

Badania półautomatycznego systemu sterowania rozrządaniem PSR-1

Jarosław MOCZARSKI¹

Streszczenie

W artykule opisano zagadnienie automatyzacji procesu rozrządania wagonów na stacjach rozrządowych. Wskazano potrzebę modernizacji istniejących, zautomatyzowanych systemów sterowania rozrządaniem z zachowaniem wymaganego poziomu bezpieczeństwa oraz efektywności pracy stacji. Opisano półautomatyczny system PSR-1, będący zmodyfikowaną wersją eksploatowanego dotychczas na stacjach rozrządowych i dużych stacjach manewrowych sieci zarządzanej przez PKP PLK S.A., automatycznego systemu sterowania rozrządaniem wagonów (asr). Scharakteryzowano budowę i zakres stosowania systemu, a także korzyści wynikające z przyjętej struktury modułowej w procesie modernizacji infrastruktury zautomatyzowanych stacji rozrządowych. Przedstawiono zakres i wyniki badań systemu przeprowadzonych przez Instytut Kolejnictwa.

Słowa kluczowe: stacje rozrządowe, systemy sterowania rozrządaniem odpręgów

1. Wprowadzenie

Podstawowe działania realizowane na stacjach rozrządowych obejmują przyjmowanie, rozrządanie i ponowne zestawianie pociągów towarowych. Sekwencja czynności podstawowych i pomocniczych jest więc ukierunkowana na przetwarzanie pociągów przyjeżdżających na stację i tworzenie nowych pociągów, zawierających w swoim składzie odpowiednie dla danej relacji wagony.

W procesie przetwarzania pociągu można wyróżnić kilka następujących po sobie faz:

- przyjęcie pociągu,
- obsługa technologiczna pociągu na przybyciu,
- rozrządanie wagonów,
- rozrządanie wtórne,
- odprawianie pociągu,
- odjazd pociągu ze stacji.

W każdej fazie są realizowane działania umożliwiające sprawny i bezpieczny transport ładunków do punktów przeznaczenia.

Faza rozrządania jest najtrudniejszym technicznie i najbardziej niebezpiecznym etapem procesu przetwarzania pociągów. W przypadku rozrządania metodą rzutową lub z wykorzystaniem górkę rozrządowej (rys. 1), odpręgi poruszają się samodzielnie, dzięki energii kinetycznej przekazanej przez lokomotywę lub powstałej wskutek zamiany energii potencjalnej.



Rys. 1. Widok na górkę rozrządową stacji Warszawa Praga
[fot. J. Tyszkowski]

Dotarcie odpręgu do miejsca przeznaczenia w torze kierunkowym (rys. 2) wymaga początkowej energii kinetycznej o odpowiednio dużej wartości [1], jednak na drodze staczania każdego odpręgu występują zróżnicowane ograniczenia jego dopuszczalnej prędkości. Wynikają one ze zmiennego układu geometrycznego oraz stanu technicznego toru, zabudowy elementów infrastruktury, a także zmiennej w czasie sytuacji ruchowej. Niezbędna jest możliwość oddziaływania na toczące się odpręgi i regulacji ich prędkości stosownie do występujących potrzeb i ograniczeń [2].

¹ Dr hab. inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki; e-mail: jmoczarski@ikolej.pl.



Rys. 2. Strefa podziałowa i tory kierunkowe stacji rozrządowej Warszawa Praga [fot. J. Tyszkowski]

2. Regulacja prędkości odpręgów na stacjach rozrządowych

W zastosowanej na polskiej sieci kolejowej metodzie automatyzacji procesu rozrządzenia, zakładającej swobodne przemieszczanie się odpręgów, są wykorzystywane dwa podstawowe systemy wspomagające realizację działań w fazie rozrządzenia: system nastawiania zwrotnic oraz system automatycznej regulacji prędkości odpręgów. Wyposażenie techniczne umożliwiające regulację prędkości obejmuje hydrauliczne hamulce szczękowe (odstępowe na I pozycji hamowania, w strefie podziałowej stacji oraz docelowe na II pozycji hamowania w torach kierunkowych) i współpracujące z nimi radarowe mierniki prędkości, zabudowane odpowiednio przed I i II pozycją hamowania. Na rysunku 3 przedstawiono hamulce odstępowe typu ETH zabudowane na I pozycji hamowania, na rysunku 4 hamulce docelowe w torach kierunkowych stacji rozrządowej.



Rys. 3. Hamulce odstępowe typu ETH oraz budynek maszynowni w I strefie hamowania [fot. J. Tyszkowski]

Regulacja prędkości każdego odpręgu odbywa się z uwzględnieniem tzw. wolnej długości toru kierunkowego

(miejsca, do którego odpręg powinien dojechać), parametrów biegowych odpręgu (oporów ruchu) oraz bieżącej sytuacji ruchowej na drodze staczania (odległości między kolejnymi odpręgami i ich prędkości) [2]. W strefie oddziaływania hamulca jest realizowany ciągły pomiar prędkości odpręgów. Na rysunku 5 przedstawiono radarowy miernik prędkości typu JP-60, zabudowany przed hamulcem odstepowym.



Rys. 4. Hamulce docelowe w torach kierunkowych (II pozycja hamowania) [fot. J. Tyszkowski]



Rys. 5. Radarowy miernik prędkości odpręgów [fot. J. Tyszkowski]

W zależności od stopnia automatyzacji procesu rozrządzenia, regulacja prędkości może się odbywać w różny sposób [3]. W systemach ze sterowaniem ręcznym, operator określa wartości parametrów regulacji oraz steruje hamulcami na podstawie subiektywnej oceny sytuacji ruchowej lub na podstawie informacji uzyskanych z przyrządów pomiarowych. W systemach półautomatycznych, operator zadaje wymaganą wartość prędkości odpręgu, a sterowanie hamulcami jest wykonywane przez zautomatyzowane systemy sterujące. W systemach w pełni automatycznych, prognozowanie ruchu odpręgów i regulacja ich prędkości w poszczególnych strefach ruchu są realizowane samoczynnie, na podstawie wyników przetwarzania danych pomiarowych.

3. Półautomatyczny system regulacji prędkości PSR-1

System PSR-1 jest zmodernizowaną odmianą stosowanego na stacjach rozrządowych i dużych stacjach manewrowych sieci PKP PLK S.A. automatycznego systemu sterowania rozrządaniem wagonów (asr). Wykorzystuje podstawowe elementy istniejącej infrastruktury zautomatyzowanych stacji rozrządowych, umożliwiając realizację procesu rozrządania odpręgów w trybie półautomatycznym.

Współpracuje z takimi urządzeniami i systemami jak: hamulce torowe odstępowe i docelowe typu ETH-1 i ETH-2, elektrohydrauliczny system napędu hamulców torowych SHN-1, zablokowany system indywidualnego nastawiania zwrotnic SNZ-2 z napędami szybkobieżnymi EEA-4, elektroniczny obwód licznikowy EOL-1 oraz pulpit zintegrowany EAB-3 (rys. 6).



Rys. 6. Fragment pulpitu EAB-3 [fot. J. Tyszkowski]

System PSR-1 wykonuje funkcje dotychczas stosowanych podsystemów SHT-1 (radarowy system sterowania hamulcami torowymi) oraz SKT-1 (system pomiaru wolnej długości torów kierunkowych), wykorzystując następujące, istniejące urządzenia zewnętrzne: radarowe mierniki prędkości JP-60 (rys. 5), przetworniki torowe EAD-1, czujniki szynowe ELS-3 oraz instalacje kablowe.

Podstawowym przeznaczeniem systemu PSR-1 jest wspomaganie pracy operatora podczas rozrządania składów z górką rozrządowej zgodnie z zasadą „strzał do celu”. System zapewnia półautomatyczną regulację prędkości wyjazdu odpręgów z hamulców torowych (odstępowych i docelowych), pomiar wolnej długości torów kierunkowych, a także wizualizację pracy poszczególnych podsystemów.

Na podstawie analizy i subiektywnej oceny sytuacji ruchowej oraz informacji prezentowanych na monitorach, o wolnej długości poszczególnych torów kierunkowych (rys. 7), operator zadaje na zintegrowanym pulpicie EAB-3 żądaną prędkość wyjazdu odpręgu z hamulca (odstępo-

wego lub docelowego). Regulacja prędkości poszczególnych odpręgów następuje w sposób automatyczny, zgodnie z wartością zadaną przez operatora.



Rys. 7. Zobrazowanie zajętości torów kierunkowych (widok połowy grupy torów) na monitorze systemu wizualizacji SWPG-1 [fot. J. Tyszkowski]

System PSR-1 ma strukturę rozproszoną. Integruje specjalizowane moduły (podsystemy) funkcjonalne, do których należą m.in.:

- system sterowania hamulcami torowymi SHT-1M – zapewnia wyjazd odpręgu z hamulca z prędkością zadaną przez operatora,
- system pomiaru wolnej długości torów kierunkowych SKT-1M – mierzy długości wolnych odcinków torów kierunkowych i przesyła wyniki pomiaru do innych podsystemów,
- system wizualizacji pracy górkę SWPG-1 – prezentuje w graficzny sposób funkcjonowanie urządzeń i podsystemów oraz sytuację ruchową na poszczególnych torach,
- system rejestracji i diagnostyki SRD-1 – w sposób automatyczny diagnozuje funkcjonowanie elementów systemu PSR-1 oraz rejestruje i wizualizuje zebrane dane diagnostyczne; jest także wyposażony w aplikację służącą do kalibrowania wolnej długości torów kierunkowych w systemie SKT-1,
- pulpit ostrzegawczy RPO-1 zamontowany na stanowisku operatora jest elementem podsystemu SHT-1M; informuje operatora o nieprawidłowościach w działaniu systemu,
- czytnik kart RID służący do logowania się operatorów na stanowisku,
- szafy zasilające i szafa komputerowa.

Wymiana danych pomiędzy poszczególnymi podsystemami jest realizowana za pomocą specjalizowanych interfejsów. Zintegrowany pulpit sterowniczy EAB-3 (rys. 6) stanowi interfejs między operatorem i systemem SHT-1M, (rys. 8).



Rys. 8. Elementy modułu sterowania hamulcami torowymi SHT-1M [fot. J. Tyszkowski]

Modułowa budowa systemu PSR-1 umożliwia tworzenie aplikacji przeznaczonych dla stacji rozrządowych i manewrowych o różnej wielkości i architekturze, z możliwością wykorzystania pojedynczych podsystemów (składowych PSR-1) lub ich kombinacji. Taka właściwość systemu PSR-1 rozszerza zakres zastosowania i umożliwia obniżenie lub rozłożenie w czasie kosztów modernizacji istniejących rozwiązań. Daje sposobność stopniowej wymiany poszczególnych urządzeń i podsystemów bez konieczności wyłączania całej stacji z eksploatacji.

4. Badania terenowe systemu PSR-1

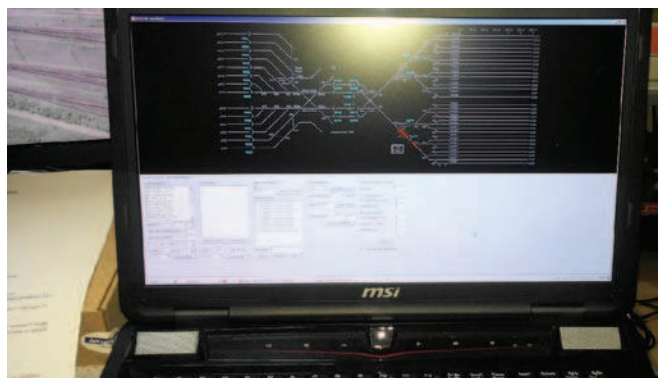
4.1. Badania laboratoryjne

Celem badań realizowanych przez Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki Instytutu Kolejnictwa, było sprawdzenie poprawności i skuteczności funkcjonowania systemu PSR-1 w różnych sytuacjach ruchowych oraz jego odporności na występujące zakłócenia. Badania rozpoczęto od prób wykorzystujących symulator procesu rozrządzenia.

Symulator został opracowany i zbudowany na potrzeby producenta systemu PSR-1. Symulator imituje działanie czujnika wjazdowego oraz radarowego czujnika prędkości JP-60 (pomiar prędkości), określa utratę energii kinetycznej taboru oraz zmianę prędkości odpręgów w zależności od pochylenia toru i pozycji taboru na drodze staczania. Jest narzędziem służącym do weryfikacji poprawności realizacji założonych funkcji i bezpieczeństwa pracy systemu PSR-1. Symulator umożliwia definiowanie sekwencji odpręgów, których prędkość ma być regulowana, określanie liczby wagonów, ich masy oraz czasu następstwa podczas wjazdu na czujnik na początku strefy hamowania. Był wykorzystywany przez producenta systemu w procesie optymalizacji algorytmu sterowania hamulcami torowymi. Efektem działania symulatora jest wizualizacja przemieszczania się odpręgów na drodze staczania, a w szczególności w strefie hamowania (rys. 9 i 10).



Rys. 9. Wizualizacja procesu rozrządzenia na ekranie symulatora [fot. J. Tyszkowski]



Rys. 10. Schemat układu torowego stacji na ekranie symulatora procesu rozrządzenia [fot. J. Tyszkowski]

Badania przeprowadzone z wykorzystaniem symulatora służyły ocenie poprawności algorytmu sterującego hamulcami torowymi (odstępowym i docelowym) oraz możliwości uzyskiwania zadanych prędkości wjazdu odpręgów z hamulców w różnych warunkach ruchowych.

Badania systemu PSR-1 z użyciem symulatora obejmowały sprawdzenie poprawności sterowania hamulcami w zróżnicowanych sytuacjach ruchowych (dla różnych sekwencji odpręgów) bez wprowadzania zakłóceń w działanie systemu, w tym:

- poprawności wdrażania hamowania, gdy rzeczywiste prędkości odpręgów przekraczają wartości zadane,
- poprawności reakcji systemu podczas rozpędzania się odpręgu w strefie hamowania (funkcja dohamowania),
- poprawności reakcji systemu w przypadku wjazdu kolejnego odpręgu do strefy hamowania zajętej przez odpręg poprzedzający (funkcja dopędzenia).

Sprawdzano funkcjonowanie systemu w trakcie rozrządzenia odpręgów złożonych z różnych wagonów, dla różnych kombinacji prędkości najazdu na hamulec oraz zadanych prędkości wjazdu, różnych sekwencji odpręgów oraz niejednakowych czasów następstwa odpręgów w poszczególnych sekwencjach.

Symulator umożliwił wykonanie dużej liczby eksperymentów, z wykorzystaniem zróżnicowanego pod wzglę-

dem liczby i parametrów taboru, przetestowanie zachowania systemu w typowych, a także rzadko spotykanych i niebezpiecznych sytuacjach ruchowych. Przeprowadzenie takich prób w warunkach rzeczywistych byłoby bardzo kosztowne i długotrwałe, a realizacja niektórych eksperymentów mogłaby stanowić zagrożenie bezpieczeństwa ludzi i taboru oraz elementów infrastruktury stacyjnej. Pozytywne wyniki badań przeprowadzonych z wykorzystaniem symulatora umożliwiły przystąpienie do sprawdzenia poprawności funkcjonowania systemu PSR-1 w warunkach odpowiadających rzeczywistej stacji rozrządowej.

Z uwagi na rozbudowaną strukturę i rozmiary fizyczne elementów, system PSR-1 przeznaczony do badań laboratoryjnych zainstalowano na stacji rozrządowej Warszawa Praga (rys. 11).



Rys. 11. Widok z nastawni stacji rozrządowej Warszawa Praga na strefę hamulców odstępowych oraz maszynownię [fot. J. Tyszkowski]

Badania aplikacji zabudowanej na górcie rozrządowej stacji Warszawa Praga obejmowały sprawdzenie:

- poprawności sterowania hamulcami torowymi odstępowymi i docelowymi,
- poprawności funkcjonowania stanowiska operatorskiego,
- wpływu ingerencji operatora na pracę systemu (sterowania hamulcami),
- poprawności rejestrowania zachodzących zdarzeń w rejestratorze systemowym,
- poprawności reakcji systemu na występujące zakłócenia lub przerwy w komunikacji pomiędzy jego modułami (podsystemami).

W trakcie badań sprawdzano i oceniano poprawność realizacji założonych funkcji przez poszczególne moduły systemu PSR-1:

- system wizualizacji pracy górci SWPG-1,
 - system pomiaru wolnej długości torów kierunkowych SKT-1M,
 - system rejestracji i diagnostyki SRD-1,
 - system sterowania hamulcami torowymi SHT-1M (hamulców odstępowych i docelowych),
- a także poprawność ich współpracy – w szczególności przy występujących zakłóceniach.

Badania systemu wizualizacji pracy górci SWPG-1 obejmowały m.in.: ocenę poprawności obrazowania układu torowego stacji, poprawności prezentowania aktualnej sytuacji ruchowej w strefie hamulców torowych, w strefie podziałowej i w torach kierunkowych, a także wartości parametrów pracy elektrohydraulicznego systemu napędu hamulców torowych SHN-1.

Badania systemu pomiaru wolnej długości torów kierunkowych SKT-1M dotyczyły zarówno oceny poprawności realizowanych pomiarów, jak również sposobu prezentowania informacji, reakcji systemu na okresowe wyłączenie oraz działania funkcji zdalnej kalibracji wolnej długości torów z wykorzystaniem urządzenia mobilnego. Dokładność pomiaru wolnej długości torów kierunkowych przez system SKT-1M sprawdzano za pomocą laserowego miernika odległości typu TruPulse™ o zasięgu 2000 m (rys. 12).



Rys. 12. Sprawdzenie poprawności funkcjonowania systemu SKT-1M za pomocą dalmierza laserowego TruPulse™ [fot. J. Tyszkowski]

Badania prawidłowości funkcjonowania systemu SKT-1M oraz systemu wizualizacji pracy górci SWPG-1 realizowano zarówno w warunkach statycznych (bez przemieszczania taboru), jak też w warunkach dynamicznych – w trakcie kontrolowanego przemieszczania lokomotywy manewrowej z wagonem, a także podczas rozrządania odpręgów.

W trakcie badań systemu rejestracji i diagnostyki SRD-1 analizowano zakres danych diagnostycznych rejestrowanych w bazie danych systemu oraz sprawdzano reakcję systemu na czasowe wyłączenie, obserwowano również generowane przez system komunikaty diagnostyczne. Funkcjonowanie systemu monitorowano w przerwach między rozrządaniem składów z górci rozrządowej, jak również w trakcie realizacji procesu rozrządania.

Badanie poprawności funkcjonowania systemu sterowania hamulcami torowymi SHT-1M wykonywano w trakcie kontrolowanego rozrządania odpręgów z górci rozrządowej. W trakcie prób sprawdzano w szczególności:

- poprawność inicjacji hamowania i luzowania przy róż-

- nych prędkościach odpręgów,
- poprawność uzyskiwania zadawanych przez operatora prędkości wyjazdu odpręgów z hamulca,
- reakcje systemu w przypadku rozpędzania się odpręgów na hamulcu oraz w przypadku dopędzania się odpręgów w strefie hamulca (rys. 13),
- funkcje realizowane z udziałem pulpitu ostrzegawczego RPO-1,
- poprawność realizacji funkcji bezpieczeństwa.



Rys. 13. Węglarka ładowna dopędza odpręg złożony z dwóch próżnych węglarek w strefie hamulca docelowego [fot. J. Tyszkowski]

Dobór sekwencji odpręgów rozrządzanych w trakcie badań (liczba wagonów, liczba osi, masa, kolejność wagonów w odpręgu) oraz naturalnych lub symulowanych warunków panujących na stacji (w tym: prędkości napychania odpręgów na górkę, wolnej długości torów kierunkowych, uszkodzeń systemów lub modułów współpracujących, zakłóceń w ruchu odpręgów) umożliwiały jednocześnie sprawdzenie funkcjonowania systemu sterowania hamulcami torowymi SHT-1M (odstępowymi i docelowymi) z uwzględnieniem różnych kryteriów oceny przyjętych w opracowanym programie badań.

Sprawdzenie poprawności funkcjonowania systemu PSR-1 i jego podsystemów realizowano na podstawie opracowanych scenariuszy działań, które umożliwiały powstawanie odpowiednich, oczekiwanych sytuacji ruchowych na stacji rozrządowej. Wprowadzano także zakłócenia, symulując uszkodzenia wybranych elementów systemu (w tym zakłócenia / przerwy w komunikacji pomiędzy modułami). Reakcje systemu na zaistniałe zdarzenia obserwowano na stanowisku operatora SWPG-1 (w zakresie zobrazowania i komunikatów), pulpicie EAB-3 oraz na pulpicie ostrzegawczym RPO-1.

Zastosowanie takiej metodyki badań umożliwiło sprawdzenie systemu w zakresie: poprawności funkcjonowania, bezpieczeństwa, prawidłowości odwzorowania informacji oraz reakcji (i odporności) na zakłócenia.

Przeprowadzone badania laboratoryjne, obejmujące próby wykonane z wykorzystaniem symulatora, a następnie próby terenowe wykonane na stacji rozrządowej Warszawa Praga, potwierdziły poprawne funkcjonowanie systemu PSR-1. System prawidłowo interpretował występujące sytuacje ruchowe i poprawnie regulował prędkość od-

pręgów oraz właściwie reagował na zakłócenia i przerwy w komunikacji występujące pomiędzy jego komponentami. Funkcjonowanie systemu było prawidłowe i zgodne z przyjętymi wymaganiami i zasadami.

Pozytywna opinia o systemie PSR-1 po badaniach laboratoryjnych była podstawą do wydania przez Urząd Transportu Kolejowego świadectwa dopuszczenia do eksploatacji typu urządzenia na czas przeprowadzenia prób eksploatacyjnych na wytypowanym poligonie badawczym.

4.2. Badania eksploatacyjne

Badania eksploatacyjne miały na celu ocenę poprawności funkcjonowania systemu PSR-1 w rzeczywistych warunkach normalnej pracy stacji rozrządowej. Przed dopuszczeniem systemu do badań eksploatacyjnych, instalację systemu PSR-1 zabudowaną na stacji rozrządowej Warszawa Praga, poddano uproszczonym badaniom funkcjonalnym. Obejmowały one przede wszystkim sprawdzenie poprawności realizacji założonych funkcji oraz reakcji systemu na występujące usterki. W trakcie prób sprawdzono:

- zgodność konfiguracji urządzeń z projektem przygotowanym dla warunków miejscowych,
- poprawność sterowania hamulcami torowymi odstępowymi i docelowymi,
- poprawność funkcjonowania stanowiska operatorskiego,
- wpływ ingerencji operatora na pracę systemu (sterowanie hamulcami),
- poprawność wykrywania przez system diagnostyczny zachodzących zdarzeń,
- poprawność rejestrowania zachodzących zdarzeń w rejestratorze systemowym,
- poprawność wizualizacji pracy górkę,
- poprawność pomiaru wolnej długości torów kierunkowych,
- prawidłowość rejestrowania komunikatów alarmowych związanych z uszkodzeniami elementów systemowych oraz stanów funkcjonalnych i zależnościowych,
- reakcję systemu na usterki, w tym:
 - działanie systemu w zadanych sytuacjach ruchowych w przypadku powstałych usterek w urządzeniach i łączach komunikacyjnych systemu PSR-1,
 - reakcję systemu na zaniki napięcia zasilania.

W celu sprawdzenia poprawności funkcjonowania systemu PSR-1 przeprowadzono próby w warunkach statycznych (bez udziału taboru) oraz w warunkach dynamicznych, w trakcie rozrządzania wagonów z górkę rozrządowej (rys. 14). Obserwowano pracę systemu bez udziału taboru, podczas przejazdów lokomotywy, a także w trakcie planowego rozrządzania wagonów. Przeprowadzono także specjalny rozrząd wagonów na potrzeby realizacji przygotowanych testów według scenariusza działań, który umożliwił powstawanie oczekiwanych zdarzeń ruchowych.



Rys. 14. Odpręg złożony z dwóch wagonów 2-osiowych na hamulcu odstępowym [fot. J. Tyszkowski]

Reakcje systemu na zaistniałe zdarzenia obserwowano na stanowisku operatora SWPG-1, pulpicie EAB-3 i na pulpicie ostrzegawczym RPO-1. Dokonano także przeglądu zapisów zdarzeń w systemie rejestracji i archiwizacji SRD-1.

Obserwacje i próby przeprowadzone w warunkach statycznych oraz z wykorzystaniem taboru potwierdziły poprawność funkcjonowania systemu PSR-1 i jego modułów. Pozytywne wyniki uproszczonych badań funkcjonalnych umożliwiły przekazanie systemu do badań eksploatacyjnych.

W trakcie nadzorowanej eksploatacji, do monitorowania poprawności funkcjonowania systemu wykorzystano rejestrator SRD-1 będący elementem systemu PSR-1. Analizie poddano także zapisy personelu w książce E-1758. Zgodnie z przyjętym programem prób, badania eksploatacyjne obejmowały:

- bieżącą obserwację i rejestrację funkcjonowania urządzeń z wykorzystaniem systemu rejestracji i diagnostyki SRD-1,
- analizę uszkodzeń sprzętowych i błędnych efektów działania na podstawie zapisów rejestratora zdarzeń,
- analizę zapisów rejestratora SRD-1 dotyczących m.in.: przebiegu hamowania odpręgów, zdarzeń zachodzących podczas pracy systemu, wykrywania osi nieparzystych, wskazań wolnej długości toru,
- analizę uszkodzeń i błędów w funkcjonowaniu systemu zaobserwowanych i zgłoszonych przez personel obsługi oraz operatorów systemu,
- ocenę ilościową uszkodzeń oraz przypadków błędnej regulacji prędkości.

Personel obsługi oraz operatorzy systemu byli zobowiązani do rejestrowania zauważonych nieprawidłowości w funkcjonowaniu systemu PSR-1 oraz jego modułów i elementów, a także natychmiastowego powiadomienia o zaistniałych zdarzeniach producenta systemu oraz przedstawicieli Instytutu Kolejnictwa. W trakcie nadzorowanej eksploatacji kilkakrotnie przeprowadzano okresowe sprawdzenia poprawności funkcjonowania urządzeń, w zakresie:

- spełnienia wymagań funkcjonalnych, w tym: prawidłowości regulacji prędkości wyjazdu odpręgów z hamulca, działania funkcji dopędzenia i dohamowania (dla hamulców torowych odstępowych i docelowych) oraz

stabilności funkcjonowania systemu pomiaru wolnej długości toru,

- zachowania wartości podstawowych parametrów technicznych systemu,
- ewentualnych uszkodzeń lub zmian, które mogą wpływać na bezpieczeństwo eksploatacji.

Na podstawie analizy zapisów z rejestratorów zdarzeń, informacji i spostrzeżeń zebranych przez personel obsługi i operatorów systemu, a także własnych obserwacji, sporządzano raporty z prowadzonych badań, które zawierały również analizę wyników okresowych sprawdzeń poprawności funkcjonowania urządzeń systemu.

Realizowane próby i obserwacje potwierdziły poprawność funkcjonowania systemu PSR-1 i jego modułów w konfiguracji przeznaczony do badań eksploatacyjnych. Nie stwierdzono przypadku błędnego funkcjonowania systemu PSR-1 mogącego mieć wpływ na powstanie niebezpiecznej sytuacji ruchowej w strefie hamulców torowych odstępowych lub docelowych. System poprawnie interpretował sytuacje ruchowe i prawidłowo realizował założone funkcje.

5. Podsumowanie

Większość eksploatowanych na sieci PKP PLK S.A. stacji rozrządowych i manewrowych wyposażono na przełomie lat 80. i 90. ubiegłego wieku, w systemy automatyzacji i mechanizacji rozrządzenia. Podczas 30-letniej eksploatacji ulegały one procesom starzenia (zarówno technicznego, jak też moralnego) oraz zużycia, a urządzenia stanowiące ich wyposażenie techniczne są już w znacznym stopniu wyeksploatowane. W wielu przypadkach podczas czynności obsługowych (działania zapobiegawcze i remontowo-naprawcze) elementy urządzeń muszą być modyfikowane i unowocześniane. Szczególnie dotyczy to podzespołów elektrycznych i elektronicznych, których produkcję już zakończono. Jednostkowa skala takich działań podnosi koszty modernizacji i eksploatacji systemów sterowania, a jednocześnie wprowadza ryzyko wystąpienia nieprzewidywanych sekwencji stanów funkcjonalnych.

Stan techniczny istniejących systemów asr oraz ograniczenie zapotrzebowania na pracę rozrządową i obniżone wymagania dotyczące wydajności procesu rozrządzenia sprawiają, że systemy pracują przede wszystkim w trybie półautomatycznym lub ręcznym. Taki tryb pracy nie wprowadza istotnych ograniczeń w procesie przewozu ładunków koleją, z powodu spadku przewozów wagonowych w obsłudze transportowej kraju, a tym samym zmniejszenia zapotrzebowania na pracę rozrządową oraz obniżenie wymagań dotyczących wydajności procesu rozrządzenia. W istniejącej sytuacji przewozowej, system PSR-1 jest dobrą alternatywą dla wyeksploatowanych systemów asr, a jednocześnie istotnym krokiem w kierunku modernizacji i unowocześnienia ich konstrukcji.

Można przewidywać, że potrzeba racjonalizacji procesów przewozowych w skali kraju doprowadzi do podjęcia kroków przeciwdziałających marginalizacji transportu kolejowego i spowoduje wzrost przewozów wagonowych w obsłudze transportowej kraju. To z kolei wymusi zwiększenie zdolności przetwórczych układów rozrządowych, poprawę parametrów procesu rozrządzania i dokładności regulacji prędkości odpręgów. Dlatego należy kontynuować prace modernizacyjne, w szczególności dotyczące podsystemów nastawiania zwrotnic, pomiaru wolnej długości torów kierunkowych i wykrywania zajętości odcinków zwrotnicowych. Należy także doskonalić metody oddziaływania na toczące się odpręgi i zwiększania precyzji regulacji ich prędkości [4].

Półautomatyczny system rozrządzania PSR-1 wraz ze zmodernizowanym systemem elektrohydraulicznego napędu hamulców torowych, stanowi istotny krok na drodze do efektywnego i bezpiecznego odtwarzania zautomatyzowanej infrastruktury stacji rozrządowych oraz budowy systemu automatycznego sterowania rozrządzaniem nowej generacji. Badania systemu PSR-1, przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych, a także w rzeczy-

wistych warunkach pracy stacji rozrządowej potwierdziły poprawne i bezpieczne funkcjonowanie systemu i jego elementów.

Bibliografia

1. Moczarski J.: *Proces rozrządzania jako sekwencja zmian stanów dynamicznych odpręgów*. Logistyka 6/2011.
2. Moczarski J.: *Działania celowe w regulacji prędkości odpręgów na zautomatyzowanych stacjach rozrządowych*. Technika Transportu Szynowego, nr 9/2012.
3. Moczarski J.: *Klasyfikacja systemów regulacji prędkości odpręgów na stacjach wyposażonych w górki rozrządowe*. Materiały konferencyjne IV Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Stacja rozrządowa Tarnowskie Góry w 80-lecie funkcjonowania kolejowej magistrali węglowej Śląsk – porty”. Wydawnictwo Polskie Stowarzyszenie Telematyki Transportu, 2013.
4. Moczarski J.: *Ocena skuteczności regulacji prędkości odpręgów na stacjach rozrządowych*. Technika Transportu Szynowego, nr 10/2013.