

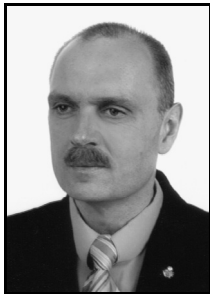
**Krzysztof OPRZĘDKIEWICZ**

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, KATEDRA AUTOMATYKI  
Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

## System zdalnego monitorowania i nadzoru górniczego kombajnu ścianowego

Dr hab. inż. Krzysztof OPRZĘDKIEWICZ

Obecnie zatrudniony na AGH w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki AGH, Katedra Automatyki na stanowisku adiunkta oraz w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Tarnowie, Instytut Politechniczny na stanowisku profesora nadzwyczajnego. Zainteresowania naukowe: problemy sterowania systemami dynamicznymi o niepewnych parametrach, sterowanie cyfrowe, automatyka przemysłowa.



e-mail: kop@uci.agh.edu.pl

### Streszczenie

W pracy przedstawiono system zdalnego monitorowania i nadzoru pracy górniczego kombajnu ścianowego KSW 1140E. Zaprezentowany system składa się z dwóch części. Pierwszą z nich jest aplikacja SCADA, zbudowana z użyciem środowiska *Intouch* która pozwala na odczyt, monitorowanie i wizualizację podstawowych sygnałów oraz sygnałów alarmowych i ostrzegawczych z kombajnu. Drugą częścią jest aplikacja umożliwiająca dostęp do systemu SCADA z poziomu przeglądarki internetowej, zbudowana z użyciem narzędzia *Proficy Real-Time Information Portal*. Zbudowana aplikacja jest przydatna dla celów serwisowych oraz poprawy bezpieczeństwa pracy maszyny oraz do zbierania danych umożliwiających optymalizację jej pracy.

**Słowa kluczowe:** górnicy kombajn ścianowy, cyfrowe systemy sterowania, systemy SCADA.

### A remote monitoring and supervising system for coal mining machine

#### Abstract

In the paper a remote supervising and monitoring system for coal mining machine KSW 1140E is presented. The main goal of an application we deal with is to assure the remote access (from seat of service or producer company) to main signals, describing the correct work of machine: temperatures, pressures, currents, voltages, etc. Additionally, alarms, warnings and reports sent by main controller of machine should be also available. A general view of considered machine is presented in Figs 1a and 1b. A main controller of the machine is shown in Fig. 2, a block diagram of control system and internal data exchange is shown in Fig. 3. The data exchange between machine, SCADA and internet viewer is depicted by Fig. 4. The system presented in paper consists of two parts. The first one is a SCADA application built with the use of *Intouch* which allows user to read, monitor and visualize of elementary signals, alarms and warnings from the machine. The main screen of this application is presented in Fig. 5, exemplary screens for temperatures monitoring are shown in Figs 6a and 6b. The other part is an application allowing user to access to the SCADA with the use of internet viewer, built with the use of *Proficy Real-Time Information Portal*. The general graphical form of internet application is very similar to SCADA, differences are caused by impossibility of presentation alarms in text form at the internet platform. The main screen of internet application is shown in Fig. 7. In conclusion, the presented application is useful for service and security improving. Additionally, it allows us to collect data to optimize the work of mining machine we are deal with.

**Keywords:** coal mining machine, digital control systems, SCADA systems.

### 1. Uwagi wstępne

Górnicy kombajn ścianowy jest urządzeniem, którego ewentualna awaria podczas pracy na ścianie wydobywczej może mieć niezwykle poważne konsekwencje, począwszy od znacznych strat finansowych dla kopalni, a zakończywszy na spowodowaniu

zagrożenia pożarowego lub wybuchowego, co niesie bezpośrednie zagrożenie życia i zdrowia ludzi.

Jednocześnie należy dodać, że nadzór stanu technicznego maszyny oraz jej serwis (w sensie planowej obsługi okresowej oraz usuwania awarii podczas pracy) jest często prowadzony nie przez służby utrzymania ruchu kopalni, tylko przez specjalizowaną firmę lub producenta urządzenia. Ten czynnik jest przyczyną faktu, że służby serwisowe są znacznie oddalone od miejsca pracy kombajnu i nie są w stanie nadzorować go w sposób ciągły.

Czynnikiem znacznie ułatwiającym zdalne monitorowanie i nadzór pracy kombajnu jest fakt, że obecne kombajny ścianowe są sterowane cyfrowo i jednostka sterująca posiada możliwość komunikacji cyfrowej z wykorzystaniem sieci komputerowej, podobnie, jak ma to miejsce w przypadku innych cyfrowych systemów sterowania bazujących np. na sterownikach PLC. Ponadto rynek oferuje dość duży zestaw dedykowanych dla potrzeb automatyki przemysłowej specjalistycznych środowisk programowych SCADA, pozwalających monitorować i nadzorować pracę cyfrowych systemów sterowania bazujących na regulatorach cyfrowych. Środowiska te oferują duże zestawy gotowych elementów graficznych oraz możliwość budowy własnych rozbudowanych funkcji, stosowanych np. do diagnostyki, natomiast ich zastosowanie w każdej sytuacji wymaga budowy aplikacji ściśle dedykowanej dla konkretnego systemu.

Jednocześnie należy dodać, że aktualnie w przemyśle wydobywczym nie stosuje się zdalnych systemów monitorowania i nadzoru pracy kombajnów ścianowych, co implikuje, że opracowanie i wdrożenie systemu zdalnego monitorowania i nadzoru dla kombajnu górniczego pracującego pod ziemią jest w pełni uzasadnione, przy czym najbardziej racjonalne wydaje się zbudowanie takiego systemu z wykorzystaniem jednego z dostępnych na rynku systemów SCADA. Zbudowany system ma umożliwiać monitorowanie i nadzór pracy maszyny z poziomu aplikacji zainstalowanej na komputerze w siedzibie firmy zajmującej się serwisem kombajnu, a zbieranie i transmisja danych pomiarowych powinna się odbywać z wykorzystaniem Internetu przy zachowaniu reguł bezpieczeństwa i poufności.

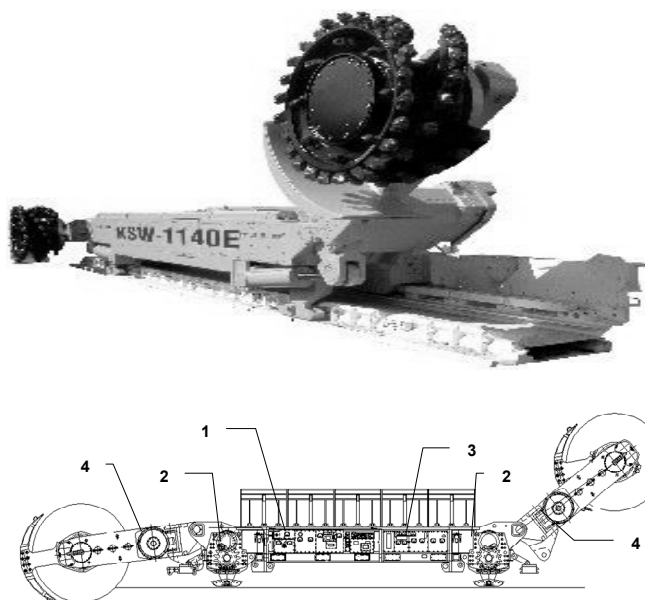
W niniejszej pracy podano opis realizacji powyższego zadania, zrealizowany w latach 2007-2008 pod kierownictwem autora pracy (zob. [3]). W ramach realizacji omawianego projektu zbudowano zdalny system monitorowania i nadzoru pracy kombajnu KSW 1140E produkcji Zabrzańskich Zakładów Mechanicznych S.A. Do budowy systemu wykorzystano środowisko SCADA *Proficy iFIX* wersja 4.0 PL oraz przemysłowy portal wizualizacyjny i raportowy *PROFICY™ Real-Time Information Portal*.

W niniejszej pracy zostaną omówione następujące zagadnienia:

- Konstrukcja i system sterowania kombajnu,
- Wymiana danych pomiędzy sterownikiem kombajnu i systemem monitorowania i nadzoru,
- Funkcjonalność zbudowanego systemu,
- Uwagi końcowe.

### 2. Konstrukcja i system sterowania kombajnu

Podstawowe informacje teoretyczne z zakresu konstrukcji i pracy kombajnów ścianowych są podane np. w pracy [4]. Budowa oraz rozmieszczenie głównych elementów kombajnu KSW 1140E pokazane są na rys. 1 (zob. [5] lub [3]).

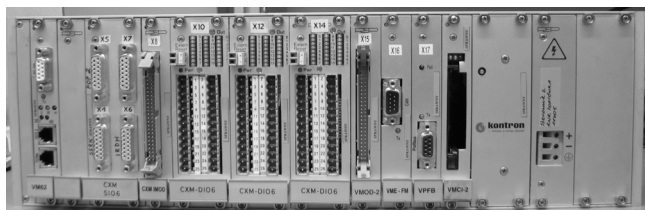


Rys. 1. Kombajn KSW 1140E – widok ogólny i główne elementy  
Fig. 1. Coal mining machine KSW 1140E – general view and main elements

Rozmieszczenie głównych elementów kombajnu na schemacie 1 jest następujące:

1. Moduł zasilająco-sterujący typu MZS-1140 wyposażony między innymi w napięciowy przemiennik częstotliwości wraz z filtrami wejściowymi i wyjściowymi, zespół rezystorów do wytracania energii w czasie hamowania elektrycznego kombajnu, zespół zabezpieczeń upływowych dla sieci 3AC440V i AC24V, zabezpieczeń przeciążeniowych silników, komputerowy zespół sterowania i diagnostyki kombajnu, transformator napięć pomocniczych kombajnu oraz transformator zasilania silnika elektrycznego pompy hydraulicznej oraz napięciowego przemiennika częstotliwości.
2. Ciągniki elektryczne, z których każdy jest wyposażony w silnik elektryczny typu 2SG6B 200S-4Af w wersji B o mocy znamionowej 55kW lub typu 2SG6 200-4f o mocy znamionowej 45kW i opcjonalnie w hamulec postojowy sterowane elektrycznie.
3. Moduł hydrauliki wyposażony w silnik elektryczny typu SG6 180M-4 o mocy znamionowej 30 kW.
4. Ramiona typu R-300W z organami urabiającymi wyposażonymi w silniki elektryczne typu SG4W 562Y-4 o mocy znamionowej 300kW lub R-500 z organami urabiającymi wyposażonymi w silniki elektryczne typu SG3W 760Y-4 o mocy znamionowej 500kW.

Dostęp z poziomu systemu SCADA do sygnałów procesowych i diagnostycznych urządzenia odbywa się wyłącznie z poziomu sterownika cyfrowego, który jest zrealizowany na modułowym komputerze przemysłowym opartym na magistrali VME i CXC. Konfiguracja komputera jest przedstawiona na rys. 2.



Rys. 2. Główny komputer sterujący [3]  
Fig. 2. A main control unit [3]

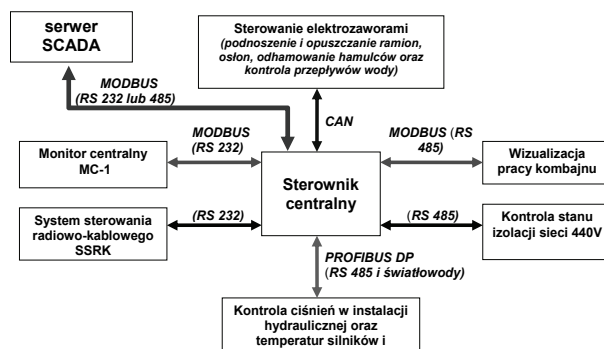
Jednostka centralna to karta VM-62 z procesorem Motorola serii 68060, nakładką pamięci typu RAM 64MB, FLASH 1MB i systemem operacyjnym czasu rzeczywistego OS-9 obsługująca w/w magistrale. OS pozwala na wywołanie niezależnych aplikacji odpowiedzialnych za funkcje sterowania takie jak: między inny-

mi: uruchamianie i zatrzymywanie pracy maszyny, regulacja organów urabiających (z użyciem algorytmów PI), diagnostyka sprawności poszczególnych zespołów urządzenia, sterowanie pracą maszyny w sytuacjach awaryjnych, wspomaganie pracy obsługi, itp.

System sterowania kombajnu jest „twardym” systemem czasu rzeczywistego. Jest to spowodowane wymogami bezpieczeństwa oraz ochrony maszyny przed samouszkodzeniem: masa maszyny wynosi około 80t, a maksymalne szybkości jej ruchu sięgają około 20m/min. Obwody zabezpieczające muszą pracować w pełni autonomicznie i z odpowiednio wysokim stopniem niezawodności. Część systemu sterowania musi być zbudowana z wykorzystaniem elementów wykonanych w technologii iskrobezpiecznej zgodnie z dyrektywą ATEX.

System sterowania posiada również własny panel operatorski, pozwalający na sterowanie pracą kombajnu przez obsługę. Panel ten zapewnia też możliwość diagnostyki, monitorowania i nadzoru przez obsługę najważniejszych parametrów pracy kombajnu. Połączenie kombajnu z serwerem SCADA jest realizowane z poziomu sterownika centralnego z wykorzystaniem kablowej sieci MODBUS, dołączonej do sterownika z wykorzystaniem łącza RS 232 lub RS 485.

Schemat blokowy systemu sterowania rozważanego kombajnu pokazany jest na rys. 3.



Rys. 3. Schemat blokowy systemu sterowania i wewnętrznej wymiany danych  
Fig. 3. A block diagram of control system and internal data exchange

Jednocześnie należy dodać, że system SCADA, którego zadaniem jest monitorowanie i nadzór pracy systemu, nie musi być systemem „hard real time”, gdyż jego zadania nie są bezpośrednio związane ze sterowaniem maszyny. Ten fakt umożliwia wykorzystanie sieci ETHERNET do komunikacji pomiędzy sterownikiem i systemem SCADA.

W przypadku rozważanego urządzenia pomiarom i sterowaniu podlegają następujące sygnały:

- temperatura transformatora zasilającego;
- temperatura bloku rezystorów hamowania;
- temperatura silników organów;
- temperatura silnika pompy;
- temperatura silników ciągników;
- temperatura oleju w przekładniach ramion i ciągników;
- temperatura oleju hydraulicznego;
- stan zanieczyszczenia filtra oleju;
- ciśnienia w obwodach hydrauliki siłowej;
- ciśnienie sterowania hamulcami kombajnu;
- ciśnienia w układzie wodnym kombajnu;
- kontrola przepływu wody w nitkach instalacji chłodzącej i zraszającej;
- rzeczywista prędkość ruchu kombajnu oraz detekcja kierunku ruchu;
- prądy silników organów;
- prądy silników ciągników;
- prąd silnika pompy;
- napięcie zasilające;
- detekcja źródła przerwania obwodu sterowania zasilaniem kombajnu.

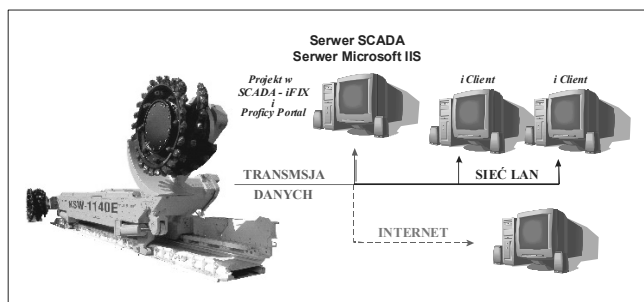
Zebranie i poprawna interpretacja przez system SCADA powyższych sygnałów pozwala na pełny monitoring pracy kombajnu.

### 3. Wymiana danych pomiędzy sterownikiem kombajnu i systemem monitorowania i nadzoru

System wymiany danych pomiędzy sterownikiem kombajnu i omawianym systemem monitorowania i nadzoru pokazany jest na rys. 4. Wymiana danych jest zrealizowana z użyciem dwóch serwerów komunikacyjnych:

Pierwszym z nich jest serwer SCADA, który ma bezpośredni dostęp do źródła danych z kombajnu. Ze sterownikiem centralnym kombajnu łączy się poprzez interfejsy RS485 lub RS232 opartymi na protokole MODBUS (połączenie przewodowe), na tym serwerze operuje się aplikacją SCADA wykonaną z użyciem narzędzia iFIX.

Drugim jest serwer sieciowy Microsoft IIS, na którym działa *Proficy Real-Time Information Portal*. Portal ten zapewnia dostęp do systemu SCADA poprzez Internet z poziomu przeglądarki. Do tego systemu mogą być również dołączone stacje klienckie lub inne serwery SCADA.



Rys. 4. Wymiana danych pomiędzy kombajnem i systemem nadzoru (aplikacja SCADA i przeglądarka internetowa)

Fig. 4. A data exchange between machine and supervising system (SCADA and internet viewer)

### 4. Funkcjonalność zbudowanego systemu SCADA

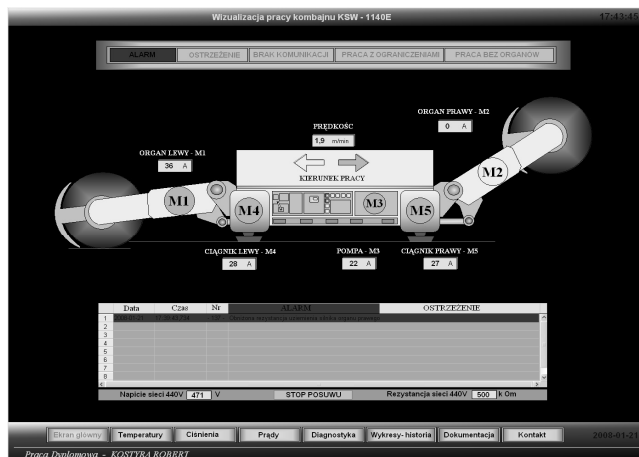
Aplikacja SCADA została zbudowana z użyciem środowiska PROFICY iFIX 4.0. Zawiera ona następujące główne części:

- Driver komunikacyjny odczytujący dane ze sterownika kombajnu,
- Baza danych w formacie MS ACCESS, w której są zapisywane dane zebrane z kombajnu. W obrębie tej bazy są także wykonywane określone operacje obliczeniowe na tych danych,
- Interfejs graficzny pozwalając na łatwy dostęp do wszystkich komponentów zbudowanego systemu.

Dane ze sterownika kombajnu są pobierane za pośrednictwem drivera *MB1 ModiconModbus v7.16j* i zapisywane do bazy danych aplikacji. Specyfikacja adresów w sterowniku kombajnu jest definiowana na poziomie definiowania bloków danych dla bazy. W aplikacji zastosowano dwa bloki danych: *DataBlock0* typu AI pobiera ze sterownika zmienne analogowe, a drugi *DataBlock1* typu DI zmienne dwustanowe (binarne). Dodatkową operacją wykonywaną w obrębie bazy danych (w trzecim bloku typu CA) jest skalowanie pobranych danych analogowych.

Sprawdzanie wartości poszczególnych zmiennych pod kątem poprawności pracy maszyny wykonywane jest z wykorzystaniem możliwości narzędzia SCADA użytego do budowy aplikacji – alarmy mogą być przypisane do każdej zmiennej użytej w programie.

Ekran główny aplikacji SCADA pokazano na rys. 5.



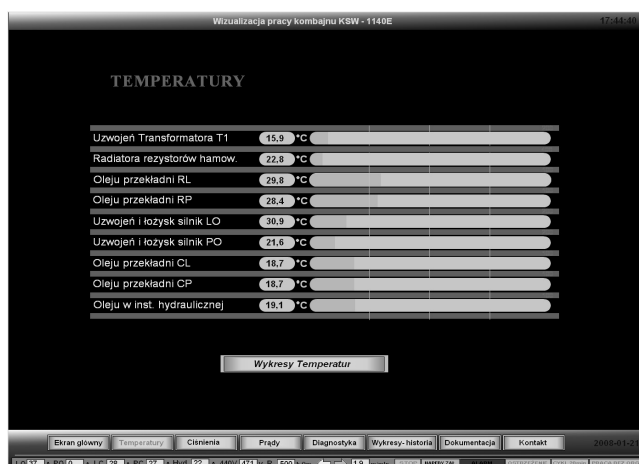
Rys. 5. Główny ekran aplikacji SCADA

Fig. 5. A main screen of SCADA application

Ekran główny posiada następujące funkcje w systemie:

1. Rząd kontrolki w jego górnej części sygnalizuje najważniejsze zdarzenia podczas pracy kombajnu: aktywny alarm, aktywne ostrzeżenie, brak komunikacji systemu ze sterownikiem, pracę awaryjną z ograniczeniami, oraz pracę manewrową bez użycia organów urabiających. Dodatkowo najężdżając na nie myszą wyświetlane są dodatkowe wskazówki dotyczące zadziałania konkretnej kontrolki.
2. Animowany schemat kombajnu na środku ekranu pozwala na nadzór i monitorowanie stanu pracy silników napędowych (oznaczenia: M1 – M5 na rysunku 5) oraz pozwala na podgląd kierunku i prędkości ruchu całej maszyny (strzałki w lewo i prawo),
3. Tabela w dolnej części zawiera zestawienie wszystkich alarmów wygenerowanych przez wewnętrzne systemy zabezpieczeń,
4. Pasek przycisków w dolnej części pozwala na przejście do ekranów pozwalających na monitorowanie najważniejszych sygnałów z maszyny: temperatur, ciśnienia, prądów silników i parametrów diagnostycznych (stany liczników kontroli komunikacji z systemem sterowania radiowo-kablowego, stany zabezpieczeń sieci 440V, napięcie sieci 440V, parametry związane z zadawaniem prędkości na przemiennik częstotliwości, maksymalne i minimalne ciśnienia zarejestrowane w instalacji hydraulicznej hamulców kombajnu).

Przykładowe ekrany do monitorowania temperatury pokazane są na rysunkach 6a i 6b. Ekran pokazany na rys. 6a pozwala na monitorowanie wartości temperatur najważniejszych organów kombajnu. Temperatury wyświetlane są jako wartości oraz dodatkowo wizualizowane na bargrafach. Dodatkowo w dolnej części ekranu temperatur są skrótkowo wyświetlane pozostałe istotne parametry pracy maszyny.



Rys. 6a. Zakładka „Temperatury” ekranu synoptycznego

Fig. 6a. A bookmark „Temperatures” of synoptic screen

