

Bartłomiej ULATOWSKI, Zbigniew ŁUKASIK

SYSTEMY SRK – REJESTRACJA DANYCH EKSPLOATACYJNYCH

Poniższy artykuł porusza tematykę systemów Sterowania Ruchem Kolejowym, skupiając się na aspektach rejestracji i pozyskiwania danych eksploatacyjnych. W pierwszej części omawianego tekstu autorzy skupili się na opisie czym są systemy SRK, a także w jaki sposób można je zmodernizować w celu podniesienia bezpieczeństwa oraz unowocześnienia wykorzystywanych rozwiązań. Na wstępie opracowania autorzy przedstawili transport kolejowy o nazwie „Koleje Dużych Prędkości”. Poruszenie tego tematu jest elementem niezbędnym, ponieważ to właśnie KDP wywarło duży wpływ na rozwój systemów SRK. W dalszej części artykułu autorzy skupili się na możliwości rejestracji danych eksploatacyjnych poszczególnych systemów, a także przedstawili system ETCS będący Europejskim projektem mającym na celu ujednoczenie systemów służących do Sterowania Ruchem Kolejowym.

WSTĘP

Systemy Sterowania Ruchem Kolejowym (SRK) mogą ze względu na ich stałe wykorzystanie przebywać w odmiennych stacjach eksploatacyjnych. Badania wykazały ogromną zależność niezawodności układów od elementów technicznych w nich zastosowanych. Efektywne zbieranie i rejestracja danych eksploatacyjnych z podsystemów kolejowych może pozwolić na wyznaczenie wskaźników niezawodnościowych analizowanych rozwiązań.

Potrzeba zwiększenia efektywności linii kolejowych wymaga wprowadzenia sposobów optymalizacji, które mogą bezpośrednio wpłynąć na procesy Sterowania Ruchem Kolejowym. Podstawowym założeniem rejestracji danych eksploatacyjnych jest stworzenie systemu mogącego w sposób optymalny wykryć i pomóc na rozwiązanie zaistniałych problemów mogących wystąpić podczas całego procesu transportu kolejowego. Dzięki zastosowaniu odpowiedniej analizy rejestrowanych danych możliwe jest zaplanowanie optymalnego rozwiązania mogącego zniwelować problemy pojawiające się podczas ewentualnej awarii, a także problemów związanych m.in. z zajętością torów.

W celu opracowania odpowiednich modeli matematycznych elementem koniecznym jest uruchomienie systemu pozwalającego na agregację neuralgicznych danych z poszczególnych podsystemów SRK. Można tego dokonać skupiając się na miejscu występowania awarii np. szlaku kolejowym czy też stacji kolejowej. Możemy również tego dokonać analizując typy urządzeń przy których najczęściej występują uszkodzenia lub awarie.

Za bezpieczeństwo w transporcie kolejowym w dużej mierze odpowiadają właśnie systemy sterowania ruchem kolejowym, których rozwój ze względu na wdrożenie systemów KDP w ostatnich latach bardzo się rozwinął. Rynek systemów SRK jest duży, a co za tym idzie liczba producentów systemów sterowania stale rośnie. Dzięki takiej tendencji istnieje prawdopodobieństwo iż systemy będą z roku na rok coraz bardziej niezawodne.

Zastosowanie odpowiednich analiz poprzez pracę na zebranych danych eksploatacyjnych może wykazać możliwe zagrożenia, czas ich występowania, a także przede wszystkim może zasymulować pracę aktualnie działających systemów SRK pod kątem możliwości do zaistnienia awarii i problemów.

Głównym zadaniem autorów poniższego artykułu jest analiza możliwych zagrożeń zachodzących podczas procesów w SRK skupiając się na poszczególnych elementach systemów kontroli transportu kolejowego, a także przedstawienie rozbudowanego systemu ETCS.

1. STEROWANIE RUCHEM KOLEJOWYM, A KOLEJE DUŻYCH PRĘDKOŚCI

Podstawowym problemem bezpośrednio związanym z systemami SRK jest konieczność zachowania bezpieczeństwa systemów w chwili ciągłego wzrostu prędkości pociągów. Jest to jedno z podstawowych zagadnień bezpiecznego funkcjonowania linii kolejowych.

Nazwa „Koleje Dużych Prędkości” (KDP) określa transport kolejowy, którego prędkość przekracza 160km/h. Zastosowanie powyższych systemów wymusza przygotowanie systemów sterowania ruchem kolejowym (trackside), które będą zoptymalizowane pod przekazywanie odpowiednich informacji zarówno maszyniście, a także w przypadku nowoczesnych systemów umieszczanie danych eksploatacyjnych w przygotowanych do tego celu bazach danych.

Nowe podejście do systemów SRK jest konieczne również ze względu na ogrom ilości danych, które muszą być w chwili obecnej analizowane w celu zapewnienia wydajności i bezpieczeństwa opisywanych rozwiązań.

Zwiększające się prędkości jazdy pociągów mają bezpośredni wpływ na długość drogi hamowania, a także m.in. czytelność sygnalizatorów przytorowych. W związku z powyższym konieczne jest wprowadzenie systemów gromadzących dane eksploatacyjne, a także w odpowiednim czasie je analizujące.

Na bezpieczeństwo w procesach transportu kolejowego ogromny wpływ mają opisywane systemy SRK, które w ciągu ostatnich kilku lat bardzo się rozwinęły. Procesy podnoszące bezpieczeństwo są wdrażane i realizowane zarówno przez firmy polskie jak i zagraniczne.

2. REJESTRACJA DANYCH EKSPLOATACYJNYCH

Systemy SRK to nie tylko rozwiązania polegające na przedstawianiu najważniejszych informacji w kabinie maszynisty. Aktualnie prowadzone są prace badawcze i rozwojowe nad systemami automatyki kolejowej, które pozwalają na zachowanie bezpieczeństwa w kolei dzięki wdrożeniu scentralizowanych baz danych analizujących dane eksploatacyjne.

Stworzenie jednolitego systemu przechowującego opisywane dane, które dotyczyć mogą m.in. awarii związanych z nastawnicą kolejową, blokadą liniową, sygnalizacją przejazdową czy też urządzeniami zdalnego sterowania. Urządzenia służące do zapewnienia Sterowania Ruchem Kolejowym składają się z poszczególnych elementów, które będąc częściami składowymi podsystemów SRK mogą wpłynąć w sposób znaczący na bezpieczeństwo środków komunikacji.

Dzięki przeprowadzonej analizie materiałów przedstawionych w bibliografii autorzy są w stanie oszacować, które elementy są najczęstszą przyczyną awarii podczas transportu kolejowego. Lista przedstawiona poniżej pokazuje elementy składowe podsystemów SRK, których dane eksploatacyjne mogą być składowane w systemach bazodanowych.

Są to m.in.:

- sygnalizatory i wskaźniki torowe,
- zwrotnice,
- elementy kontroli nie zajętości,
- elementy zasilania,
- elementy sterowania,
- elementy detekcji pojazdu szynowego,
- napędy rogatkowe i drażni,
- sygnalizatory drogowe,
- sygnalizatory torowe,
- elementy punktowego przesyłania informacji.

Analizy zbieranych danych eksploatacyjnych przedstawiających zaistniałe awarie poszczególnych podsystemów mogą pozwolić w sposób jednoznaczny oszacować kiedy awaria poszczególnych części składowych może nastąpić, a także jak długo może potrwać jej naprawa.

Systemy SRK w aktualnie istniejącym i rozwijającym się standardzie muszą być niezawodne. To dzięki rozpatrywaniu możliwych do pojawienia się problemów istnieje szansa na minimalizację szkód wyrządzonych przez wadliwie działające systemy.

Sugerowanym rozwiązaniem, które pozwoliłoby na automatyzację procesów analizy danych eksploatacyjnych jest przechowywanie danych w scentralizowanej bazie danych. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe byłoby przetwarzanie i analizowanie danych z wielu podsystemów jednocześnie.

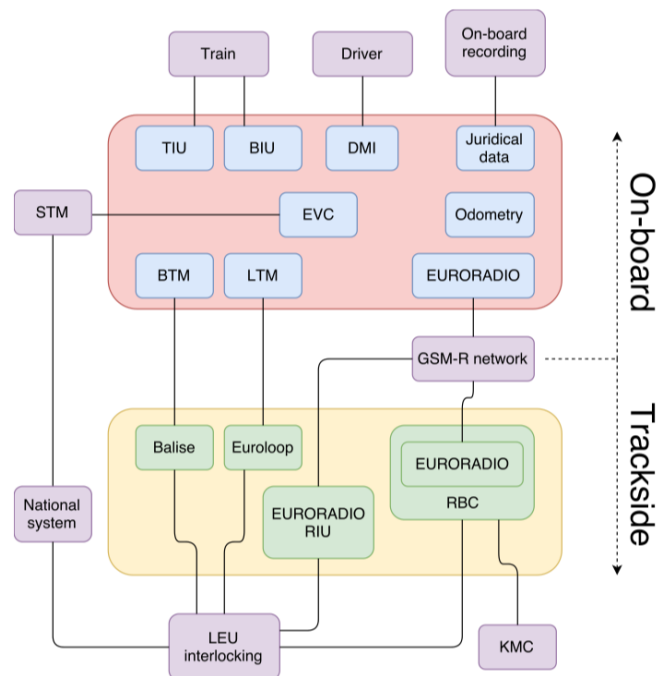
3. EUROPEAN TRAIN CONTROL SYSTEM

ETCS jest to europejski scentralizowany system sterowania ruchem kolejowym, który jest na bieżąco wdrażany na liniach kolejowych w Unii Europejskiej.

System ETCS jest rozwiązaniem, które opiera się na dwóch głównych podsystemach tj. podsystemie pokładowego (on-board) i przytorowego (trackside). Każdy podsystem obejmuje kilka komponentów, których najważniejsze elementy zostaną szerzej opisane w dalszej części artykułu.

Opisywany system Sterowania Ruchem Kolejowym opiera się na sygnalizacji kabinowej, która dzięki wymianie danych pomiędzy elementami składowymi systemu pozwala wyświetlać informacje dotyczące poszczególnych odcinków linii kolejowej na pulpicie w kabinie maszynisty. Dzięki ujednoliconym standardom urządzenia przytorowe tj. semafony mogą skomunikować się z lokomotywą i wygenerować niezbędne informacje dotyczące m.in. maksymalnej dozwolonej prędkości na danym odcinku toru.

System SRK jakim jest ETCS jest w stanie skontrolować reakcję maszynisty na przedstawiane komunikaty i np. W przypadku nieodpowiedniego zachowania potrafi spowodować automatyczne wyhamowanie pociągu. Zastosowanie ETCS pozwala na rozpędzenie pociągów powyżej 160km/h. Przy takiej prędkości maszynista nie jest w stanie samodzielnie zidentyfikować wszystkich sygnałów i ostrzeżeń znajdujących się na trasie – W związku z tym nowoczesne systemy Sterowania Ruchem Kolejowym będą w stanie wyręczyć maszynistę w przypadku nagłych przypadków.



Rys. 1 Architektura wzorcowa systemu ETCS

Poszczególne elementy przedstawione na powyższym rysunku to: Train – pociąg, Driver – maszynista, On-board recording – system rejestracji zdarzeń, BIU/TIU (Train Interface Unit) – interfejs pociągu, DMI (Driver Machine Interface) – interfejs maszynisty, Juridical data – miejsce przechowywania danych, odometry – licznik kilometrów, EVC (European Vital Computer) – komputer przechowujący dane eksploatacyjne, STM (Specific Transmission Module) – interfejs komunikacyjny, National System – międzynarodowy system komunikacyjny, Euroradio – system komunikacji do przesyłu dźwięku i danych oraz KMC (Key Management Centre) – system zarządzania kluczami.

Powyższy schemat przedstawia wzorcową architekturę na której bazują instalowane i modernizowane nowoczesne systemy sterowania ruchem kolejowym. System ETCS, który na działać prawidłowo i bezawaryjnie powinien składać się m.in. z następujących elementów:

- Balisy (transpondery) – urządzenia służące do komunikacji bezprzewodowej, funkcjonujące jako interfejs między komputerem pokładowym, a podsystemem przytorowym. Dane przesyłane przez tzw. balisy są nazywane telegramami. Moduł transmisji bezprzewodowej (BTM) jest używany przez urządzenie podsystemu pokładowego do odbierania telegramów. Transpondery są organizowane w grupy, a telegramy wysyłane przez jedną grupę tworzą wiadomość dla maszynisty. Komunikat z transpondera może być skonfigurowany jako stały lub może być też dynamicznie zmieniany. Komunikaty zmienne wymagają połączenia z LEU (Lineside Electronic Unit) czyli urządzeń przetwarzających sygnały z urządzeń przytorowych na odpowiednie sygnały eurobalis.
- LEU (elektroniczna jednostka przetwarzająca sygnały z urządzeń przytorowych). LEU służą jako interfejsy pomiędzy transponderami i systemem zewnętrznym. Jest to interfejs, który odbiera dane z infrastruktury przytorowej, składa telegramy i wysyła je do transponderów.
- radiowego centrum sterowania (RBC) czyli komputera, który zbiera dane z urządzeń pokładowych i zewnętrznych systemów przytorowych, a także generuje komunikaty, które są przesyłane do pociągów. System radiowy zapewnia przesyłanie osobom nadzorującym systemy SRK niezbędnych informacji koniecznych do odpowiedniego skorelowania ruchu pociągu.
- Komunikacja pomiędzy systemami sterowania ruchem kolejowym w standardzie ETCS jest oparta na transmisji danych punktowych przez transpondery. Gdy stan systemu ulega zmianie, podsystem pokładowy otrzymuje kolejną informację dopiero po dotarciu pociągu do następnej grupy transponderów. Aby złagodzić to opóźnienie wykorzystuje się tzw. Euroloops. Są to elementy wykorzystywane na torze ETCS jako dodatkowy środek komunikacji do przesyłania danych. Pętle składają się z nieszczelnego kabla umieszczonego w szynie, który służy jako antena transmitująca dane do pokładowego modułu transmisyjnego (LTM).
- System ETCS musi być wyposażony również w przekładnik radiowy, którego zadanie ma podobne zastosowanie jak euroloop. Informacje na temat uzupełnienia dostarczane są za pośrednictwem sieci GSM-R.
- System GSM-R zapewnia bezprzewodową dwukierunkową łączność dla transmisji danych i głosu między pociągiem, a systemami przytorowymi. Technologia oparta jest na technologii komórkowej GSM (Global System for Mobile Communication). GSM-R jest istotnym elementem systemu ETCS, ponieważ komunikacja składowych systemu jest niezmiernie ważna.

Wdrożenie ETCS zarówno w Polsce jak i w innych krajach Europejskich pozwoli na szybszą jazdę pociągów przy podniesionym poziomie bezpieczeństwa. Wdrożenie systemu do eksploatacji jest jednym z najważniejszych działań, które pozwoli w najbliższych latach na wprowadzenie prędkości eksploatacyjnej 200 km/h i na podwyższenie bezpieczeństwa ruchu kolejowego.

PODSUMOWANIE

Systemy SRK, a także ETCS są elementami niezbędnymi, które służą do realizacji strategii zarządzania, a także poprawienia jakości i bezpieczeństwa procesów transportu kolejowego. Stosując systemy gromadzenia danych, a także analizując je z zastosowa-

niem odpowiednich modeli matematycznych oczekiwać będzie można osiągnięcia redukcji kosztów eksploatacyjnych w kolejnictwie, zmniejszenia się ilości nagłych awarii systemów SRK, a także wprowadzenie nowych funkcjonalności pozwalających na skuteczniejsze zarządzanie ruchem kolejowym. Szczególnym elementem mogącym poprawić jakość funkcjonowania systemów SRK w odniesieniu od dotychczas używanych, może okazać się stała identyfikacja wszystkich elementów składowych systemów sterowania ruchem kolejowym.

Osiągnięcie ww. celów możliwe będzie jedynie w przypadku gdy podjęte zostaną kroki mające na celu unowocześnienie i modernizacja systemów aktualnie użytkowanych w kolejnictwie.

Kolejnym elementem mogącym wpłynąć na przyspieszenie prac związanych z wdrożeniem nowoczesnych systemów SRK jest ujednoczenie transportu kolejowego na wzór Europejskich wytycznych dotyczących systemów ETCS.

BIBLIOGRAFIA

1. Wawrzyniak A., „Urządzenia sterowania ruchem kolejowym na liniach dużych prędkości”, Wiedza Techniczna nr 2/2010, Łódź 2010.
2. Cervenka J., „Implementation of the DMI Display for the ETCS On-Board Sub-System”, Czech Technical University in Prague, Maj 2017 r.
3. Kombud S.A. – materiały Zakładu Automatyki KOMBUD S.A. w Radomiu, Luty/Marzec 2018 r.
4. Krakowskie Zakłady Automatyki S.A. – materiały Zakładu Automatyki KZA S.A., Luty/Marzec 2018 r.
5. Załącznik do zarządzenia Nr 22/2014 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 15 lipca 2014 r.
6. Strona internetowa: <https://www.pkp-sa.pl>

SRK systems - registration of operating data

The following article deals with the topic of Rail Traffic Control systems, focusing on the aspects of registration and acquisition of operational data. In the first part of the text, the authors focused on describing what SRK systems are, and how they can be modernized in order to increase security. At the beginning of the study, the authors presented a railway transport called "High Speed railways". The KDP had a big influence on the development of SRK systems. In the further part of the article, the authors focused on the possibility of recording operating data of individual systems and presented the ETCS system, which is a European project aimed at standardizing systems for Railway Traffic Control.

Autorzy:

mgr inż. **Bartłomiej Ulatowski** – doktorant, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu
 Prof. dr hab. Inż. **Zbigniew Łukasik** – Rektor Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, rektor@uthrad.pl

JEL: L92 **DOI:** 10.24136/atest.2018.171

Data zgłoszenia: 2018.05.24 **Data akceptacji:** 2018.06.15