

# PÓLAUTOMATYCZNY SYSTEM STEROWANIA ROZRZĄDZANIEM ODPRZĘGÓW

*W artykule omówiono zagadnienie regulacji prędkości odpręgów na zautomatyzowanych stacjach rozrządowych i manewrowych. Scharakteryzowano ograniczenia towarzyszące ruchowi odpręgów rozrządzanych zgodnie ze stosowaną na sieci PKP metodą swobodnego przemieszczania wagonów. Wskazano wymagania dotyczące celowych działań człowieka uczestniczącego w procesie regulacji prędkości odpręgów. Przedstawiono klasyfikację systemów regulacji prędkości. Opisano budowę oraz podstawowe moduły funkcjonalne półautomatycznego systemu regulacji prędkości PSR-1. Wskazano zalety systemu oraz jego przydatność dla stacji rozrządowych sieci PKP przy istniejącym poziomie kolejowych przewozów rozproszonych.*

## WSTĘP

Podstawowym celem działań realizowanych na stacjach manewrowych i rozrządowych jest sortowanie składów w taki sposób, aby każdy z odpręgów dotarł bezpiecznie na odpowiedni tor kierunkowy. Niezależnie od miejsca i metody rozrządzania wspólnym elementem tego procesu jest i rozpędzanie i hamowanie odpręgów. W rozrządzaniu systemem odstawczym, odpręgi są rozpędzane i hamowane przez lokomotywę manewrową. Systemy, w których rozpędzone wcześniej odpręgi przemieszczają się dalej samodzielnie, muszą być wyposażone w specjalne urządzenia hamulcowe zmniejszające energię kinetyczną toczących się wagonów. W tzw. rozrządzie płaskim, odpręgi są rozpędzane przez lokomotywę manewrową. Na stacjach wyposażonych w górki rozrządowe, odpręg porusza się w wyniku zamiany energii potencjalnej na energię kinetyczną. Rozwiązania techniczne stosowane na stacjach rozrządowych i manewrowych sieci PKP ewoluowały od najprostszych – płozów hamulcowych, przez hamulce pomostowe (typu THS), hamulce szczękowe (typu ETH) aż po obecnie wprowadzane hamulce punktowe.

## 1. SWOBODNE PRZEMIESZCZANIE WAGONÓW NA DRODZE STACZANIA

Dla stacji rozrządowych w Polsce, wyposażonych w górki, przyjęto tzw. metodę swobodnego przemieszczania wagonów w procesie rozrządzania (metoda *spw*). Początkowa energia kinetyczna odpręgu (przekraczającego szczyt góry) jest proporcjonalna do prędkości napychania składu przez lokomotywę. Podczas ruchu odpręgu od szczytu góry do punktu przeznaczenia w torze kierunkowym (punktu celu), następuje stopniowe zmniejszanie energii potencjalnej powodowane pochyleniem toru. Energia kinetyczna, mimo początkowego wzrostu, także ulega stopniowemu zmniejszeniu wskutek oddziaływania czynników naturalnych (zewnętrznych - pochodzących z otoczenia oraz wewnętrznych - zależnych od parametrów odpręgu):

- oporów ruchu zależnych od konstrukcji wagonów, ich stanu technicznego, masy, warunków atmosferycznych,
- oporu aerodynamicznego, zależnego od kształtu i wielkości powierzchni czołowych i bocznych wagonów, siły i kierunku wiatru,
- stanu technicznego toru i jego kształtu w planie i profilu,
- rodzaju przewożonego ładunku,

- oddziaływań (zderzeń) między odpręgami, odpowiednio zwiększających lub zmniejszających ich energię kinetyczną.

Czynniki naturalne wpływają na ruch odpręgów w każdym punkcie drogi staczania. Wartość oddziaływań zmienia się jednak zarówno w funkcji czasu jak też drogi. Dlatego prognozowanie wartości parametrów ruchu odpręgów w poszczególnych punktach drogi staczania jest zwykle obarczone błędem. Efektywność osiągnięcia punktu celu zależy więc od skuteczności przeciwdziałania skutkom oddziaływania przedstawionych czynników.

Proces rozrządzania powinien umożliwić przemieszczenie każdego odpręgu na właściwy tor kierunkowy, osiągnięcie odpowiedniego miejsca w torze (punktu celu), oraz dojazd do stojących wagonów z bezpieczną prędkością.

W zależności od sytuacji ruchowej na drodze staczania, punkt celu do którego powinien dotrzeć odpręg, może zajmować położenie statyczne lub przemieszczać się w sposób dynamiczny.

Statyczny punkt celu wyznacza pozycja ostatniego wagonu stojącego na torze kierunkowym.

Jeżeli na wybranym torze ma miejsce jednoczesne przemieszczanie się kilku odpręgów, położenie punktu celu (niezależnie dla każdego z nich) zależy od miejsca zatrzymania poprzednika i może być prognozowane w sposób dynamiczny, np. metodą estymacji wyników pomiaru parametrów ruchu poszczególnych odpręgów.

## 2. REGULACJA PRĘDKOŚCI ODPRZĘGÓW – CELOWE ODDZIAŁYWANIE CZŁOWIEKA

Potrzeba bezpiecznego osiągnięcia punktu celu w warunkach oddziaływania czynników naturalnych wymaga celowych działań realizowanych przez człowieka lub automatyczne systemy regulacji.



Rys. 1. Hamulec szczękowy typu ETH - odstępowy [fot. autor]

W systemie swobodnego przemieszczania odpręgów (spw) wykorzystującym hamulce szczękowe typu ETH (rys. 1) występują dwa punkty celowego oddziaływania na toczące się odprzęgi: I. pozycja hamowania (tzw. hamowanie odstępowe) i II. pozycja – tzw. hamowanie docelowe (rys. 2).

Regulacja prędkości odpręgów może być zatem realizowana:

- na szczycie górkę rozrządowej (poprzez regulację prędkości napychania składu na górkę przez lokomotywę manewrową),
- na I pozycji hamowania, z wykorzystaniem hamulca odstępowego HO,
- na II pozycji hamowania, z wykorzystaniem hamulca docelowego HD.

Wymagana prędkość wyjazdu każdego odpręgu z hamulca zależy od:

- sytuacji ruchowej na drodze stacjana,
- drogi jaką odpręg musi przejechać do punktu celu na torze kierunkowym,
- przewidywanego oddziaływania czynników zewnętrznych,
- położenia odpręgów względem istotnych elementów infrastruktury stacji.

Utrudnieniem w realizacji procesu regulacji jest występowanie zróżnicowanych ograniczeń dopuszczalnej prędkości odpręgów w poszczególnych strefach drogi stacjana S1 ÷ S4. (rys. 2). Są one powodowane zmienną geometrią toru, zabudową elementów infrastruktury (rozjazdy, hamulce torowe) jak też zmieniającą się w czasie sytuacją ruchową (zmieniającymi się odległościami między kolejnymi odpręgami). Stąd wynika potrzeba celowego oddziaływania na toczące się odprzęgi i odpowiedniej regulacji ich prędkości w poszczególnych strefach.

Dla efektywnej realizacji takich działań niezbędne są informacje dotyczące:

- parametrów poszczególnych odpręgów (masa, długość, liczba osi, rodzaje wagonów, numer toru kierunkowego na który odpręg jest staczany),
- prędkości odpręgów w różnych punktach drogi stacjana,
- położenia odpręgów w funkcji czasu (w szczególności zajętości rozjazdów i hamulców),
- wolnej długości poszczególnych torów kierunkowych, na które są kierowane kolejne odprzęgi.

Istotna jest także wiedza dotycząca wartości oporów ruchu odpręgów, stanu technicznego torów i rozjazdów oraz zmiennej intensywności oddziaływania czynników zewnętrznych.

Dostęp do takich informacji umożliwiają, stosowane na zautomatyzowanych stacjach rozrządowych, identyfikatory odpręgów,

radarowe mierniki prędkości (rys. 3), systemy zliczania osi, systemy kontroli zajętości torów i rozjazdów, systemy pomiaru wolnej długości torów kierunkowych, a także urządzenia do pomiaru temperatury oraz siły i kierunku wiatru.



Rys. 3. Radarowe mierniki prędkości na stacji rozrządowej [fot. J. Tyszkowski]

Niezależnie od stosowanego wyposażenia, odbiór energii od toczących się odpręgów następuje w dwóch podstawowych strefach stacji rozrządowej: w strefie podziałowej (na początku strefy S2) oraz w strefie początkowej torów kierunkowych S4.

W przypadku nowych rozwiązań, wykorzystujących hamulce punktowe (tzw. hamulce grzybkowe), ma miejsce rozproszone oddziaływanie urządzeń hamulcowych na odprzęgi na całej długości torów kierunkowych, a często także w strefach S1 i S2.

### 3. PÓLAUTOMATYCZNE STEROWANIE ROZRZĄDZANIEM – SYSTEM PSR-1

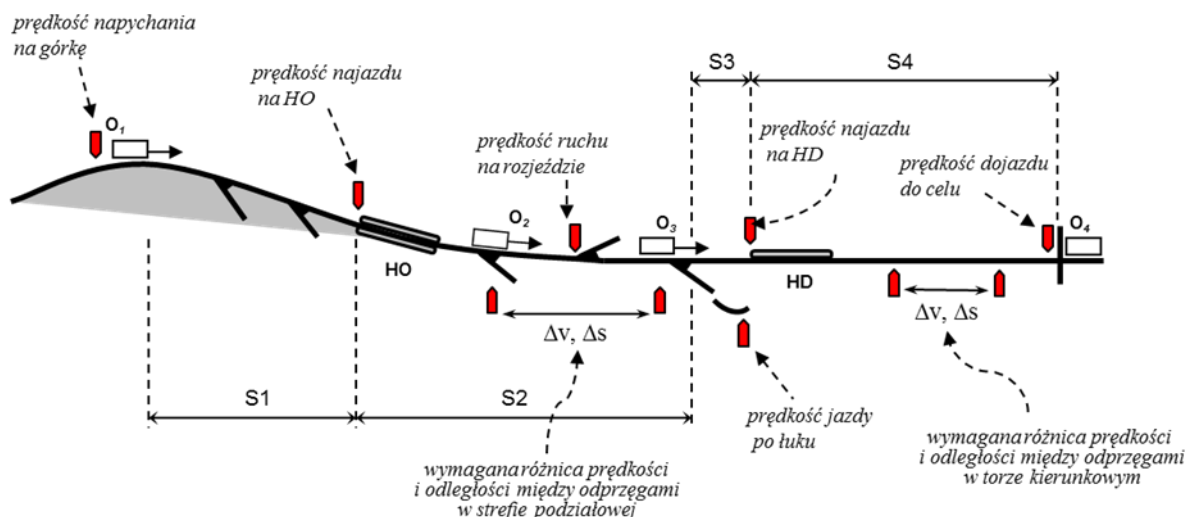
Urządzenia i systemy stosowane w procesie rozrządzania odpręgów służące regulacji ich prędkości można klasyfikować [1]:

- ze względu na realizowane funkcje,
- ze względu na stopień automatyzacji i rodzaj stosowanego regulatora.

Klasyfikacja ze względu na realizowane funkcje pozwala wyróżnić:

- systemy hamowania,
- systemy regulacji prędkości,
- systemy rozrządzania.

Zgodnie z klasyfikacją uwzględniającą stopień automatyzacji procesu rozrządzania lub rodzaj stosowanego regulatora (brak



Rys. 2. . Ograniczenia prędkości ruchu odpręgów na drodze stacjana [opracowanie własne]

regulatora, człowiek jako regulator, automat) można rozróżnić systemy:

- mechaniczne,
- ręczne,
- półautomatyczne,
- automatyczne.

W systemach ze sterowaniem ręcznym człowiek, na podstawie doświadczenia i subiektywnej oceny sytuacji ruchowej (lub na podstawie informacji uzyskanych z przyrządów pomiarowych), określa wartości parametrów regulacji oraz steruje urządzeniami wykonawczymi (hamulcami) powodując zmiany prędkości odpręgów. W systemach półautomatycznych człowiek określa wymagane wartości parametrów regulacji, a sterowanie hamulcami jest realizowane przez zautomatyzowane systemy sterujące. W systemach automatycznych prognozowanie ruchu odpręgów i regulacja ich prędkości w poszczególnych strefach ruchu są realizowane samoczynnie, na podstawie wyników przetwarzania danych pomiarowych.

System PSR-1, produkowany przez firmę RAMATECH-INSTAL, należy do klasy półautomatycznych systemów rozrządzenia. Powstał w ramach modernizacji stosowanego dotychczas na sieci PKP PLK S.A. automatycznego systemu sterowania rozrządaniem wagonów (asr). Współpracuje z takimi, istniejącymi urządzeniami i systemami jak: hamulce torowe odstępowe i docelowe typu ETH-1 i ETH-2, elektrohydrauliczny system napędu hamulców torowych SHN-1, zblokowany system indywidualnego nastawiania zwrotnic SNZ-2 z napędami szybkobieżnymi EEA-4, elektroniczny obwód licznikowy EOL-1 oraz pulpit zintegrowany EAB-3 (rys. 4).



**Rys. 4** Pulpit zintegrowany EAB-3 [fot. autor]

System PSR-1 realizuje funkcje dotychczasowych podsystemów SHT-1 (radarowy system sterowania hamulcami torowymi), oraz SKT-1 (system pomiaru wolnej długości torów kierunkowych) wykorzystując istniejące urządzenia zewnętrzne takie jak radarowe mierniki prędkości JP-60, przetworniki torowe EAD-1, czujniki szynowe ELS-3 oraz instalacje kablowe.

Głównym zadaniem systemu PSR-1 jest wspomaganie pracy operatora podczas rozrządzenia 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 subiektywnej oceny sytuacji ruchowej oraz wykorzystując, prezentowaną na monitorach, informację o wolnej długości poszczególnych torów kierunkowych (rys. 5), operator zadaje na zintegrowanym pulpicie EAB-3 żadaną prędkość wyjazdu odpręgu z hamulca (odstępowego lub docelowego).



**Rys. 5.** Wizualizacja wolnej długości torów kierunkowych [fot. J. Tyszkowski]

System PSR-1 jest systemem rozproszonym, integrującym następujące moduły (podsystemy) funkcjonalne:

- system sterowania hamulcami torowymi SHT-1M, który 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, który prezentuje w sposób graficzny funkcjonowanie urządzeń i podsystemów oraz sytuację ruchową na poszczególnych torach,
- system rejestracji i diagnostyki SRD-1 w sposób automatyczny diagnozuje funkcjonowanie 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 operatorskim (stanowi element podsystemu SHT-1M, informuje operatora o nieprawidłowościach w działaniu systemu),
- czytnik kart RID służący do logowania się operatorów na stanowisku,
- szafy zasilające i szafę komputerową.

Wymiana danych pomiędzy poszczególnymi podsystemami jest realizowana za pomocą specjalizowanych interfejsów. Przedstawiony na rysunku 4 zintegrowany pulpit sterowniczy EAB-3 stanowi interfejs między operatorem, a systemem SHT-1M.

Budowa modułowa systemu PSR-1 sprawia, że z autonomicznych podsystemów mogą być tworzone aplikacje dedykowane konkretnym obiektom kolejowym. Dzięki temu jest możliwe wykonanie różnych instalacji z wykorzystaniem pojedynczych podsystemów (składowych PSR-1) lub ich kombinacji.

## PODSUMOWANIE

Zainstalowane w latach 80. i 90. na stacjach rozrządowych i dużych stacjach manewrowych sieci PKP automatyczne systemy rozrządzenia (asr) zostały w znacznym stopniu wyeksploatowane i są wykorzystywane w ograniczonym zakresie. Aktualnie pracują zwykle w trybie półautomatycznym lub ręcznym. Ich produkcja (przez ZWUS Katowice) została zakończona na początku lat 90. Wyjątek stanowi stacja rozrządowa Poznań Franowo, która po modernizacji została wyposażona w hamulce punktowe (na II. pozycji hamowania) i pracuje w trybie automatycznym.

Odtworzenie dotychczas stosowanych systemów i ich utrzymanie w wymaganym stanie technicznym wymaga znacznych

nakładów finansowych., Z uwagi na postęp techniczny i technologiczny, niezbędne części zamienne (szczególnie podzespoły i elementy elektroniczne) nie są już produkowane. W wielu przypadkach naprawa uszkodzonych urządzeń wymaga ich jednoczesnej modyfikacji i modernizacji. Jednostkowa skala takich działań znacząco podnosi koszty eksploatacji systemu i stanowi zagrożenie bezpieczeństwa procesu rozrządzenia. Jednocześnie nastąpiło zmniejszenie poziomu przewozów rozproszonych i ograniczenie zapotrzebowania na pracę rozrządową. Mniejsze są także wymagania dotyczące wydajności procesu rozrządzenia i prędkości jego realizacji. W istniejącej sytuacji możliwa jest realizacja prac rozrządowych w trybie półautomatycznym.

System PSR-1, wykorzystując część dotychczasowej infrastruktury systemów asr pozwala obniżyć i rozłożyć w czasie koszty modernizacji istniejących rozwiązań, a jednocześnie umożliwia płynną wymianę poszczególnych urządzeń i podsystemów, bez konieczności wyłączenia stacji z eksploatacji.

Badania systemu PSR-1, przeprowadzone w Instytucie Kolejnictwa, potwierdziły poprawność funkcjonowania systemu i jego elementów, a także jego wysoką skuteczność oraz bezpieczną realizację procesu rozrządzenia odpręgów w warunkach rzeczywistych.

### BIBLIOGRAFIA

1. Moczarski J.: *Klasyfikacja systemów regulacji prędkości odpręgów na stacjach wyposażonych w górki rozrządowe*. Mate-

riały Konferencyjne IV Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Stacja rozrządowa Tarnowskie Góry w 80-lecie funkcjonowania magistrali węglowej Śląsk-porty”, Zawiercie 2013, wyd. Polskie Stowarzyszenie Telematyki Transportu, ISBN 978-83-927821-0-0.

### Semi-automatic marshalling regulations system

*Paper discussed the issue of wagon speed regulations on automated marshalling and shunting yards. There are described the restrictions connected with the movement of the wagons shunting in accordance with the used on PKP railway network by the free movement method. Article pointed out requirements related to goal-oriented human activities in the process of the speed regulation. There was shown the classification of the speed control systems. Also article described the construction and basic functional modules semi-automatic control system PSR-1. Paper pointed out the advantages of the system and its usefulness for marshalling of PKP railway network with the existing level of rail scattered transport.*

Autor:

dr hab. inż. **Jarosław Moczarski** – Instytut Kolejnictwa, Warszawa;  
e-mail: [jmoczarski@ikolej.pl](mailto:jmoczarski@ikolej.pl)