

## PROBLEMATYKA WSPÓŁPRACY POKŁADOWEGO SYSTEMU ERTMS/ETCS Z POLSKĄ INFRASTRUKTURĄ

*W artykule omówiono zagadnienie zunifikowania systemów kontroli jazdy pociągów, przedstawiono Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym – ERTMS, Europejski System Sterowania Pociągiem – ETCS oraz przykładową procedurę testowania współpracy pokładowego systemu ERTMS z Polską infrastrukturą przytorową ERTMS poziomu 1 oraz 2.*

### WSTĘP

Przez wiele lat w Europie (w poszczególnych krajach) powstawały zróżnicowane pod względem technicznym oraz technologicznym systemy kontrolno-sterujące jazdą pociągu. Należą do nich m.in. system SELCAB stosowany przez koleje brytyjskie, system LZB stosowany w Niemczech czy KVB system kolei francuskich. Wszystkie ww. systemy są systemami klasy ATC (Automatic Train Control – Automatyczne Sterowanie Pociągiem).

W latach 90-tych ubiegłego wieku w Unii Europejskiej powstała idea opracowania i późniejszego wdrożenia systemu bezpiecznego prowadzenia ruchu pociągów opartego o zunifikowaną transmisję danych pomiędzy torem i pojazdem wraz z systemem cyfrowej radiolączności nazwanego ERTMS (European Rail Traffic Management System – Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym). Ten przemysłowy projekt był opracowany przez członków UNIFE (Union des Industries Ferroviaires Europeennes – Europejskie Stowarzyszenie Przemysłu Kolejowego) przy ścisłej współpracy z UE oraz UIC (Union Internationale des Chemins de fer – Międzynarodowe Zrzeszenie Kolei) i miał doprowadzić do ujednoczenia systemu kolei europejskich umożliwiając swobodny ruch pociągów po sieciach różnych zarządów kolejowych (konceptcja ruchu kolejowego „bez granic”). W związku z tym w roku 1996 wydana została dyrektywa 48 o interoperacyjności dla linii dużych prędkości.

Prowadzone działania zmierzały do wprowadzenia szeroko rozumianej interoperatywności dla linii konwencjonalnych i dla linii dużych prędkości. Interoperatywność kolejowa dotyczy zarówno linii istniejących jak i nowo budowanych, dotyczy istniejących systemów sygnalizacyjnych i ERTMS-u.

Interoperatywność sterowania zapewnia międzynarodowe bezpieczne prowadzenie pociągów po różnych sieciach europejskich, a zwłaszcza:

- przejazd pociągu przez granicę bez konieczności zatrzymywania pociągu;
- bez zmiany pojazdu trakcyjnego i maszynisty;
- wykorzystując wyłącznie standardowe zagadnienia zgodne z ERTMS.

### 1. STRUKTURA SYSTEMU ERTMS/ETCS

#### 1.1. Założenia projektu ERTMS/ETCS

W 1989 roku Komisja Europejska podjęła decyzję o rozpoczęciu prac badawczo-rozwojowych nad Europejskim Systemem Zarządzania Transportem Kolejowym (ERTMS). Nie okre-

ślono jednak jakie funkcje miałyby być realizowane przez ERTMS. Zakres systemu pozostawał więc otwarty a jedynym elementem jaki z pewnością miał wejść w skład systemu był Europejski System Sterowania Pociągiem (ETCS). Komisja Europejska zwróciła się do zarządów kolejowych o opracowanie wymagań dotyczących systemu sterowania. W tym celu Międzynarodowe Zrzeszenie Kolei (UIC) uruchomiło projekt A200 znany jako projekt ETCS. Deklaracja projektu ETCS została podpisana przez europejskie koleje (w tym PKP) w 1992 roku. Przy tej okazji niektóre koleje zadeklarowały gotowość do przeprowadzenia pilotowych wdrożeń systemu ETCS. (PKP zadeklarowały chęć przeprowadzenia pilotowego wdrożenia ETCS na linii E-20 Warszawa-Berlin).

Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym (ERTMS) jest często postrzegany jako równoznaczny z Europejskim Systemem Sterowania Pociągiem (ETCS). Stanowi to uogólnienie, które chociaż posiada korzenie historyczne, technicznie jest niedopuszczalne. W skład systemu ERTMS wchodzi trzy podsystemy: omówiony poniżej ETCS, oraz system transmisji radiowej GSM-R i Europejska Warstwa Zarządzania Pociągami ETML.

#### 1.2. Główne założenia ETCS

ETCS ma uzupełnić a w przyszłości w dużej mierze zastąpić zróżnicowane systemy AKJP (Automatycznej Kontroli Jazdy Pociągu) jednym wspólnym systemem. Tak więc musi być zaakceptowany przez różne europejskie a w przyszłości także być może nieeuropejskie zarządy kolejowe. Oznacza to, że musi spełniać wszystkie funkcje spełniane przez aktualnie stosowane systemy, przy czym niektóre funkcje podstawowe będą obowiązujące dla wszystkich linii wyposażonych w ETCS, a inne będą wykorzystywane w miarę potrzeby. Jednocześnie, ze względów ekonomicznych system ten będzie musiał zapewnić możliwość współpracy z różnorodnymi strukturami zarówno od strony pojazdu jak i od strony infrastruktury. Ponadto system ten ma umożliwić prowadzenie ruchu zgodnie z wymaganiami i przepisami poszczególnych zarządów kolejowych oraz zapewniać bezpieczeństwo na wysokim ekonomicznie uzasadnionym poziomie.

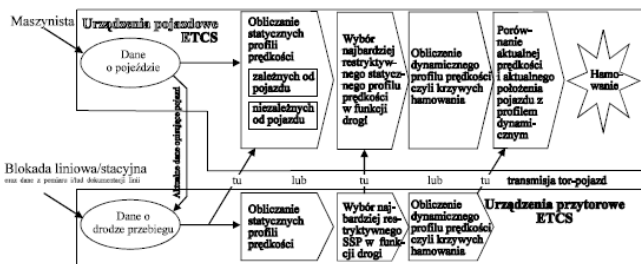
Podstawowe założenia, którymi kierowano się przy opracowaniu systemu ETCS, to m.in.:

- długość odstępów blokowych dla poziomu 1 i 2 – 1500 metrów;
- czas reakcji radiowego centrum sterowania RBC dla poziomu 2 i 3 – 5 sekund;
- długość pociągów do 400 metrów;
- gwarantowane opóźnienie hamowania – 0,6 m/s;
- czas reakcji układu hamulcowego – 6 sekund;
- czas reakcji maszynisty – 5 sekund;

– tolerancja zdolności przepustowej linii – 10 procent.

ETCS oparty jest na cyfrowej transmisji tor-pojazd. Transmisja może być realizowana poprzez balisy, krótkie, średnie bądź długie pętle, cyfrowy kanał radiowy lub specjalizowane moduły transmisyjne. Dane opisujące tor oraz dane opisujące pojazd służą do obliczania statycznych i dynamicznych profili prędkości. Obliczony profil jest ciągle porównywany z aktualną prędkością w funkcji położenia. Konieczna do tego funkcja lokalizacji oparta jest na jednoznacznie rozróżnialnych (poprzez unikalny numer) i precyzyjnie lokalizowanych urządzeniach do transmisji punktowej (balisach lub znacznikach końca pętli).

Funkcje kontroli i nadzoru pracują zawsze według tych samych zasad niezależnie od kanału, którym została odebrana informacja z toru. Podstawowe funkcje spełniane przez urządzenia pojazdowe i przytorowe przedstawione zostały na Rysunku 1.



**Rys. 1.** Podstawowe funkcje realizowane w systemie ERTMS/ETCS [1].

Na powyższym rysunku widać wyraźnie podział na urządzenia przytorowe, transmisję tor-pojazd i urządzenia pojazdowe. Jest to podział występujący zawsze w systemach AKJP opartych o transmisję tor-pojazd. Należy jednak zwrócić uwagę, iż w wypadku systemu ETCS większość funkcji może być realizowana zarówno przez urządzenia przytorowe jak i przez urządzenia pojazdowe.

Każdy pojazd wyposażony w urządzenia ETCS zdolny jest do realizowania wszystkich funkcji pokazanych po stronie oprzyrządowania pojazdowego ETCS na rysunku 1. Używanie bądź nie poszczególnych funkcji zależy od zawartości informacji odebranej z toru czyli od poziomu zastosowania ETCS-u oraz konfiguracji urządzeń przytorowych. Nie oznacza to jednak, że każdy pojazd wyposażony w ETCS zdolny jest do poruszania się po każdej linii wyposażonej w ETCS.

Urządzenia przytorowe są w zależności od poziomu zastosowania i konfiguracji przygotowane do wykonywania tylko określonego zakresu funkcji. Zakres ten określa się projektując wyposażenie linii w ETCS biorąc pod uwagę między innymi potrzeby linii (wyrażane poprzez np. wymaganą przepustowość linii, prędkość linii, wymagany komfort pasażerów) oraz koszty inwestycji i eksploatacji. Projektowanie rozpoczyna się od ustalenia poziomu wyposażenia linii. Następnie określa się konfigurację ETCS-u, a potem wykonuje szczegółowy projekt.

### 1.3. Podstawowe funkcje ETCS

Działanie systemu oparte jest na obliczaniu i kontrolowaniu krzywych hamowania. Wspomniane krzywe zależą od bardzo wielu czynników zależnych zarówno od pojazdu jak i od toru. Projektując system założono, że czynniki te da się rozdzielić na zależne od toru i zależne od pojazdu. Tak więc dane o pojeździe obejmują takie dane jak: masa pojazdu, maksymalne obciążenie pojedynczej osi, maksymalna dopuszczalna prędkość, parametry systemu hamulcowego, itd.

Dane o drodze przebiegu, w przeciwieństwie do danych o pojeździe (które podawane są raz przed rozpoczęciem jazdy

pociągowej), są odbierane przez pojazd podczas całego czasu jazdy. Zmieniają się zarówno w czasie (zależnie od sytuacji ruchowej) jak i w przestrzeni (zależnie od położenia pojazdu). Dane te obejmują przede wszystkim zezwolenie na jazdę na które składa się maksymalna odległość jaką może pokonać pojazd i dopuszczalna prędkość w funkcji odległości od punktu odniesienia. Mówiąc inaczej pojazd informowany jest o tym, że otrzymał zezwolenie na pokonanie  $n_1$  metrów z prędkością  $v_1$ ,  $n_2$  metrów z prędkością  $v_2$ , ..., po czym musi się zatrzymać, jeśli przed osiągnięciem wynikającego z zezwolenia położenia nie otrzyma kolejnego zezwolenia na jazdę.

Razem z zezwoleniem na jazdę, bądź też innym kanałem transmisji pojazd otrzymuje jeszcze inne informacje, które określają czynniki zależne od toru wpływające na liczone przez system krzywe hamowania. Do takich informacji należą np.: profil toru (wzniesienia i spadki), odległości do sąsiednich balis czy informacje o innych kanałach transmisji tor-pojazd.

Na podstawie danych o pojeździe i danych o drodze przebiegu obliczanych jest szereg statycznych profili prędkości. Statyczny profil prędkości to schodkowy wykres dopuszczalnej prędkości w funkcji drogi. Nazwany został statycznym, gdyż skokowa zmiana prędkości (bez zmiany położenia) jest fizycznie niemożliwa.

Do podstawowych funkcji należy jeszcze zaliczyć rejestrację. W systemie ETCS przewiduje się dwa rejestratory. Jeden, określany jako „rejestrator prawny”, podlega pełnej normalizacji na poziomie europejskim. Rejestrator ten ma gromadzić wszelkie dane konieczne do odtworzenia zdarzeń np. przy postępowaniu powypadkowym. Zdefiniowane są zarówno gromadzone dane, format ich przechowywania, jak i interfejs pozwalający na odczytanie tych danych.

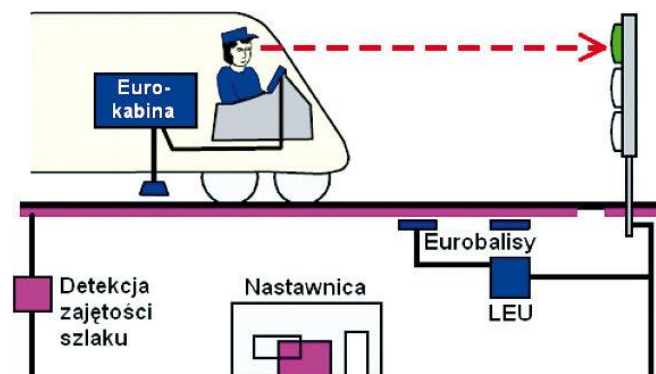
### 1.4. Poziomy systemu ERTMS/ETCS

Wyróżniamy następujące podstawowe poziomy ERTMS/ETCS:

- Poziom 0 lub STM (poziomy pomocnicze);
- Poziom 1;
- Poziom 2;
- Poziom 3.

**Poziom 0** lub **STM** wykorzystywany jest przez pojazdy eksploatowane na liniach niewyposażonych w przytorowe urządzenia ERTMS/ETCS.

**Poziom 1** jest to poziom wykorzystywany do jazdy w obszarze wyposażonym w urządzenia przytorowe systemu ERTMS/ETCS poziomu 1, przez pociągi wyposażone w urządzenia pokładowe systemu ERTMS/ETCS poziomu 1 lub poziomu 2 (Rysunek 2).



**Rys. 2.** Schemat przekazywania danych w ETCS poziom 1 [1].

Poziom 1 jest poziomem wstępnym i zapewnia zabezpieczenie jazdy pociągu. Zapewnia, że pociąg nie przejedzie poza miejsce ograniczające ustawioną i utwierdzoną drogę przebiegu, oraz że nie przekroczy prędkości dopuszczalnej na żadnym odcinku drogi przebiegu.

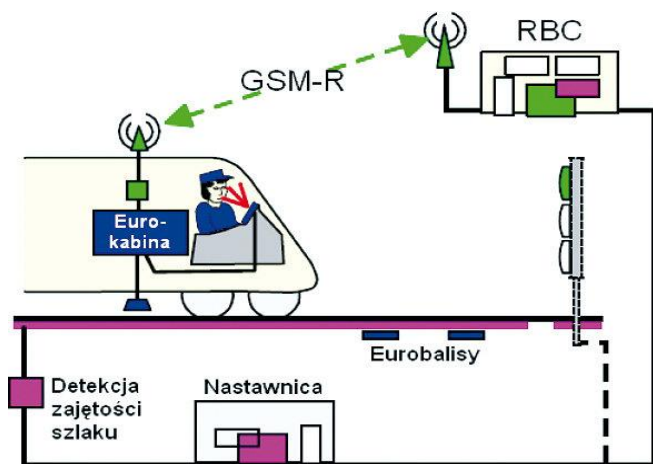
Pojazd wyposażony w urządzenia pierwszego poziomu ETCS posiada: komputer bezpieczny (European Vital Computer – EVC), komputer obsługujący (Maintenance Computer), komputer do współpracy z maszynistą (Man Machine Interface – MMI), rejestrator, jednostkę pomiaru drogi i czasu (odometr), oraz antenę do odbioru informacji z transponderów (balisy) ułożonych w torze. Wszystkie te elementy sprzętowe są połączone za pomocą znormalizowanego łącza zwanego ETCS-bus, do którego można dołączać także inne dodatkowe urządzenia.

Tor wyposażony w urządzenia poziomu 1 posiada balisy przełączalne sterowane przez logikę urządzeń zabezpieczających (blokadę) do przekazywania informacji wyświetlanej na semaforach do kabiny maszynisty. Tor może być dodatkowo wyposażony w pętlę lub radio wykorzystywane do aktualizowania informacji przekazywanej poprzez balisy lub do dwukierunkowej komunikacji tor-pojazd w celu prowadzenia wstępnej obróbki informacji przez urządzenia przytorowe.

Poziom 1 ERTMS może być realizowany bez uaktualniania lub z uaktualnianiem informacji. Konfiguracja bez uaktualniania opiera się na transmisji poprzez balisy zezwoleń na jazdę wydawanych przez sygnalizatory świetlne. Upraszczając nieco można powiedzieć, że do sygnalizatora za pośrednictwem kodera dołączana jest przełączalna eurobalisa, która przekazuje zezwolenie na jazdę zależne od wskazania sygnalizatora do pokładowego urządzenia ETCS, które w oparciu o otrzymane informacje kontroluje, czy maszynista prowadzi pojazd zgodnie ze wskazaniem sygnalizatora. Taka wersja systemu jest tania ale ogranicza przepustowość linii i wymaga od maszynisty znajomości sygnalizacji obowiązującej na danej kolei. Przewiduje się stosowanie jej przede wszystkim dla linii drugorzędnych i słabo obciążonych gdzie nie przewiduje się pociągów międzynarodowych, dużych prędkości i problemów z przepustowością linii.

Poziom 1 z uaktualnianiem można realizować w różnych konfiguracjach sprzętowych, przy czym uaktualnianie może mieć charakter punktowy (np. uaktualnianie poprzez dodatkowe balisy) lub charakter odcinkowy (np. uaktualnianie przez europętlę). Możliwe jest także uaktualnianie informacji poprzez Specyficzny Moduł Transmisyjny do systemu narodowego.

**Poziom 2** jest to poziom wykorzystywany do jazdy w obszarze wyposażonym w urządzenia przytorowe systemu ERTMS/ETCS poziomu 2, przez pociągi wyposażone w urządzenia pokładowe systemu ERTMS/ETCS poziomu 2 z wykorzystaniem systemu ERTMS/GSM-R, jako medium transmisyjnego do przekazywania informacji (wymagane dane) drogą radiową (Rysunek 3).



Rys. 3. Schemat przekazywania danych w ETCS poziomie 2 [1].

Tak więc pojazd poziomu 2 poza oprzyrządowaniem poziomu 1 musi być dodatkowo wyposażony w urządzenia do obsługi cyfrowego kanału radiowego (EURORADIO).

Tor jest wyposażony poza balisami dodatkowo w radiowe centra sterowania (Radio Block Centre – RBC). Jednocześnie z toru można usunąć semafony, gdyż ich funkcje przejmuje ciągła transmisja cyfrowa. Balisy nie muszą już być przełączalne, gdyż informacje zmienne łatwo można przekazywać poprzez kanał radiowy. Nie mogą jednak zostać usunięte, gdyż są podstawą lokalizacji pojazdów.

Konfiguracje poziomu 2 są wyraźnie droższe od poziomu 1 gdyż dochodzą poważne koszty związane z systemem GSM-R. Należy jednak zaznaczyć, że GSM-R byłby wykorzystywany także do innych celów np. do zapewnienia kanałów rozmównych radiolączności pociągowej. Poziom 2 nie ogranicza przepustowości linii i nie wymaga od maszynisty znajomości sygnalizacji obowiązującej na danej kolei. Przewiduje się stosowanie go przede wszystkim dla linii międzynarodowych, linii dużych prędkości i innych linii znaczenia podstawowego.

**Poziom 3** stanowi rozwinięcie poziomu 2 poprzez przeniesienie kontroli zajętości torów z urządzeń przytorowych do urządzeń pojazdowych. Pozwala to na jazdę przy ruchomym odcinku blokowym (niezależnie się od odcinków blokowych) i umożliwia rezygnację z obwodów torowych i liczników osi.

Pojazd poziomu 3 poza oprzyrządowaniem poziomu 2 musi być dodatkowo wyposażony w bezpieczny i niezawodny system kontroli całości składu (Train Integrity Unit).

Głównym wyposażeniem toru pozostają poza balisami radiowe centra sterowania (RBC), chociaż funkcje kontroli zajętości torów realizowane są w nieco odmienny sposób.

Poziom 3 opiera się na radiowej łączności GSM-R do wydawania zezwoleń na jazdę i zastąpieniu konwencjonalnej techniki kontroli zajętości torów poprzez kombinację kontroli położenia pociągów i kontroli ciągłości składów. Daje to możliwość przygotowywania zezwoleń na jazdę w oparciu o zasadę ruchomego odstępu blokowego. Konfiguracja taka daje możliwość maksymalnego wykorzystania przepustowości linii, jednak uniemożliwia prowadzenie ruchu mieszanego rozumianego jako wykorzystywanie linii do jazdy pociągów wyposażonych i niewyposażonych w pokładowe urządzenia ETCS.

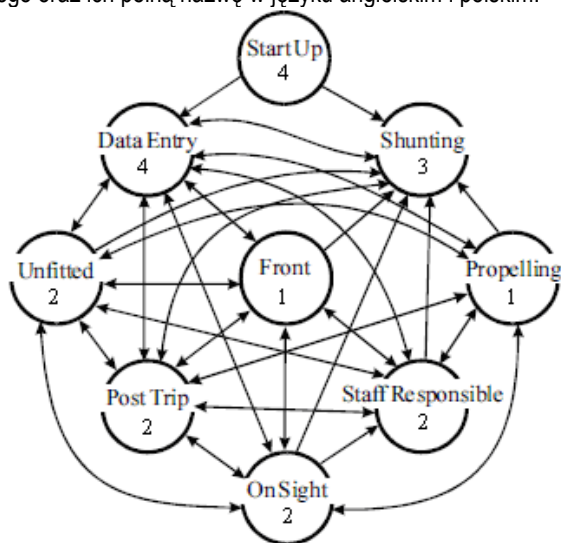
Podsumowując należy wyraźnie rozróżnić poziom urządzeń w torze od poziomu urządzeń na pojeździe. Przykładowo tabor kolejowy wyposażony w urządzenia poziomu trzeciego może poruszać się po liniach wyposażonych w urządzenia do pierwszego, drugiego bądź trzeciego poziomu ETCS, ale pojazd wyposażony tylko w urządzenia pierwszego poziomu ETCS może poruszać się tylko po liniach wyposażonych w urządzenia do pierwszego poziomu ETCS, podczas gdy na linii wyposażonej w drugi lub trzeci poziom ETCS nie będzie mogła się poruszać, gdyż od pierwszej napotkanej balisy odbierze sygnał „STÓJ”.

## 1.5. Tryby pracy pokładowego urządzenia ETCS

ETCS ma umożliwić maszyniście prowadzenie pociągu w różnych sytuacjach ruchowych bez konieczności wyłączania czy izolowania systemu. Musi zatem posiadać umiejętność dostosowania swoich algorytmów pracy do różnych sytuacji np. do manewrowania czy przejazdu obok uszkodzonego semafora. Dla jasnego rozgraniczenia przewidzianych szesnastu trybów pracy pojazdu kolejowego dalszy tekst podzielony jest na opisy dotyczące poszczególnych trybów pracy. Używane w tekście oryginalne nazwy poszczególnych trybów pracy pociągu są wytłuszczone, pochylone i podkreślone. Używane oryginalne nazwy modułów sprzętowych i programowych są wytłuszczone i pochylone.

Na rysunku 4 przedstawiono wybrane tryby pracy pojazdu szynowego ETCS i przejścia pomiędzy nimi natomiast tabela 1 opisuje tłumaczenia poszczególnych trybów pracy zamieszczonych na rysunku 4.

Rysunek 5 przedstawia oznaczenia trybów pracy pojazdu szynowego oraz ich pełną nazwę w języku angielskim i polskim.



**Rys. 4.** Wybrane tryby pracy pojazdu trakcyjnego wyposażonego w ETCS i przejścia między nimi [5]:

- 1) Pełny Nadzór (Full Supervision);
- 2) Niepełny Nadzór (Partial Supervision);
- 3) Manewrowanie (Shunting);
- 4) inni.

**Tab. 1.** Tłumaczenia trybów pracy opisanych na rysunku 4 [5].

Start Up	Rozruch
Data Entry	Wprowadzanie Danych
Shunting	Manewrowanie
Unfitted	Niewyposażony
Front	Ciągnięcie
Propelling	Pchanie
Post Trip	Po wyłączeniu awaryjnym
Staff Responsible	Odpowiedzialność Personelu
On Sight	Na Widoczność

**Tab. 2.** Tryby pracy ETCS „baseline 2” i ich angielskie i polskie nazwy [2].

Ozn. Trybu	Angielska nazwa trybu	Polska nazwa trybu
IS	Isolation	Odlączenie Systemu
NP	No Power	Brak Zasilania Systemu
SF	System Failure	Uszkodzenie Systemu
SL	Sleeping	Uśpienie
SB	Stand By	Gotowość
SH	Shunting	Jazda Manewrowa
FS	Full Supervision	Pełny Nadzór
UN	Unfitted	Linia Niewyposażona
SR	Staff Responsible	Odpowiedzialność Personelu
OS	On Sight	Na Widoczność z ETCS
TR	Trip	Zatrzymanie Przez System
PT	Post Trip	Po Zatrzymaniu Przez System
NL	Non Leading	Podrzędny
SE	STM European	STM Europejski
SN	STM National	STM Krajowy
RV	Reversing	Cofanie

Przejście od jednego trybu pracy do drugiego odbywa się automatycznie (jeśli wynika z informacji posiadanych przez system), lub na żądanie maszynisty. Jeżeli zmiana trybu pracy następuje w kierunku zmniejszania zakresu kontroli ETCS na rzecz maszynisty, to maszynista musi potwierdzić zmianę trybu pod groźbą wdrożenia hamowania.

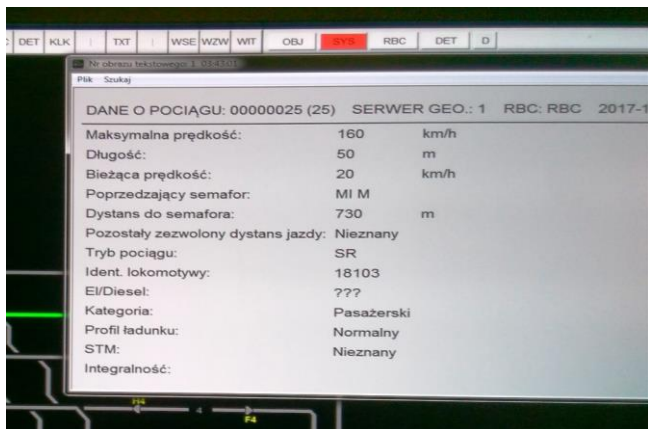
Zmiany trybów pracy są ściśle określone i są kontrolowane przez specjalizowaną funkcję śledzenia zmian trybów (mode transition tracking function). Przykładowo jak widać na Rysunku 4. do trybu Manewrowania (Shunting) można przejść od wielu trybów, ale od Manewrowania do trybów Jazdy z Niepełnym Nadzorem bądź Jazdy z Pełnym Nadzorem systemu można przejść tylko za pośrednictwem trybu Wprowadzania Danych (Data Entry). Wyjątek stanowi tryb Za Sygnałem „Stój” (Post Trip) uruchamiany automatycznie w wypadku przejechania sygnału nie zezwalającego na manewrowanie.

## 2. ORGANIZACJA I PRZEPROWADZENIE TESTÓW WSPÓŁPRACY POKŁADOWEGO ERTMS Z POLSKĄ INFRASTRUKTURĄ

W specyfikacji TSI dla podsystemu „Sterowanie” określono potrzebę wzajemnej weryfikacji zgodności podsystemów „Sterowanie – urządzenia pokładowe” i „Sterowanie – urządzenia przytorowe”. Na tej podstawie w trakcie procesu homologacji, pojazdy wyposażone w urządzenia pokładowe ERTMS/ETCS powinny zostać poddane testom zgodności z urządzeniami przytorowymi ERTMS/ETCS zainstalowanymi na liniach kolejowych posiadających zezwolenie na dopuszczenie do eksploatacji.

Badania pojazdów przeprowadzane są na podstawie scenariuszy operacyjnych opracowanych i wydanych przez Urząd Transportu Kolejowego. Instytut Kolejnictwa posiada właściwe kompetencje oraz doświadczenie niezbędne do przeprowadzenia testów weryfikujących poprawną integrację obu podsystemów. Badania zgodności pojazdów z polską infrastrukturą ERTMS/ETCS odbywają się na eksploatowanej sieci PKP PLK co determinuje szereg uwarunkowań formalnych, które należy dopełnić, aby przedmiotowe sprawdzenia mogły się odbyć. Procedurę rozpoczyna się od wyspecyfikowania konkretnego odcinka testowego spełniającego kryteria scenariuszy operacyjnych, a następnie przeprowadza się ocenę ryzyka technicznego oraz operacyjnego dla badanego pojazdu, gdzie uwzględnia się wszystkie parametry mające wpływ na przebieg testów. Następnie w porozumieniu ze wszystkimi stronami zaangażowanymi w badania konkretnego taboru tworzony jest tymczasowy regulamin prowadzenia jazd na podstawie, którego wprowadza się ściśle sprezyzowane zamknięcia torowe.

Przeprowadzenie powyższych etapów umożliwia rozpoczęcie testów weryfikujących poprawność integracji podsystemu „Sterowanie – urządzenia pokładowe” z podsystemem „Sterowanie – urządzenia przytorowe”. Sprawdzenia opierają się na wygenerowaniu sekwencji zdarzeń mających doprowadzić do oczekiwanych skutków. Zespół badawczy we współpracy z maszynistą, dyżurnymi ruchu oraz monterami aranżuje sytuacje ruchowe w oparciu o scenariusze operacyjne UTK. Przebieg testów rejestrowany jest za pomocą kamer cyfrowych umieszczonych w kabinach badanego pojazdu oraz w przypadku badań ERTMS/ETCS L2 w radiowym centrum sterowania.



Rys. 6. Monitor zobrazowania dyżurnego ruchu na RBC [11].

Jako przykład badanego scenariusz można podać np. skrócenie zezwolenia na jazdę dla pojazdu poruszającego się w trybie pełnego nadzoru FS. Sekwencja rozpoczyna się od dyżurnego ruchu, który zmienia wskazanie sygnalizatora na jednym z sygnalizatorów z ważnym zezwoleniem na jazdę. Konsekwencją tego działania jest wysłanie przez radiowe centrum sterowania nowego skróconego zezwolenia na jazdę, co w rezultacie wymusza dostosowanie prędkości pociągu do nowych parametrów jazdy, a w skrajnych przypadkach możliwe jest nawet wdrożenie hamowania nagłego.

Po przeprowadzeniu wszystkich wymaganych sprawdzeń analizowane są zapisy z rejestratora prawnego, zainstalowanego na pojeździe, w celu niezależnej weryfikacji otrzymanych wyników. W przypadku pozytywnej oceny uznaje się, że badany pojazd, wyposażony w pokładowe urządzenia ERTMS/ETCS w powiązaniu z TCU (ang. Train Control Unit), poprawnie współpracuje z polską infrastrukturą przystorową ERTMS/ETCS.



Rys.7. Monitor zobrazowania maszynisty DMI [11].

## PODSUMOWANIE

Instytut Kolejnictwa przebadał ponad 15 typów pojazdów szynowych (elektryczne oraz spalinowe zespoły trakcyjne oraz lokomotywy). Niejednokrotnie testy umożliwiły wykrycie błędów oraz przyczyniły się do wprowadzenia korekt w pokładowych instalacjach ERTMS/ETCS (wskazania DMI, błędy związane z interpretacją sygnałów itd.). Badania współpracy pokładowego ERTMS/ETCS

z przystorowymi instalacjami ERTMS/ETCS w oparciu o scenariusze operacyjne są istotnym elementem w procesie homologacji pojazdów, gdyż stanowią ostateczne sprawdzenie poprawności integracji obu podsystemów przed przekazaniem pojazdu do eksploatacji.

## BIBLIOGRAFIA

1. Pawlik M., *Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym*, KOW, Warszawa 2015 r.
2. Gradowski P., *Scenariusz operacyjny – nowa forma dokumentacji technicznej dla systemów zapewniających interoperacyjność*, Problemy Kolejnictwa – Zeszyt 161, Instytut Kolejnictwa 2013 r.
3. Dyduch J., Pawlik M., *Systemy Automatycznej Kontroli Jazdy Pociągu*, Politechnika Radomska 2011 r.
4. *Leksykon Terminów Kolejowych*, KOW, Wydanie pierwsze, Warszawa 2011 r.
5. Białoń A., Gradowski P., Toruń A., *Nowoczesny System Zarządzania Ruchem Kolejowym*, Problemy Kolejnictwa – Zeszyt 148, Instytut Kolejnictwa 2009 r.
6. Bergiel K., Karbowski H., *Automatyzacja Prowadzenia Pociągu*, Politechnika Łódzka 2005 r.
7. *Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/919 z dnia 27 maja 2016 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej*.
8. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 21 kwietnia 2017 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei*.
9. *Krajowy plan wdrażania Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie”*, Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa RP, Warszawa, czerwiec 2017 r.
10. *„Badania współpracy urządzeń pokładowych z urządzeniami przystorowymi systemu ERTMS/ETCS poziomu 2”*, Praca Instytutu Kolejnictwa nr 10/5777.02/21, Warszawa 2017 r.
11. *Zbiory własne*.

### Verification of proper integration between onboard ERTMS/ETCS system with polish railway infrastructure.

*Paper discussed the issues of achieving mutual compatibility between Control-Command and Signalling On-board and Trainside Subsystems. Particular attention was paid to tests performed for ERTMS/ETCS onboard units.*

Autorzy:

mgr inż. **Dominik Adamski** – Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki, dadamski@ikolej.pl.

mgr inż. **Krzysztof Ortel** – Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki, kortel@ikolej.pl.

JEL: L96 DOI: 10.24136/atest.2018.088

Data zgłoszenia: 2018.05.22 Data akceptacji: 2018.06.15