skompresowanych statusach dotyczących pomiarów, stanu pracy urządzeń dolowej części systemu, a także o wystąpieniu alarmów.

Oprócz zapytań o dane wspomniane dedykowany protokół umożliwia obsłudze systemu na powierzchni wysłanie poleceń konfiguracyjnych dla ustawiania progów technologicznych oraz progów alarmowych i innych atrybutów urządzeń dolowej części systemu.

Potrzeba alarmowania

System został zaprojektowany w sposób umożliwiający alarmowanie odpowiednich służb użytkownika w przypadkach zaistnienia nieprawidłowości działania, jak również przekroczenia wartości alarmowych mierzonego medium. Pracownicy na ścianie powinni otrzymywać informacje związane z bezpieczeństwem ich pracy. Alarm związany pośrednio ze stanem stropu występuje wtedy, gdy ciśnienie w stojakach obudowy osiąga wartość krytyczną. Alar-

my technologiczne – związane ze stanem technicznym sekcji obudowy – są dwójakiego rodzaju: o utrzymaniu się zbyt niskiego ciśnienia w stojakach oraz o prawdopodobnym wycieku medium hydraulicznego ze stojaków. O ile informacja o niskim ciśnieniu dostępna jest już po kilku minutach od zaistnienia, to diagnozowanie wycieku jest procesem bardziej złożonym i algorytm zadziałania alarmu wypracowywany jest nie w koncentratorze ścianowym, a w komputerze systemu nadrzędnego. Alarmy serwisowe, związane z nieprawidłowym działaniem urządzeń systemu (czujniki, koncentratory, kable transmisyjne i czujnikowe), są dla pracowników ściany mniej istotne i są przekazywane do dyspozytora w celu wszczęcia odpowiedniej procedury serwisowej.

Alarmowanie na ścianie

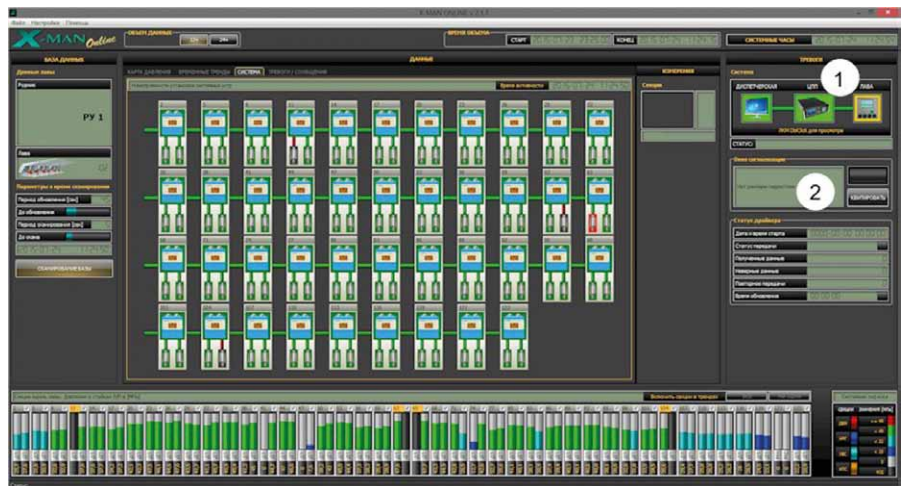
Alarmowanie na ścianie odbywa się w koncentratorze ścianowym WBOX zgodnie z parametrami ustalonymi na podstawie ustawień przesyłanych z powierzchni. Wyróżnia się trzy typy alarmów. Dwa z nich stanowią alarmy zbiorcze dotyczące bezpośrednio wartości pomiarowych. Dotyczą one wykrycia przekroczonego w stosunku do zadanego lub obniżonego w stosunku do danego ciśnienia na kilku stojakach,

których liczbę określa parametr. Parametrami są równocześnie progi alarmowania ustawiane indywidualnie dla każdego stojaka. Istotnym parametrem jest również tzw. histereza określająca czas, po którym utrzymywanie się stanu przekroczenia wartości alarmowych powoduje włączenie sygnału alarmowego. Włączenie sygnału alarmowego może zostać skasowane przez obsługę, co oznacza zauważenie problemu. Jednakże skasowanie sygnału alarmowego nie jest jednoznaczne z kasacją stanu alarmowego, który może zostać usunięty dopiero po zaniknięciu warunku alarmu.

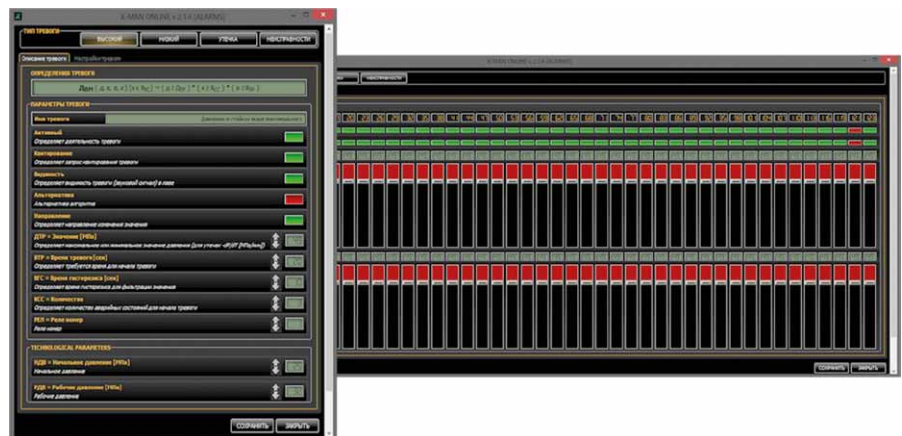
Oprócz alarmów dotyczących wartości mierzonych w systemie istnieje alarm odnoszący się do wykrycia błędów w działaniu elementów sprzętowych systemu. Alarm ten wskazuje, które ogniwo w systemie pracuje niewłaściwie i może dotyczyć: transmisji ściennej, transmisji pomiarowej lub działania czujnika (status). Umożliwia więc obsłudze systemu lokalizację usterki w celu jej usunięcia. Informacje dotyczące ww. typów alarmów są przesyłane do powierzchniowej części systemu wraz z lokalizacją wystąpienia danego typu alarmu lub uczestnictwa elementu w alarmie zbiorczym. Są one również w postaci uproszczonej prezentowane na wyświetlaczu koncentratora ściennego. Na wyświetlaczu tym prezentowany jest jeszcze jeden typ alarmu, który jednakże nie jest skojarzony z sygnałem dźwiękowym. Dotyczy on wykrycia przerwy w transmisji pomiędzy częścią powierzchniową a dołową systemu i ze zrozumiałych względów informacja o nim nie może być wysyłana na powierzchnię.

Alarmowanie w dyspozytorni

Dyspozytor otrzymuje, oprócz danych pomiarowych, pełną informację o stanach zagrożenia oraz niesprawności systemu za pomocą dedykowanej aplikacji X-MAN Online (rys. 6). Stany alarmowe sygnalizowane są w odpowiednim oknie, również sygnałem dźwiękowym, natomiast informacja szczegółowa przedstawiana jest w odpowiedniej zakładce w postaci diagramu połączeń urządzeń systemu. Informacje pochodzą z analizy zapisów w bazie danych dotyczących statusu urządzeń. Z analizy tej wynikają następujące informacje o:



Rys. 6. Oprogramowanie X-MAN Online – zakładka statusu urządzeń oraz okna statusu transmisji (1) i wystąpienia alarmu (2)



Rys. 7. Oprogramowanie X-MAN online – okna konfiguracji algorytmów alarmu oraz nastaw indywidualnych dla czujników

- braku połączenia transmisyjnego ze ścianą;
- awarii koncentratorów sekcyjnych P-BOX;
- awarii czujników PS;
- awarii kabli transmisyjnych;
- awarii kabli czujnikowych.

Alarmy o wadliwym działaniu urządzeń systemu przekazywane są bez względu na ich częstotliwość występowania oraz ilość jednoczesnych wystąpień. Inaczej wygląda sprawa alarmów o przekroczeniach wartości krytycznych. Decyzja o ilości i czasie trwania przekroczenia, determinująca zaalarmowanie o danym zagrożeniu, należy do użytkownika. Nie każde bowiem zaistnienie przekroczenia musi być traktowane jako sytuacja alarmowa. Krytyczne ciśnienie

na jednej sekcji przez krótki okres niekoniecznie jest wynikiem niszczącego działania stropu, a niskie ciśnienie w stojaku może być spowodowane zamierzonym działaniem operatora sekcji, a nie uszkodzeniem stojaka. Również algorytm określający prawdopodobieństwo wycieku ze stojaka opiera się na długookresowych pomiarach ciśnienia (a właściwie jego spadku), eliminując czas związany z technologicznym robowaniem i rozpięciem sekcji. O ile reakcja serwisowa dla urządzeń systemu może być szybka i skuteczna w ciągu jednej zmiany, to w przypadku awarii stojaków sekcji obudowy serwis może spowodować przestój ściany.

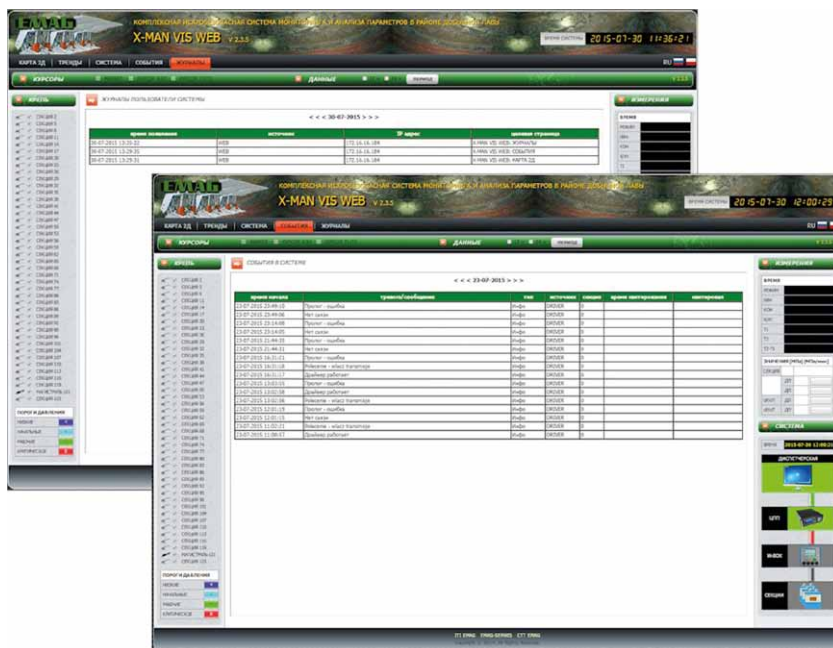
Oprogramowanie X-MAN Online umożliwia ustawienie parametrów alarmów (rys. 7), do których należą:

- ilość czujników, których alarm dotyczy;
 - czas trwania stanu alarmowego;
 - wartość maksymalna lub minimalna określająca stan alarmowy.
- przy czym wartości krytyczne mogą być ustawiane dla każdego czujnika niezależnie. Czujniki mogą być również eliminowane z algorytmu, jeśli operator zdecydował, że ich wskazania są nieistotne dla alarmu.

Inspekcja systemu

Obowiązki dyspozytora obejmują przede wszystkim reakcje na stany alarmowe. Drugą sprawą jest reakcja służb wyższego szczebla, odpowiedzialnych za utrzymanie ruchu ściany wydobywczej. Informacje o wartościach mierzonych i alarmach, zarówno bieżące, jak i historyczne, są dostępne w sieci LAN poza dyspozytornią i mogą (a nawet powinny) być analizowane z użyciem standardowych przeglądarek WWW. Akcja każdego użytkownika przeglądającego dane systemu zostaje zarejestrowana w bazie danych, a zdarzenia opisane przez: czas wystąpienia, IP użytkownika oraz zakres i postać przeglądanych danych. Są one dostępne w odpowiedniej zakładce aplikacji X-MAN VIS WEB (rys. 8) i mogą być odpowiednio wykorzystane przez służby najwyższego szczebla.

Tak zaprojektowany system pozwala na bieżącą kontrolę monitorowanego



Rys. 8. Oprogramowanie X-MAN VIS WEB – okna rejestracji przeglądania danych oraz zdarzeń w systemie

obiektu, analizę historyczną, umożliwiającą korekty nastaw technologicznych oraz ocenę prawidłowości działań służb każdego szczebla. Pozwala to na gruntowne zwiększenie zarówno bezpieczeństwa pracy osób, jak i odpowiednie wykorzystanie i serwisowanie elementów hydraulicznej obudowy zmechanizowanej na ścianie wydobywczej.

Podsumowanie

System X-MAN został wdrożony i pracuje od półtora roku w jednej z białoruskich kopalń soli potasowej.

 Krzysztof Oset, Jacek Juzwa – IT-EMAG