

# RSKID – system radiowego sterowania dla kombajnów chodnikowych typu KID-220MP

Piotr Szymała, Piotr Loska, Tomasz Molenda, Jarosław Smyła

## 1. Wprowadzenie

Głównym założeniem podczas projektowania systemu RSKID było zapewnienie bezpiecznej pracy operatorów kombajnu chodnikowego typu KID-220MP poprzez wycofanie ludzi z rejonu zagrożenia. System RSKID zaprojektowany został również w celu zwiększenia efektywności urabiania i poprawy komfortu obsługi.

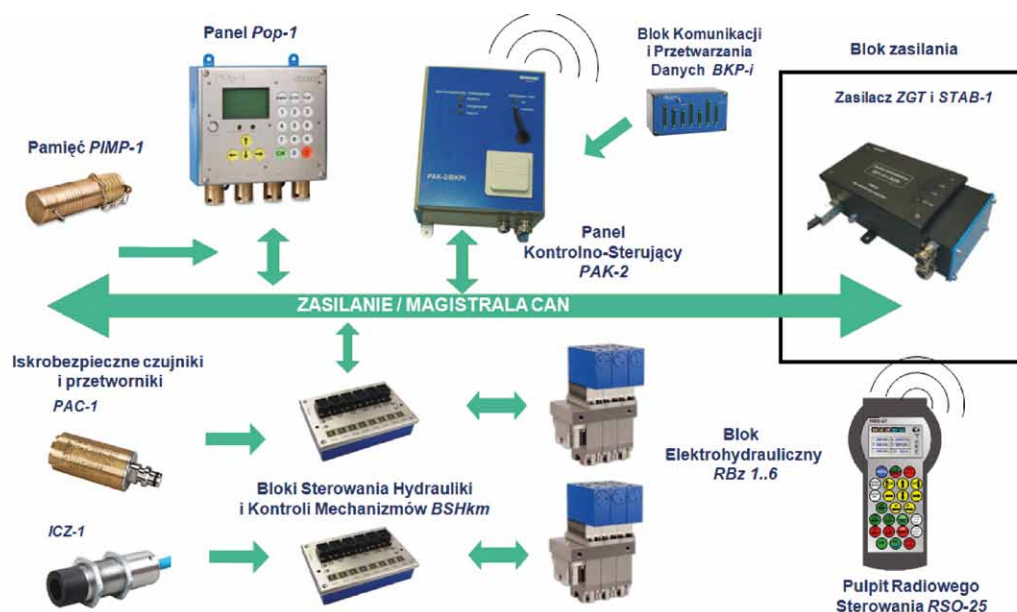
System RSKID jest zestawem wzajemnie połączonych urządzeń przeznaczonych do sterowania, diagnostyki i kontroli pracy kombajnu chodnikowego. Główną funkcją systemu jest możliwość sterowania ruchem kombajnu zarówno w trybie ręcznym, jak i zdalnym. System pozwala również na bieżącą diagnostykę i kontrolę pracy oraz monitorowanie stanu maszyny na wyświetlaczu pulpitu operatorskiego POP-1 oraz Radiowego Sterownika Operatorskiego RSO-25. W celu zapewnienia optymalnej i bezpiecznej pracy kombajnu użytkownik ma możliwość parametryzacji progów alarmowych dla przetworników ciśnienia oraz prądu silnika organu urabiającego.

## 2. Budowa systemu

System RSKID składa się z połączonych ze sobą modułów komunikujących się za pośrednictwem magistrali CAN bądź RS. Schemat struktury systemu znajduje się na rys. 1.

**Streszczenie:** Opisany został system diagnostyki i sterowania RSKID, przeznaczony dla kombajnu chodnikowego. System opracowany został w ramach zrealizowanej w Instytucie pracy „Opracowanie nowej funkcjonalności modułu interfejsu obsługi i wizualizacji systemu sterowania kombajnem”. System ten został zastosowany na kombajnie chodnikowym KID-220MP w IPR Soligorsk. Przedstawiono strukturę systemu oraz opisano jego właściwości, ponadto przedstawiono krótkie charakterystyki poszczególnych urządzeń wchodzących w jego skład oraz realizowane przez nie funkcje.

**Abstract:** Described diagnostics and control system RSKID is designed for roadheader. The system was developed in the Institute as part of the project „Development of a new functionality of the operating and visualization interface control system combine”. System was used to KID 220MP roadheader in IPR Soligorsk. The article presents the structure of the system and describes its properties. Also provides a brief description of devices included in its composition and function.



Rys. 1. Schemat struktury systemu RSKID

[opracowanie własne]



Rys. 2. Pulpit operatorski Pop-1 [3]

### 2.1. Pulpit operatorski POP-1

Pulpit operatorski (rys. 2) jest urządzeniem iskrobezpiecznym, będącym głównym interfejsem użytkownika. W systemie RSKID pozwala na wprowadzanie parametrów systemowych oraz prezentację aktualnych poziomów ciśnień w układach hydraulicznych kombajnu oraz poboru prądu przez silnik napędu głowicy organu urabiającego. Ponadto na wyświetlaczu pojawiają się komunikaty ostrzegawcze i informacyjne na temat załączonych napędów oraz trybów sterowania. Urządzenie odpowiada również za zapis wybranych zdarzeń w nieulotnej pamięci oraz diagnostykę magistrali komunikacyjnych.

### 2.2. Panel kontrolno-sterujący PAK-2/BKP-i

Panel kontrolno-sterujący PAK-2/BKP-i (rys. 3) w systemie radiowego sterowania RSKID pełni rolę nadrzędnego urządzenia wyposażonego w odpowiednie oprogramowanie, które zarządza pracą pozostałych urządzeń systemu i nadzoruje wszystkie jego fazy pracy. Na części czołowej obudowy znajduje się zestaw diod sygnalizacyjnych, które dostarczają najbardziej podstawowych informacji o aktualnej pracy systemu.



Rys. 3. Panel kontrolno-sterujący PAK-2/BKP-i [3]



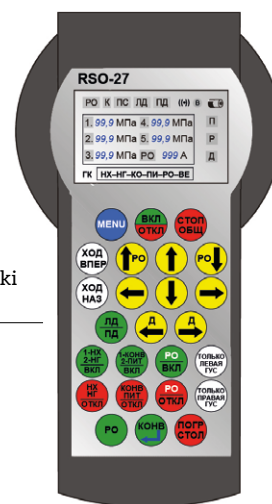
Rys. 4. Blok komunikacji i przetwarzania danych BKP-i [3]

Podstawowym elementem panelu kontrolno-sterującego PAK-2/BKP-i jest przedstawiony na rys. 4 blok komunikacji i przetwarzania danych BKP-i.

Blok BKP-i jest urządzeniem elektronicznym wyposażonym w mikrokontroler, układy pamięci i układy wejścia/wyjścia, zapewniające współpracę z pozostałymi urządzeniami wchodzącymi w skład systemu sterowania i diagnostyki kombajnu. Blok koordynuje działanie urządzeń systemu, zapewnia realizację wszystkich funkcji sterowniczych kombajnu. Steruje transmisją danych pomiędzy urządzeniami połączonymi magistralą transmisji szeregową CAN lub RS485, rejestruje dane o stanie pracy maszyny w lokalnej pamięci i zapewnia komunikację radiową.

### 2.3. Radiowy sterownik operatorski RSO-25/CH

Radiowy Sterownik Operatorski RSO-25/CH jest urządzeniem iskrobezpiecznym. Dla potrzeb systemu RSKID wykonana została jego specjalna, rosyjskojęzyczna wersja, przedstawiona na rys. 5.



Rys. 5. Radiowy sterownik operatorski RSO-25/CH [3]

Sterownik operatorski wyposażony jest w łącze radiowe pracujące w paśmie 2,4 GHz i może być stosowany do sterowania kombajnów chodnikowych wyposażonych w moduł komunikacji radiowej BKP-i. Urządzenie zasilane jest przez iskrobezpieczny zespół akumulatorowy, który stanowi jego integralną, wewnętrzną część. Ładowanie, według określonego trybu, może odbywać się wyłącznie w ładowarkach typu SL-4, których można używać tylko w pomieszczeniach poza strefą zagrożenia wybuchowego.

Radiowy sterownik operatorski RSO-25/CH posiada obudowę przenośną o stopniu ochrony IP54, wykonaną z tworzywa. Obudowa umieszczona jest w gumowej osłonie ochronnej, która zwiększa odporność na narażenia mechaniczne.

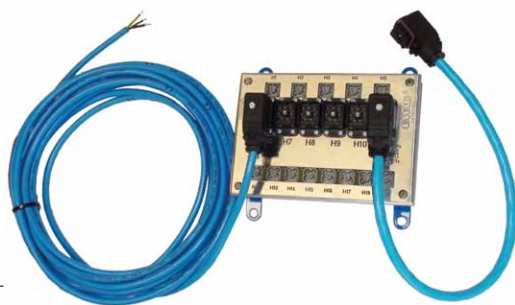
### 2.4. Blok sterowania hydrauliki i kontroli mechanizmów – BSHkm i elektrohydrauliczne

#### bloki sterowania – RBz-4/10 i RBZU-3/14

Część hydrauliczna systemu składa się z 3 bloków rozdzielaczy elektrohydraulicznych RBz-4/10 oraz jednego bloku typu RBZU3/14. Bloki stanowią w systemie zasadnicze elementy wykonawcze. Cewki elektromagnesów tych rozdzielaczy wysterowane są poprzez 3 koncentratory sygnałów BSHkm, które służą również do podłączenia przetworników ciśnienia PAC oraz przetworników zbliżeniowych ICZ.

Blok sterowania hydrauliki i kontroli mechanizmów BSHkm jest urządzeniem iskrobezpiecznym, przeznaczonym do sterowania i kontroli pracy układów hydraulicznych kombajnu. Każdy BSHkm posiada pięć wyjść sterujących. Specjalny układ pomiarowy służy do lokalizacji ewentualnego uszkodzenia (zwarcia lub rozwarcia cewki elektromagnesu) poprzez pomiar natężenia prądu. Stacje BSHkm połączone są z panelem kontrolno-sterującym PAK-2/BKP-i za pośrednictwem magistrali CAN. Dzięki temu możliwa jest szybka wymiana informacji pomiędzy przetwornikami a urządzeniem decyzyjnym.

Rys. 6. Stacja BSHkm(1) – blok sterowania BSHkm z łącznikami urządzeń systemu [3]



### 2.5. Moduł pamięci PIMP-1

Przenośny moduł pamięci PIMP-1 jest urządzeniem iskrobezpiecznym. Moduł posiada obudowę wykonaną z mosiądzu, zapewniającą stopień ochrony IP67. Urządzenie wyposażone jest w interfejs RS485 typu *half-duplex* wykorzystując protokół Modbus RTU.

Moduł pamięci PIMP-1 w systemie RSKID przeznaczony jest do archiwizacji historii zdarzeń i rejestrowania z tzw. „stemplem czasowym” wszystkich poleceń sterowniczych inicjowanych przez operatora kombajnu i ich skutków zrealizowanych przez urządzenia systemu.

Zgromadzone w PIMP-1 informacje można przenieść do powierzchniowego komputera PC wyposażonego w port USB. Zapisane dane zorganizowane są w postaci plików i mogą posłużyć do ich analizy i wizualizacji, na przykład w formie tablic oraz wykresów.

### 2.6. Układ zasilania

Układ zasilania systemu radiowego sterowania RSKID przedstawiony na rysunkach składa się z następujących urządzeń:



Rys. 7. Iskrobezpieczny przenośny moduł pamięci PIMP-1 [3]

- dwóch iskrobezpiecznych zasilaczy typu ZGT-12-1,5/42;
- iskrobezpiecznego stabilizatora 5 V DC STAB-1;
- ognioszczelnej skrzynki rozgałęznej typu SOR-6M;
- dwóch iskrobezpiecznych skrzynek rozgałęznych typu IS-95/1.

Zadaniem bloku zasilania jest zapewnienie iskrobezpiecznego zasilania o odpowiednich parametrach dla poszczególnych urządzeń systemu RSKID (12 V DC i 5 V DC).

Zestaw urządzeń zasilających system zapewnia pierścieniowy układ zasilania wszystkich urządzeń systemu napięciami 12 V i 5 V, co zdecydowanie obniża stopień ryzyka utraty napięcia zasilania urządzeń.

Napięcie 12 V DC z zasilacza ZGT wykorzystane jest do zasilania części wykonawczej systemu, tj. cewek rozdzielaczy elektrohydraulicznych oraz przetworników ciśnienia PAC-1 i pulpitu POp-1. Napięcie 5 V DC ze stabilizatora napięcia STAB-1 wykorzystane jest do zasilania układów elektronicznych stacji BSH(n), panelu PAK-2/BKP-i, separatora SET-5RS oraz przetworników zbliżeniowych ICZ(n).

#### 2.6.1. Stabilizator napięcia STAB-1

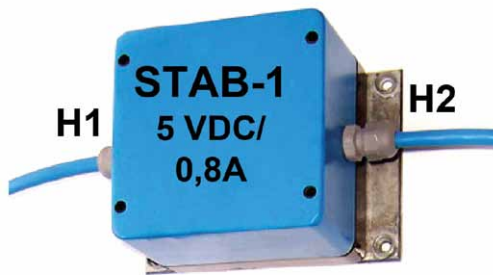
Stabilizator napięcia typu STAB-1, przedstawiony na rys. 8, jest urządzeniem elektronicznym przeznaczonym do zasilania urządzeń iskrobezpiecznych, wymagających napięcia zasilania o wartości +5 V oraz o maksymalnym poborze prądu 0,8 A. Stabilizator STAB-1 ma zastosowanie jako dodatkowy element na wyjściu iskrobezpiecznego zasilacza o napięciu wyjściowym +12 V DC, obniżający napięcie z 12 V DC do 5 V DC. Konstrukcja stabilizatora pozwala na odseparowanie pojemności obwodu +5 V obciążenia od napięcia zasilania +12 V. Spełnienie wymogów iskrobezpieczeństwa pozwala na stosowanie go w warunkach zagrożenia wybuchem metanu oraz pyłu węglowego.

Układ elektroniczny stabilizatora napięcia zamontowany jest w obudowie poliestrowej zamocowanej na stalowej płycie odprowadzającej ciepło. Urządzenie posiada dwa przewody zamocowane we wpustach umieszczonych po bokach obudowy, oznaczone symbolami H1 i H2. Pierwszy z nich pełni funkcję zasilania stabilizatora napięciem 12 V DC, natomiast drugi stanowi wyprowadzenie wyjściowego napięcia stabilizowanego 5 V DC.

### 3. Opis działania

System RSKID, wyprodukowany przez Instytut Emag, może współpracować z dowolnym systemem nieiskrobezpiecznym poprzez magistralę RS485 odseparowaną przez separator





Rys. 8. Stabilizator napięcia typu STAB-1 [3]

SET-5RS. W tym przypadku system współpracuje z białorską skrzynią aparatury elektrycznej typu CYB-6, na której umieszczony jest pulpit sterowniczy. Na pulpicie tym znajduje się przełącznik wyboru trybu pracy oraz przyciski sterownicze do uruchamiania napędów elektrycznych. Przełącznik trybu pracy pozwala wybrać jeden z trzech trybów.

### 3.1. Tryb testowy

W trybie pracy „Test” wszystkie urządzenia systemu RSKID zamontowane na kombajnie uruchamiają się samoczynnie, a pulpit operatorski POP-1 bierze czynny udział w przeprowadzonym teście.

Tryb pracy „Test” przeznaczony jest do sprawdzenia poprawności działania styczników uruchamiających silniki elektryczne poszczególnych napędów.

Test przeprowadza się przy wyłączonym styczniku głównym w obwodzie silnopiędowym.

### 3.2. Sterowanie ręczne

Ustawienie przełącznika wyboru trybu pracy w pozycji „Sterowanie ręczne” umożliwia pracę kombajnu w trybie manualnego sterowania z kabiny operatora kombajnu, w której znajdują się: pulpit z przyciskami sterowniczymi do załączania i wyłączania napędów elektrycznych; panel LCD informujący operatora o stanie elektrycznego układu silnopiędowego; drążki do ręcznego sterowania rozdzielaczami hydraulicznymi poszczególnych ruchomych mechanizmów kombajnu oraz pulpit operatorski POP-1.

### 3.3. Sterowanie zdalne

Ustawienie przełącznika wyboru trybu pracy w pozycji „Sterowanie zdalne” umożliwia pracę kombajnu w trybie zdalnego (bezprowadowego) sterowania, poprzez radiowy sterownik operatorski RSO-25 oraz zainstalowany na kombajnie zestaw urządzeń systemu RSKID.

Sterownik RSO-25 zapewnia możliwość uruchomienia wszystkich funkcji związanych z poprawną pracą kombajnu, a praca poszczególnych ruchomych mechanizmów oraz praca organu urabiającego są uwarunkowane wprowadzonymi do algorytmu systemu wymaganymi zależnościami i blokadami, zapewniającymi bezpieczne prowadzenie prac wydobywczych.

Załączenie klawiszem Zał/Wył sterownika RSO-25 skutkuje nawiązaniem łączności (poprzez interfejs Bluetooth) z panelem kontrolno-sterującym PAK-2/BKP-i. Poprawnie działająca łączność bezprzewodowa transmisja sygnalizowana jest odpo-

wiednimi ikonkami znajdującymi się na wyświetlaczu radiowego sterownika.

W ten sposób sterownik operatorski RSO-25 został przygotowany do zdalnego sterowania kombajnem KID-220MP.

## 4. Wdrożenie

System RSKID został z powodzeniem zainstalowany na kombajnie chodnikowym typu KID-220MP, pracującym w kopalni soli w Soligorsku na Białorusi. W lutym 2014 roku system został uruchomiony na powierzchni, na hali montażowej, natomiast uruchomienie w podziemiach kopalni nastąpiło w sierpniu 2014 roku.



Rys. 9. POP-1 oraz PAK-2 zamontowane na kombajnie chodnikowym KID-220MP

[opracowanie własne]

## 5. Podsumowanie

System RSKID zrealizowany został całkowicie w oparciu o urządzenia opracowane w Instytucie EMAG. Każde z tych urządzeń dysponuje określonymi właściwościami funkcjonalnymi oraz zasobami, a ich zestawienie w systemie dobrane zostało optymalnie i stosownie do wymagań i potrzeb obsługiwane obiektu. Oprogramowanie firmware poszczególnych urządzeń zostało przystosowane do realizacji wymaganych zadań, zapewnienia komunikacji i algorytmów działania.

## Literatura

- [1] KORCZYŃSKI M., ZŁOTOS J.: *Układy sterowania i napędowe kombajnów chodnikowych produkowanych przez WAMAG. „Napędy i Sterowanie”* 7–8/2011.
- [2] JAGIEŁŁO A., NOWAK P.: *Wpływ wprowadzania nowych rozwiązań technicznych i technologicznych na bezpieczeństwo pracy. „Napędy i Sterowanie”* 7–8/2011.
- [3] Dokumentacje. A. Halama, P. Loska, P. Szymała: *System radiowego sterowania RSKID dla kombajnu chodnikowego KID-220MP. EMAG 2013.*

Artykuł został wygłoszony podczas konferencji „INNOWACYJNE MASZYNY I TECHNOLOGIE: EFEKTYWNOŚĆ I OPTYMALIZACJA WYDOBYCIA 2015”, Katowice, 14–15 maja 2015 r.

mgr inż. Piotr Szymała, mgr inż. Piotr Loska,  
mgr inż. Tomasz Molenda, mgr inż. Jarosław Smyła –  
Instytut Techniki Innowacyjnych EMAG

artykuł recenzowany