

CZUBAK Dawid

## **ANALIZA PORÓWNAWCZA SYSTEMÓW NASTAWNIC KOMPUTEROWYCH MOR-3 I ZSB 2000**

### *Streszczenie*

*Systemy nastawnicy elektroniczne MOR-3 i ZSB 2000 należą do komputerowych systemów stacyjnych mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa i sprawności przejazdu taboru kolejowego przez stacje i szlaki kolejowe. Pomimo różnic w konstrukcji i właściwościach systemy MOR-3 i ZSB 2000 poprzez funkcjonalność, niezawodność i łatwość utrzymania spełniają stawiane przed nimi wymagania dotyczące zapewnienia wysokiego stopnia bezpieczeństwa i niskich kosztów eksploatacyjnych.*

### **WSTĘP**

Systemy MOR-3 i ZSB 2000 należą do grupy komputerowych systemów sterowania ruchem, zwanych również systemami zależnościowymi oraz nastawnicami elektronicznymi. Podstawowym zadaniem tego rodzaju systemów jest zapewnienie bezpieczeństwa ruchu pociągów na posterunku ruchu. System MOR-3 i ZSB 2000 realizuje to zadanie poprzez fizyczną kontrolę poprawności przygotowania drogi jazdy dla pociągu lub manewrującego składu wagonów oraz kontrolę logicznych uzależnień pomiędzy przebiegami i współpracującymi systemami blokad liniowych lub stacyjnych.

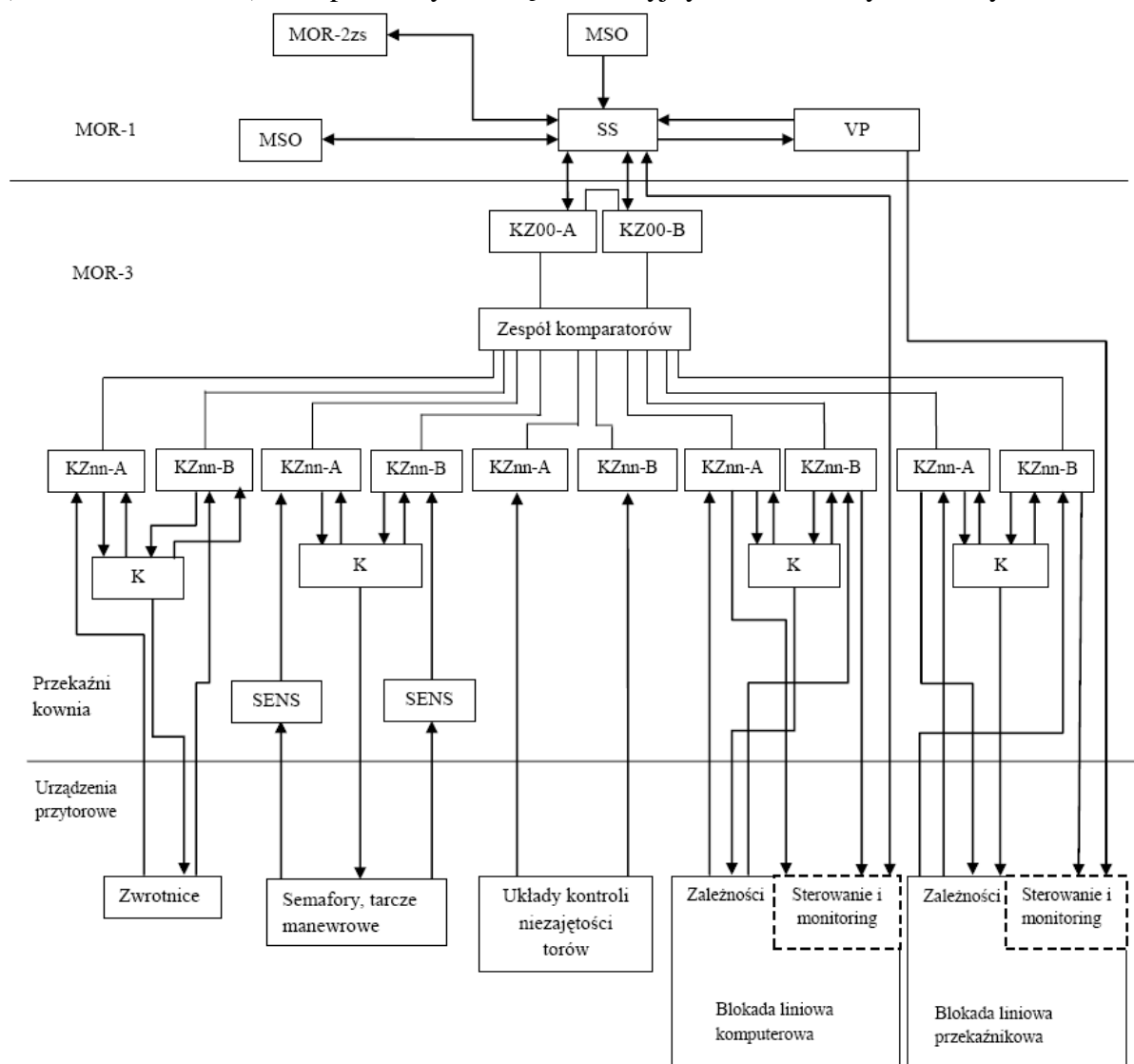
Jednym z istotnych kryteriów klasyfikacji systemów nastawnic jest sposób w jakim realizowane są zasady dotyczące sterowania ruchem kolejowym (logiki). Rozróżniamy dwie podstawowe metody: geograficzną i tablic przebiegów. Systemy MOR-3 i ZSB 2000 należą do grupy systemów, w których logika zależnościowa, w swej podstawowej części realizowana jest dla każdego obiektu w postaci tablicy zależności lub kart przebiegów.

### **1. SYSTEM NASTAWNICY ELEKTRONICZNEJ MOR-3**

Komputerowy system urządzeń stacyjnych MOR-3 spełnia funkcje stacyjnego systemu zależnościowego i zajmuje centralną pozycję w systemie urządzeń sterowania ruchem kolejowym w obrębie posterunku ruchu. System MOR-3 jest przystosowany do sterowania z miejscowego komputerowego pulpitu nastawczego oraz do sterowania zdalnego, nastawiania zwrotnic i wykolejnic trójfazowymi napędami zwrotnicowymi (~3x400V), nastawiania sygnałów na sygnalizatorach przytorowych systemu sygnalizacji świetlnej.

## 1.1. Konstrukcja systemu

Struktura systemu zależnościowego MOR-3 przedstawiona została na Rys. 1, na którym wyróżnione zostały podstawowe warstwy funkcjonalne, czyli poziom interfejsu użytkownika (MOR-2zs i MOR-1), komputerowych urządzeń stacyjnych i obwodów wykonawczy.



**Rys.1** Struktura systemu zależnościowego MOR-3

Źródło: Czubak D., Projekt dyplomowy inżynierski: Analiza porównawcza systemów MNOR-3 i ZSB 2000, Radom 2013

Na rysunku 1 przedstawiono ogólną architekturę systemu MOR-3, w skład której wchodzi następujące elementy:

1. Komputery zależnościowe KZ00-A i KZ00-B.
2. Komputery obiektowe KZnn-A i KZnn-B.
3. Komparatory K.
4. Układy pomiarowe typu SENS (oznaczone na rysunku 1 symbolem S)
5. Płytki przejściowe.

W praktyce system MOR-3 rozumiany jest jako system urządzeń stacyjnych składający się z komputerów zależnościowych oraz elementów wykonawczych z zastosowaniem komparatorów bezpiecznych, dla dużych stacji stosowane są oprócz komputerów zależnościowych również komputery obiektowe.

Komputery zależnościowe, które ze względów bezpieczeństwa, zawierają dwa sprzętowe i programowe kanały komputerowe A i B. Na rysunku 1 są to symbole oznaczone KZ00-A i KZ00-B. Komputery zależnościowe realizują funkcje logiczne systemu.

Pod względem sprzętowym, komputer zależnościowy to pakiet procesorów wyposażonych w urządzenia transmisji wraz z zasilaczem napięcia stałego. W komputerach zależnościowych systemu MOR-3 stosuje się kilka typów pakietów procesorów.

Oznaczone one są nazwami VM 62, VMP 60, VMP-3, VMP-4 i C6U-EB1. Komputer zależnościowy składa się z dwóch pracujących równolegle komputerów. Przyporządkowanie pakietów do kanałów komputera KZ00 przedstawia tabela 1.

**Tab. 1.** Przyporządkowanie pakietów do kanałów komputera zależnościowego KZ00

	Kanał A	Kanał B
	Nazwa pakietu procesora	Nazwa pakietu procesora
Komputer KZ00	VMP-3 lub VMP-4	VMP 60 lub VMP-4

Źródło: Czubak D., Projekt dyplomowy inżynierski: Analiza porównawcza systemów MOR-3 i ZSB 2000, Radom 2013

Na dużych stacjach stosuje się oprócz komputerów zależnościowych również komputery obiektowe. Jednak na bardzo małych posterunkach ruchu funkcje komputerów obiektowych pełnią komputery zależnościowe KZ00. Liczba komputerów obiektowych uzależniona jest od wielkości sterowanego obiektu. Komputery obiektowe KZ11 ze względów bezpieczeństwa zbudowane są analogicznie jak komputery zależnościowe KZ00 z dwóch kanałów sprzętowych. Jako jednostki CPU stosowane są pakiety procesorów VMP-4 i VMP 60 oraz VM 62 i C6U-EB1. Podobnie jak w komputerach zależnościowych obowiązuje zasada nieumieszczania identycznych pakietów procesora w obu kanałach jednego komputera obiektowego. Wyjątkiem jest stosowanie pakietu C6U-EB1, który sam w sobie zawiera dwa niezależne kanały komputerowe. Przyporządkowanie pakietów do kanałów komputera KZnn przedstawia tabeli 2.

**Tab.2.** Przyporządkowanie pakietów do kanałów komputera obiektowego KZnn

	Kanał A	Kanał B
	Nazwa pakietu procesora	Nazwa pakietu procesora
Komputera KZnn	VMP 60 lub VMP-4	VM 62 lub VMP-4
Pakiet C6U-EB1 zawiera w sobie dwa niezależne kanały komputerowe	C6U-EB1	

Źródło: Czubak D., Projekt dyplomowy inżynierski: Analiza porównawcza systemów MOR-3 i ZSB 2000, Radom 2013

Głównym zadaniem komputerów obiektowych KZnn jest współpraca z urządzeniami zewnętrznymi, takimi jak układy sterowania i kontroli napędów zwrotnicowych, obwody sygnalizatorów, obwody kontroli niezajętości torów i rozjazdów, układy blokad liniowych układy blokad stacyjnych.

Zespoły komparatorów zawiera komparatory rodziny COMP-2, rodziny COMP-6, COMP-ZWR lub rodziny C6U, spełniające wymagania fail-safe. Liczba komparatorów odpowiada liczbie krytycznych sygnałów poleceń. Pełnią one bardzo istotną rolę w systemie MOR-3. Są one jednym z elementów bezpieczeństwa systemu, ponieważ są powiązane z urządzeniami wykonawczymi. Jedynie w przypadku zgodności pracy obu kanałów możliwe jest przekazanie przez komparator polecenia do realizacji. Liczba komparatorów zależy od liczby krytycznych sygnałów poleceń i zastosowanych typów komparatorów, a tym samym od wielkości sterowanego obiektu.

Rodzina bezpiecznych komparatorów COMP-2 przeznaczona jest do porównania przebiegów elektrycznych. Komparatory serii COMP-6 przeznaczone są do bezpiecznego sterowania i odczytu stanów, w tym przekazywania poleceń do różnych układów w systemach stacyjnych oraz liniowe sterowanie ruchem kolejowym. Rodzina układów serii COMP-6 składa się z bezpiecznych komparatorów COMP-6Z2, układów sterowania pomocniczego COMP-6EZ, COMP-6Z8, COMP-6R8. Bezpieczny komparator typu COMP-ZWR przeznaczony jest do bezpiecznego sterowania trójfazowymi napędami zwrotnicowymi. Układy pomiarowe SENS włączone w obwody świateł sygnalizatorów mierzą płynący w nich prąd. Informacja o wartości prądu może być wykorzystywana podczas regulacji obwodów świateł sygnalizatorów. Do kontroli stanu świateł w sygnalizacji świetlnej stosuje się układ pomiarowy SENS-5 i SENS-6+SENS-PB1. Sieć transmisyjna, w której informacje z układu pomiarowego typu SENS przekazywane są do komputerów za pośrednictwem łączy szeregowych RS422, poszczególne komputery połączone są siecią Ethernet. Płytki przejściowe stanowią interfejs między urządzeniami zewnętrznymi i sprzętem komputerowym. W obwodach meldunkowych stosuje się płytki: PP-PB-DIN3, PP-PB-DIN3PR, PP-PB-DIN3PR2, PP-PB-DIN3C2, natomiast w obwodach poleceniowych: PP-PB-DOUT, PP-PB-DOUTPR, PP-PB-DOUTC2. Rodzaj urządzeń zasilających system i komponenty realizowane jest za pośrednictwem przetwornicę ZAZS i zasilacza awaryjnego pracującego w trybie on-line dostarczającego napięcie 220/230 V. Płytki przejściowe zasilane są napięciem stałym 24 V z zasilacza  $220\sqrt{2}/24V=10A$ . Natomiast system komputerowych urządzeń stacyjnych MOR-3 jest zasilany napięciem przemiennym o wartości  $3 \times 380$  V. Metody kontroli niezajętości torów systemu MOR-3 polegają na współpracy z systemem MOR-1, czyli system monitorowego odwzorowania. System MOR-1 może współpracować zarówno z systemami kontroli niezajętości torów (liczenia osi) wykonanymi w technice komputerowej (np. system SKZR), jak również wykonanymi w formie modułów elektronicznych (np. Frauscher).

## 1.2. Funkcje realizowane przez system

Do funkcji realizowanych przez system MOR-3 należą funkcje: zależnościowe, rejestracyjne i diagnostyczne.

Do funkcji zależnościowych realizowanych przez system MOR-3 należą:

- a) nastawianie przebiegów pociągowych i manewrowych,
- b) automatyczne zwalnianie przebiegów,
- c) doraźne zwalnianie przebiegów,
- d) nastawianie sygnałów,
- e) automatyczna zmiana sygnału zezwalającego na zabraniający po przejeździe taboru lub zmiany stanu urządzeń,
- f) indywidualne polecenia nastawcze (np. nastawienie zwrotnicy, nastawienie sygnału zastępczego, skasowanie sygnalizacji rozprucia zwrotnicy i inne),
- g) nastawianie zwrotnic przy wyłączonej kontroli niezajętości odcinka izolowanego,
- h) sterowanie blokadą (np. zmiana kierunku blokady liniowej).

Funkcje rejestracyjne umożliwiają gromadzenie i zapisywanie danych zgodnie z przyjętymi zasadami tworzenia dokumentacji archiwalnej.

Rejestracja obejmuje:

- a) wszystkie polecenia przyjęte do realizacji przez komputer,
- b) występujące zdarzenia alarmowe.

Zawartość rejestratora nie jest tracona w razie wyłączenia komputera. Rejestracja obejmuje okres ok. 2 tygodni.

Funkcje diagnostyczne realizowane są w urządzeniach diagnostycznych, które spełniają następujące funkcje:

- a) prezentacji bieżącego stanu wybranego elementu systemu,
- b) przeglądania danych zarchiwizowanych,
- c) prezentacji stanów pracy zasadniczych komponentów systemu oraz elementów infrastruktury,
- d) prezentacji wersji oprogramowania i danych aplikacyjnych użytkowanych na danym obiekcie kolejowym,
- e) kontrolę prądów i napięć w obwodach świateł.

### **1.3. Systemowe zasady bezpieczeństwa**

W systemie MOR-3 stosowane są zasady bezpieczeństwa określone w normach CENELEC. Zastosowane środki odnoszą się do struktury systemów, użytego sprzętu, oprogramowania i struktury zespołów opracowujących system. Ze względów bezpieczeństwa komputery zależnościowe i komputery obiektowe posiadają dwa niezależne kanały sprzętowe z komparatorem sprzętowym. W obu komputerach każdy kanał posiada inny typ i rodzaj procesora. Polecenia przekazywane z wyjść komputerów, przed skierowaniem do realizacji w układach wykonawczych, porównywane są w komparatorach. Niezależnie od struktury dwukanałowej zastosowano szereg zabiegów umożliwiających osiągnięcie zakładanego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL 4). Informacje (polecenia i meldunki) przekazywane między komputerami, a obiektami przytorowymi podzielono na dwie klasy: informacje krytyczne i niekrytyczne, informacje krytyczne to takie, których przekłamanie może stworzyć zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu pociągów lub personelu. Niezależnie od środków sprzętowych i strukturalnych, w celu zapewnienia oczekiwanego poziomu bezpieczeństwa, zastosowano szereg przedsięwzięć na etapie opracowywania oprogramowania systemu. Kanały komputerowe A i B pracują pod nadzorem różnych systemów operacyjnych.

System nastawnicy elektronicznej MOR-3 pracuje pod system operacyjnym OS9 i Linux.

### **1.4. Interfejsy zewnętrzne**

Pod pojęciem interfejsy zewnętrzne należy rozumieć układy powiązań z zewnętrznymi urządzeniami lub systemami współdziałającymi z systemem MOR-3. System MOR-3 posiada zarówno interfejsy komputerowe, programowe, jak i przekaźnikowe. Interfejsy programowe wykorzystywane są do współpracy z systemami zdalnego sterowania i kierowania ruchem, w tym i systemami stanowiska obsługi oraz z komputerowymi systemami blokad liniowych. W przypadku tego rodzaju interfejsów konieczne jest ustalenie wspólnego dla obu współpracujących systemów protokołu transmisji. Współpracę z pozostałymi urządzeniami zewnętrznymi organizuje się za pomocą komparatorów i układów wejść komputerów obiektowych. Wyjściami komparatorów są zestyki przekaźników, za pomocą których przekazuje się polecenia i zależności do obwodów i układów wykonawczych poszczególnych urządzeń zewnętrznych. Przesyłanie poleceń i meldunków pomiędzy sygnalizatorami i licznikami osi realizowane przez łącze szeregowe RS 232, z prędkością 115 kBit/s, linią symetryczną.

### **1.5. Diagnostyka w systemie MOR-3**

System MOR-3 wyposażony jest w rozbudowany podsystem diagnostyki, który rejestruje zarówno stan komputerowych urządzeń zależnościowych, jak również urządzeń srk, np. sygnalizatory, napędy zwrotnicowe. Podsystem diagnostyki systemu MOR-3 wyposażony jest w program nazywany „analizatorem”. Jest to aplikacja służąca do przeglądania danych dla zdefiniowanych okresów czasu. Dane można przeglądać w trybie tekstowym i w trybie

graficznym. Możliwe jest automatyczne odtwarzanie sytuacji ruchowej oraz stanu urządzeń sterowania ruchem kolejowego.

## **2. SYSTEM NASTAWNICY KOMPUTEROWEJ ZSB 2000**

System ZSB 2000, produkcji Scheidt&Bachmann GmbH, jest w pełni elektronicznym, komputerowym systemem sterowania ruchem na stacjach i szlakach odcinka linii kolejowej. Zawiera zarówno komponenty stacyjnych i liniowych urządzeń srk jak i stanowiska operatorskie zdalnego i miejscowego sterowania ruchem.

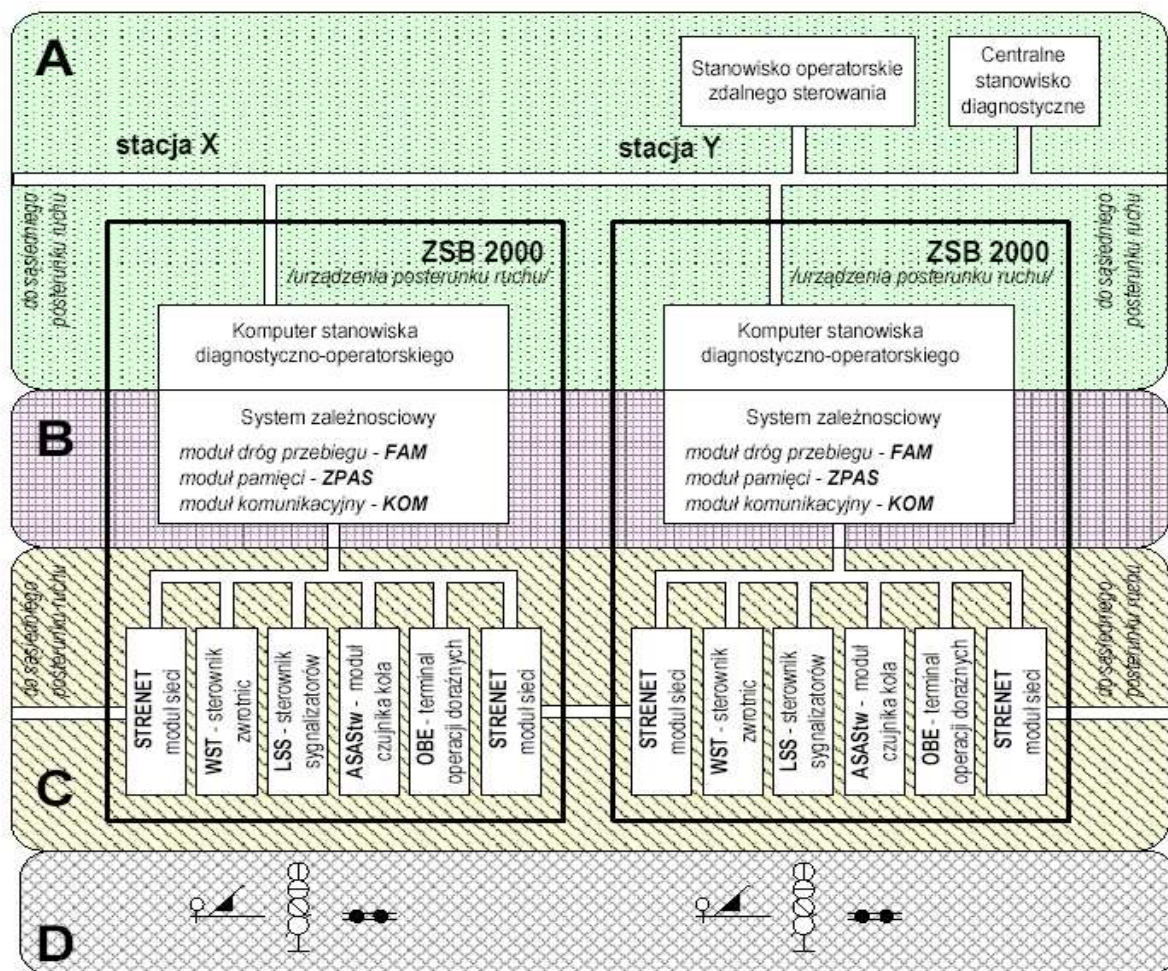
### **2.1. Konstrukcja systemu**

Zasadnicze komponenty poszczególnych płaszczyzn i komunikacja pomiędzy płaszczyznami przedstawiono na rysunku 3. Płaszczyzna zarządzająca przejmuje sterowanie i kontrole wszystkich procesów zabezpieczenia ruchu pociągów. Składa się ona w zależności od potrzeb z dwóch lub trzech zdublowanych procesorów modułowych i klawiatury serwisowej.

W płaszczyźnie wykonawczej znajdują się karty, które przejmują sterowanie i kontrole elementów zewnętrznych. Do tego zalicza się karta sterowania zwrotnic (WST – BG) i karta INOUT, jak również karta łącza CAN (CIF – BG), karta sieci na szlaku (STRENET – BG) i karta łącza dyspozytorskiego (DISPO – BG).

Urządzenia zewnętrzne tworzą najniższą logiczną płaszczyznę systemu ZSB 2000. Są tutaj wszystkie elementy poza urządzeniami sterowania, jak np. zwrotnice, liczniki osi, semafony.

Płaszczyzna diagnostyczna i dyspozytorska składa się z komputera diagnostycznego. Komputer ten połączony jest z płaszczyzną bezpieczną za pomocą karty DISPO – BG.



**Rys. 3.** Zasadnicze komponenty poszczególnych płaszczyzn i komunikacja pomiędzy płaszczyznami.  
 Źródło: Czubak D., Projekt dyplomowy inżynierski: Analiza porównawcza systemów MOR-3 i ZSB 2000, Radom 2013

## 2.2. Funkcje systemu

System ZSB 2000 umożliwia realizację funkcji dotyczących sterowania ruchem kolejowym za pośrednictwem systemów nastawnicy stacyjnej dla linii regionalnych. Realizację swoje powierzone zadanie poprzez płaszczyznę zarządzającą, wykonawczą i dyspozycyjno-diagnostyczną.

Zasadniczymi funkcjami płaszczyzny zarządzającej są:

- realizacja funkcji logiki nastawczej,
- ewaluacja procesu liczenia osi,
- przekazywanie poleceń do sterowników urządzeń wykonawczych,
- odbiór meldunków od urządzeń płaszczyzny wykonawczej o statusie sterowanych/nadzorowanych obiektów,
- komunikacja z płaszczyzną dyspozycyjno-diagnostyczną.

Zasadniczymi funkcjami płaszczyzny wykonawczej są:

- przekazywanie sterowań do urządzeń wykonawczych (napędy zwrotnicowe, sygnalizatory),
- detekcja stanów i statusów urządzeń wykonawczych,
- zliczanie i bilansowanie osi każdego czujnika koła,
- komunikacja z terminalami operacji doraźnych OBE,
- komunikacja z płaszczyznami wykonawczymi sąsiednich systemów ZSB 2000 lub BUES 2000 – magistrala szlakowa transmisji bezpiecznej STRENET.

Zasadniczymi funkcjami płaszczyzny dyspozycyjno-diagnostycznej są:

- a) zobrazowanie meldunków o stanie i statusie sterowanych obiektów posterunku ruchu,
- b) obsługa poleceń nastawczych i technicznych,
- c) komunikacja ze stanowiskami operatorskimi zdalnego sterowania,
- d) komunikacja ze stanowiskiem diagnostycznym,
- e) komunikacja z płaszczyznami dyspozycyjno-diagnostycznymi sąsiednich systemów ZSB 2000 lub BUES 2000,
- f) rejestracja zdarzeń.

Na posterunku ruchu ZSB 2000 spełnia następujące funkcje:

- a) nastawianie przebiegów pociągowych,
- b) samoczynne i doraźne (awaryjne) zwalnianie przebiegów pociągowych,
- c) nastawianie sygnałów na sygnalizatorach przytorowych,
- d) nastawianie i kontrole położenia zwrotnic,
- e) nastawianie i kontrole położenia wykolejnic,
- f) przekazanie posterunku ruchu do pracy w trybie manewrowym,
- g) kluczowe uzależnienie zwrotnic i wykolejnic nastawianych ręcznie,
- h) kontrole niezajętości torów i rozjazdów za pomocą licznika osi.

Maksymalna prędkość pociągów na odcinku objętym ZSB 2000 wynosi 120 km/h. System ZSB 2000 nie obsługuje zorganizowanych przebiegów manewrowych. Możliwe jest przekazanie posterunku ruchu lub wydzielonego okręgu nastawczego do pracy w trybie manewrowym. System uniemożliwia przestawianie rozjazdów wielonapędnych, system ZSB 2000 dostosowany jest do rozjazdów pojedynczych. Przystawianie zwrotnic więcej niż jednym napędem nie jest przewidziane, natomiast można stosować do trzech kontrolerów iglic. Ponadto nie przewiduje się stosowania zwrotnic samopowrotnych w systemie ZSB 2000.

### **2.3. Systemowe zasady bezpieczeństwa**

System ZSB 2000 jest skonstruowany z zachowaniem wymaganego poziomu integralności (nienaruszalności) bezpieczeństwa SIL 4.

Struktura „2 z 2” z szeregową redundancją jest zastosowana wewnątrz systemu ZSB 2000, w których został przyjęty podział zadań na różne moduły.

W systemie ZSB 2000 rozróżnia się moduł dróg przebiegu i jeden lub dwa moduły komunikacyjne (w zależności od potrzeb). Każdy moduł składa się z dwóch oddzielnych identycznych systemów i przedstawia jednostkę komputerowa „2 z 2”, których współdziałające komponenty są sprzężone przez inteligentną płaszczyznę wykonawczą. Bezpieczna transmisja wewnątrz systemu magistrali CAN jest w formie szeregowej redundancji, czyli zmiennego, bezpośredniego używania kanałów transmisji danych przez różne części „2 z 2”. Komunikacja pomiędzy poszczególnymi modułami, wewnątrz ZSB 2000, jest realizowana przez magistrale CAN (Controller Area Network) z optoizolacją. Sprzętowe i programowe odizolowanie poszczególnych części urządzeń uzyskano przez użycie łączy szeregowych, nie tylko między pojedynczymi modułami, lecz także w ich komunikacji z komponentami wykonawczymi.

W systemie ZSB 2000 zastosowano system operacyjny Windows.

### **2.4. Interfejsy zewnętrzne**

Interfejsy zewnętrzne systemu ZSB 2000 określają sieć na szlaku, przez które połączone są ze sobą pojedyncze urządzenia. Sieć na szlaku jest segmentowana w zamknięte części.

Interfejsy zewnętrzne umożliwiają zastosowanie blokady liniowej z posterunkami stycznymi do odcinka sterowania systemu ZSB 2000. Realizacja tej zależności polega na tym, że w płaszczyźnie wykonawczej interfejsu blokady liniowej zastosowano licznikowy system kontroli niezajętości torów szlaku stycznego oraz zespół przekaźników pośredniczących w



przekazywaniu stanów urządzeń stacyjnych posterunku stycznego, takich jak utwierdzenie przebiegu wyjazdowego i osłonięcie stacji sygnałem zabraniającym semafora wjazdowego. Do urządzeń stacyjnych przekaźniki przekazują stany sekcji kontroli niezajętości szlaku i informacje o możliwości nastawienia przebiegu wyjazdowego na szlak, czyli otrzymanie pozwolenia (OPZ). W stanie zasadniczym pozwolenie ma posterunek styczny, nastawienie przebiegu w kierunku tego posterunku przez posterunek końcowy odcinka ZSB 2000 skutkuje przekazaniem pozwolenia do posterunku nastawiającego przebieg, po wjeździe pociągu na stację styczną pozwolenie powraca do tej stacji. Na szlaku wewnętrzny odcinka systemu ZSB 2000 blokada liniowa działa automatycznie. Możliwość nastawienia przebiegu wyjazdowego na szlak wewnętrzny moduł dróg przebiegu określa na podstawie stanu zajętości toru szlakowego i stanów procesów sterowania na sąsiednim posterunku, informacja o tych procesach jest przekazywana w sposób bezpieczny za pomocą magistrali szlakowej.

Natomiast jako interfejsy pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi i systemem zależnościowym w ZSB 2000 stosuje się moduł LSS-BG (dla sygnalizatorów) i moduł ASASw-BG (dla liczników osi). Transmisja danych pomiędzy sygnalizatorami i licznikami osi jest realizowana poprzez bezpieczne łącze EBUS (Can-Bus-System) z prędkością 10 kbit/s.

Dla zwiększenia dostępności segment sieci na szlaku może być realizowany jako ring. Przy przerwaniu połączenia (przerwa w kablu, uszkodzenie modemu) dane są dostarczane przez pozostałą drogę do odbiorcy.

## 2.5. Diagnostyka w systemie ZSB 2000:

Diagnostyka w systemie ZSB 2000 realizowana jest w poziomie diagnostycznym. Natomiast informowanie użytkownika o stanie urządzeń jest wykonywane poprzez wizualizację w komputerze diagnostycznym.

Przy obsłudze komputera diagnostycznego w celu zdiagnozowania występujących zdarzeń nie potrzebna jest duża wiedza związana z prowadzeniem ruchu kolejowego. Komunikaty są czytelne i przejrzyste. Komputer diagnostyczny dołączony jest tylko do magistrali systemowej A (CAN) tylko z możliwością odczytu danych.

Do zadań modułu diagnostycznego należą:

- a) Rejestracja działania w czasie rzeczywistym wszystkich istotnych funkcji i procesów urządzenia przejazdowego za pomocą zrozumiałych komunikatów opatrzonych datą i czasem wystąpienia,
- b) Przygotowanie zarejestrowanych danych do szybkiego dalszego przetwarzania.
- c) Udostępnienie interfejsów obsługi diagnostyki poprzez GSM lub konwencjonalne sieci telekomunikacyjne.

## 3. TABELA PORÓWNAWCZA

**Tab.3.** Tabela porównawcza systemów nastawnicy elektronicznej MOR-3 i ZSB 2000

Kryterium	System MOR-3	System ZSB 2000
Przeznaczenie systemu :	-linie magistralne i niższe kategorie, -linie jedno- i wielotorowe.	-linie znaczenia regionalnego, -linie jedno- i wielotorowe.
Dopuszczalna prędkość taboru kolejowego na linia dla systemu:	Dopuszczalna prędkość powyżej 160 km/h	Dopuszczalna prędkość wynosi 120 km/h
Kontrola stanu świateł w sygnalizacji świetlnej :	Układ pomiarowy SENS-5 i SENS-6+SENS-PB1.	Moduł elektroniczny LSS-BG.

Interfejsy pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi i systemem :	Płytki przejściowe: PP-PB-DIN3, PP-PB-DIN3PR, PP-PB-DIN3PR2 PP-PB-DIN3C2 (meldunkowe), PP-PB-DOUT, PP-PB-DOUTPR, PP-PB-DOUTC2 (poleceniowe).	-LSS-BG(dla sygnalizatorów, poleceniowe i meldunkowe), -ASASTw-BG (dla liczników osi, poleceniowe i meldunkowe).
Rodzaj urządzenia zasilające system i komponenty :	Przetwornica ZAZS i zasilacz 220V <sup>~</sup> / 24V.	Prostownik Digitrans 60V, przetwornica DC/DC 6,5V, 8V, 13V, 20V, falownik.
System kontroli niezajętości torów :	Liczniki osi firmy Frauscher, system SKZR.	AZSB300.
Metody zabezpieczenia transmisji pomiędzy urządzeniami na szlaku:	Brak	Ring
Transmisja pomiędzy sygnalizatorami i licznikami osi :	Łącze szeregowo RS 232, prędkość 115 kBit/s, linia symetryczna.	Bezpieczne łącze szeregowo EBUS (Can-Bus System), prędkość 10 kBit/s.
Bezpieczeństwo segmentów systemu i oprogramowania:	Struktura „2 z 2”	Struktura „2 z 2”
System operacyjny	OS9 i Linux	Windows
Wymagany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa :	SIL 4	SIL 4

Źródło: Czubak D., Projekt dyplomowy inżynierski: Analiza porównawcza systemów MNOR-3 i ZSB 2000, Radom, 2013

#### 4. ANALIZA PORÓWNAWCZA SYSTEMÓW MOR-3 I ZSB 2000

Analizowane w artykule nastawnice elektroniczne MOR-3 i ZSB 2000 różnią się konstrukcją, zależnościami, realizacją systemowych zasad bezpieczeństwa, rodzaje i prędkością transmisji pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi, takimi jak sygnalizatory i liczniki osi, także realizacją interfejsu pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi i systemem.

System MOR-3 jest bardziej rozbudowanym systemem umożliwiającym realizację większej ilości funkcji i dostosowaniu systemu na liniach i stacjach, po których może być prowadzony ruch z prędkością powyżej 160 km/h. Natomiast w systemie ZSB 2000 można prowadzić ruch z prędkością do 120 km/h. System MOR-3 przeznaczony jest dla linii magistralnych i niższych kategorii, w tym również do linii znaczenia regionalnego, lecz system ZSB 2000 spełnia funkcję nastawnicy elektronicznej dla linii regionalnych, mało obciążonych, nie powinien być stosowany na liniach dużych prędkości.

Do kontroli stanu świateł w sygnalizacji świetlnej w systemie zależnościowym MOR-3 stosuje się układ pomiarowy SENS-5 i SENS+6-PB1, lecz w systemie ZSB 2000 tą funkcję spełnia moduł elektroniczny LSS-BG.

Moduł LSS-BG spełnia kilka funkcji, między innymi pełni rolę interfejsu pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi a płaszczyzną zarządzającą systemu ZSB 2000, także kontroluje stan świateł w sygnalizacji świetlnej co przemawia za jego wielofunkcyjnością. Jednak system MOR-3 jest bardziej niezawodnym systemem, ponieważ zastosowanie nadmiarowości sprzętowej wpływa na wzrost bezpieczeństwa systemu i jego gotowość.

Jako interfejsy pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi i systemem zależnościowym w systemie ZSB 2000 spełniają moduł LSS-BG (dla sygnalizatorów) i moduł ASASTw-BG (dla liczników osi). System MOR-3 realizuje funkcję interfejsu poprzez zastosowanie płytki przejściowe: PP-PB-DIN3, PP-PB-DIN3PR, PP-PB-DIN3PR2 PP-PB-DIN3C2 (meldunkowe), PP-PB-DOUT, PP-PB-DOUTPR, PP-PB-DOUTC2 (poleceniowe). Zauważalna różnica występują w zakresie zastosowania elementów w celu powiązania pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi i systemem zależnościowym, gdyż system ZSB 2000 wykonuje to poprzez moduły LSS-BG i ASASTw-BG, więc jest ekonomiczniejszym i

bardziej uniwersalnym systemem przez zastosowanie małej ilości elementów i ich uniwersalnością w porównaniu do systemu MOR-3. Jednak system MOR-3 udostępnia większą ilość wariantów w interfejsie pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi i systemem zależnościowym. Zatem system MOR-3 dostosowany jest do różnorodnych potrzeb użytkownika systemu.

Istotna różnica występuje w szybkości przesyłaniu poleceń i meldunków pomiędzy sygnalizatorami i licznikami osi. W systemie MOR-3 jest to realizowane przez łącze szeregowe RS 232, prędkość 115 kBit/s, linia symetryczna. System ZSB 2000 umożliwia transmisję pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi poprzez bezpieczne łącze szeregowe EBUS (Can-Bus System), prędkość 10 kBit/s. Wyraźna różnica występuje w szybkości przesyłaniu informacji, która w systemie MOR-3 jest ponad jedenastokrotnie większa. Jednak w systemie ZSB 2000 położono nacisk na bezpieczeństwo transmisji danych poprzez EBUS przy zmniejszeniu prędkości transmisji pomiędzy urządzeniami. Pomimo znacznej prędkości porzesyłania danych w systemie MOR-3 zastosowanie łącza RS 232 z linią symetryczną umożliwia zachowanie wysokiego stopnia bezpieczeństwa transmisji.

Na uwagę zasługuje rodzaj urządzeń zasilających system i komponenty, gdyż w systemie MOR-3 zastosowano przetwornicę ZAZS i zasilacz 220V~/24V, ale w systemie ZSB 2000 prostownik Digitrans 60V, przetwornicę DC/DC 6,5V, 8V, 13V, 20V, falownik. Zastosowanie mniejszej ilości urządzeń zasilających system MOR-3 w porównaniu do systemu ZSB 2000 nie wpływa na bezpieczeństwo zasilania systemu i jego podzespołów, jest rozwiązaniem ekonomicznym. Jednak zastosowanie nadmiarowości w zasilaniu urządzeń dla systemu ZSB 2000 jest uwarunkowana wzrostem bezpieczeństwa systemu.

Wielofunkcyjność zastosowania zarówno liczników osi firmy Frauscher i własny system SKZR przemawiają za bezpieczeństwem i niezawodnością w celu kontroli niezajętości torów i rozjazdów. Natomiast w system ZSB 2000 spełnia funkcję kontroli niezajętości torów i rozjazdów poprzez systemu liczenia osi AZSB300.

Zaletą systemu ZSB 2000 jest zastosowanie ringu (układu pierścieniowego) w celu zabezpieczenie transmisji pomiędzy urządzeniami na szlaku w przypadku przerwania połączenia.

Jako system operacyjny w MOR-3 stosuje się OS9 i Linux, natomiast w system ZSB 2000 pracuje pod systemem operacyjnym Windows.

Do porównywalnych cech systemów należą zastosowanie struktury „2 z 2” w budowie urządzeń, rodzaju oprogramowania i zależnościach pomiędzy urządzeniami. Spełnienie normy dotyczącej zachowania nienaruszalnego poziomu bezpieczeństwa SIL 4.

## **PODSUMOWANIE**

Przedstawione w analizie porównawczej systemy MOR-3 i ZSB 2000 zapewniają realizację wymaganego bezpieczeństwa i funkcjonalności systemów nastawnicy elektronicznej w warunkach PKP PLK S.A. pomimo różnic w architekturze i w sposobie realizacji zależności pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi i płaszczyzną zarządzającą.

Wielofunkcyjność systemu MOR-3 jest realizowana poprzez spełnienie potrzeb systemu zależnościowego dla linii dużych prędkości, jak również linii znaczenia regionalnego. Natomiast system ZSB 2000 dostosowany jest do linii niższych kategorii, przede wszystkim linii znaczenia regionalnego, na których można prowadzić ruch pociągów z prędkością do 120 km/h.

Wysoka niezawodność systemów i ich kompatybilność z systemami i rządzieniami sterowania ruchem kolejowym umożliwia uzyskanie wysokiego stopnia nienaruszalności bezpieczeństwa SIL 4.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Dyduch J., Kornaszewski M.: *Systemy sterowania ruchem kolejowym*, Wyd. Politechnika Radomska, Radom 2010.
2. Dyduch J.: *Innowacyjne systemy sterowania ruchem*, Wyd. Politechnika Radomska, Radom 2010.
3. Dyduch J., Moczarski J.: *Podstawy eksploatacji systemów sterowania ruchem kolejowym*, Wyd. Politechnika Radomska, Radom 2012.
4. Czubak D.: *Analiza porównawcza systemu MOR-3 i ZSB 2000*, Radom 2013
5. Karaś S.: *Urządzenia zabezpieczenia ruchu kolejowego*. Warszawa, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 1990.
6. Dyduch J., Paś J., Rosiński A.: *Podstawy eksploatacji transportowych systemów elektronicznych*, Wyd. Politechnika Radomska, Radom 2011.

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ELECTRONIC INTERLOCKING SYSTEMS MOR-3 AND ZSB 2000**

### *Abstract*

*Electronic interlocking systems MOR-3 and ZSB 2000 belong to the computer systems of the station to ensure the safe and efficient passage of rolling stock by the stations and railways. Despite the differences in the structure and properties of systems MOR-3 and ZSB 2000 through functionality, reliability and ease of maintenance arrangements meet their expectations the for a high degree of safety and low operating costs.*

### **Autor:**

**Inż. Dawid CZUBAK** – student Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu