

# Testy integracji pokładowych podsystemów ETCS na podstawie wymagań zawartych w Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności podsystemu „Sterowanie”

Dominik ADAMSKI<sup>1</sup>, Łukasz ZAWADKA<sup>2</sup>

## Streszczenie

Osiągnięcie interoperacyjności europejskiego systemu kolei w każdym państwie członkowskim wymaga przedsięwzięcia wielu środków w celu ujednoczenia rozwiązań technicznych oraz przepisów. Istnieje jednak możliwość wystąpienia pewnych niezgodności pomiędzy poszczególnymi podsystemami, pomimo ich opracowania zgodnie z obowiązującymi zunifikowanymi wymaganiami. Możliwa jest również sytuacja, w której interoperacyjny tabor nie będzie mógł swobodnie poruszać się po interoperacyjnej linii kolejowej z powodu pewnych niezgodności i różnic w wersjach zainstalowanego oprogramowania sprzętowego w urządzeniach systemu ETCS. W artykule przedstawiono zagadnienia badania zgodności prawidłowej integracji podsystemu pokładowego z podsystemem przytorowym, które są wykonywane przez Instytut Kolejnictwa.

**Słowa kluczowe:** interoperacyjność, sterowanie, ERTMS, ETCS, TSI, CCO

## 1. Wstęp

Systemy kolejowe w poszczególnych państwach członkowskich Unii Europejskiej były rozwijane niezależnie od siebie i przy zastosowaniu zróżnicowanych rozwiązań technicznych. Mnogość systemów sterowania, zasilania, sygnalizacji itd., uniemożliwiała swobodny przepływ osób oraz towarów przez państwa członkowskie. Mając na względzie powstałe tym samym bariery techniczne, opracowano tzw. Białą Księgę czyli „Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu”, gdzie za kluczowe w kwestii transportu kolejowego uznano standaryzację wymagań technicznych. Kluczową ideą było doprowadzenie do sytuacji, w której pociągi będą mogły swobodnie przekraczać granice państw europejskich bez zatrzymania. Do osiągnięcia tego założenia konieczne jest osiągnięcie interoperacyjności systemu kolei europejskiej, co w konsekwencji doprowadzi do stworzenia jednolitego europejskiego obszaru kolejowego. W związku z tym, system kolejowy podzielono na podsystemy strukturalne [2]:

- infrastruktura,

- energia,
  - sterowanie i tabor
- oraz podsystemy funkcjonalne:
- utrzymanie,
  - ruch kolejowy
  - aplikacje telematyczne dla przewozów pasażerskich i dla przewozów towarowych.

Podział ten umożliwił opracowanie dla poszczególnych podsystemów Technicznych Specyfikacji Interoperacyjności (TSI), wymagań które muszą być spełnione w celu osiągnięcia pełnej harmonizacji technicznej kolei. Poszczególne TSI posiadają tożsamą strukturę, gdzie opisuje się wymagania zasadnicze, parametry podstawowe, interfejsy z innymi podsystemami, zakres niezbędnych sprawdzeń i kontroli do uzyskania certyfikatów weryfikacji WE.

W artykule opisano zagadnienia związane z podsystemem strukturalnym sterowanie, wdrożonym rozporządzeniem Komisji (UE) nr 2016/919 [1] wraz z późniejszymi zmianami w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej, zwanego dalej „TSI CCS” (ang. *Control-Command and Signalling*).

<sup>1</sup> Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki; e-mail: dadamski@ikolej.pl.

<sup>2</sup> Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki; e-mail: lzawadka@ikolej.pl.

## 2. Struktura podsystemu sterowanie

Na podstawie dyrektywy Komisji (UE) 2016/797 [2], podsystem sterowanie jest podzielony na: „podsystem sterowanie – urządzenia pokładowe” i „podsystem sterowanie – urządzenia przytorowe”. W dyrektywie podsystemy te zdefiniowano następująco: (...) *wszelkie pokładowe urządzenia niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa oraz sterowania ruchem pociągów na sieci (...) oraz (...) wszelkie przytorowe urządzenia niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa oraz sterowania ruchem pociągów na sieci.*

Jak wynika z przytoczonych definicji, oba podsystemy stanowią niezależne przedmioty oceny przy ich weryfikacji przez jednostki notyfikowane. Istotny jest również fakt, iż poza wymienionymi warstwami nadrzędnymi podsystemu sterowanie, wyróżnia się jeszcze tzw. warstwę podstawową. Składają się na nią urządzenia kontroli niezajętości torów, rozjazdów, urządzenia stacyjne i liniowe. Wymagania dla warstwy podstawowej określają przepisy krajowe [7] i jest to uwarunkowane zróżnicowaniem przepisów ruchowych oraz zastosowanych rozwiązań technicznych w poszczególnych państwach członkowskich. Potwierdzeniem spełnienia przez podsystem wymagań TSI jest otrzymanie certyfikatu weryfikacji WE, który po przeprowadzeniu niezbędnych sprawdzeń i kontroli wystawia uprawniony organ [10].

## 3. System ERTMS

Niezależnie od rozpatrywanego przypadku, interoperacyjne pojazdy kolejowe oraz interoperacyjne linie kolejowe wyposaża się w Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym (ang. *European Rail Traffic Management System*, ERTMS), który zaprojektowano tak, aby spełniał wymagania TSI sterowanie, niezależnie od tego gdzie zostanie on zaimplementowany.

System ERTMS klasyfikuje się do tzw. systemów klasy A i dzieli się na Europejski System Prowadzenia Pociągu (ang. *European Train Control System*, ETCS) oraz system łączności GSM-R (ang. *Global System for Mobile Communications-Railways*). Działanie systemu ETCS jest oparte na obliczaniu i kontrolowaniu krzywych hamowania [5, 6]. Wspomniane krzywe zależą od bardzo wielu czynników zależnych zarówno od pojazdu, jak i od toru. Projektując system założono, że te czynniki da się rozdzielić na zależne od toru i zależne od pojazdu. Tak więc dane o pojeździe obejmują takie informacje, 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 są podawane jeden 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). Obejmują one przede wszystkim zezwolenie na jazdę, na które składa się maksymalna odległość jaką może pokonać pojazd i dopuszczalna prędkość w funkcji odległości od punktu odniesienia. 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.

ETCS oparty jest na cyfrowej transmisji tor – pojazd. Transmisja może być realizowana przez 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 jest oparta na jednoznacznie rozróżnialnych (przez unikalny numer) i precyzyjnie lokalizowanych urządzeniach do transmisji punktowej (balisach lub znacznikach końca pętli).

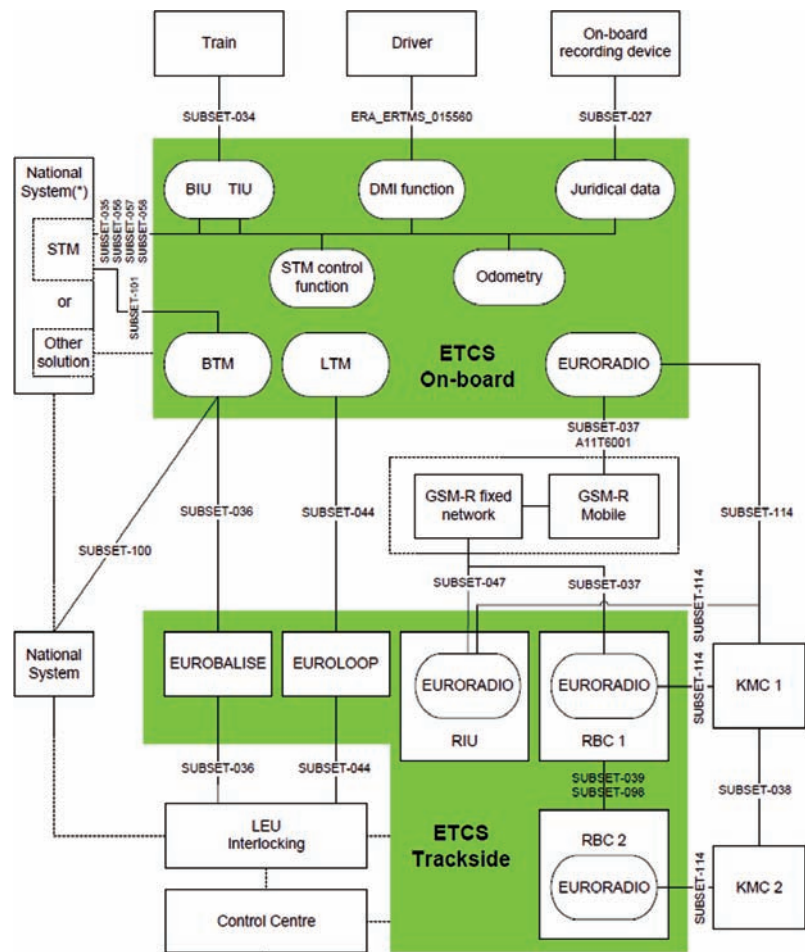
System GSM-R może być implementowany w dwóch wersjach (baseline 0 oraz baseline 1). Funkcje kontroli i nadzoru pracują zawsze według tych samych zasad niezależnie od kanału, którym została odebrana informacja z toru. Na rysunku 1 przedstawiono strukturę systemu ERTMS/ETCS wraz z interfejsami, na której można zauważyć wyraźny podział na urządzenia przytorowe, transmisję tor – pojazd i urządzenia pojazdowe.

Systemy ETCS [6] zarówno w odmianie pokładowej, jak również przytorowej występują w 3 poziomach a ponad to, w zależności od spełnianych wymagań również w kilku wzorcach. System GSM-R może być implementowany w dwóch wersjach (baseline 0 oraz baseline 1).

## 4. Zróżnicowanie wersji systemu

W zależności od konkretnego projektu, zarówno urządzenia pokładowe, jak również przytorowe najczęściej są dostarczane przez różnych producentów. Dodatkowo poszczególne konfiguracje sprzętowe mogą się od siebie różnić wersjami oprogramowania, wersją składnika interoperacyjności lub zastosowanymi podzespołami, ponieważ dany producent w swojej ofercie klienta może dopuszczać np. zastosowanie 4 typów modemów lub 5 typów czujników urządzeń odometrycznych.

Istotnym aspektem jest także współpraca producenta taboru z dostawcami urządzeń pokładowych



Rys. 1. Struktura systemu ERTMS/ETCS wraz z interfejsami [4]

w szczególności przy pracach nad konfiguracją parametrów systemu ETCS, która będzie optymalna dla konkretnego typu pojazdu [9]. Tym samym system ETCS musi zostać właściwie zaimplementowany tak, aby poprawnie komunikował się z systemami pociągu i z nimi współpracował. Implementacje przytorowe ETCS również podlegają podobnym uwarunkowaniom. Pojawiają się wyzwania związane z powiązaniem Radiowego Centrum Sterowania (RBC) z nastawnicami (warstwą podstawową) czy z sąsiednim RBC, zwłaszcza gdy jest ono wyprodukowane przez innego producenta.

Pomimo wprowadzenia standaryzacji i unifikacji wymagań względem podsystemu sterowanie, wiele zagadnień wciąż wymaga doprecyzowania. Testy wykonywane w laboratoriach, w symulowanych warunkach oraz testy uruchomieniowe producentów podsystemów pokładowych, nie dają wystarczającej informacji dotyczącej poprawnej integracji urządzeń pokładowych podsystemu sterowanie z urządzeniami przytorowymi i innymi podsystemami. Zagadnienie to zostało wyartykułowane już na samym wstępie TSI 2016/919 [1] gdzie zapisano: (...) *Nawet pozytywny proces certyfikacji nie zawsze może zapobiec sytuacji,*

*w której, w określonych warunkach, podczas interakcji podsystemu „Sterowanie – urządzenia pokładowe” z podsystemem „Sterowanie – urządzenia przytorowe” jeden z podsystemów wielokrotnie nie zadziała lub zadziała niezgodnie z przeznaczeniem. Może to wynikać z braków w specyfikacjach, rozbieżnych interpretacji, błędów projektu lub nieprawidłowej instalacji urządzeń. Należy wprowadzić bardziej skoordynowany sposób prowadzenia badań zgodności, aby pomóc operatorom w podjęciu właściwych decyzji (...).* W tabeli 6.2 TSI „Sterowanie” [1] aspekt oceny integracji podsystemu „Sterowanie – urządzenia pokładowe” z podsystemami „Sterowanie – urządzenia przytorowe i innymi podsystemami jednoznacznie wskazuje na potrzebę przeprowadzenia prób w warunkach odpowiadających zamierzonej eksploatacji, których wynikiem są sprawozdania z przejazdów badawczych.

## 5. Scenariusze testów operacyjnych

W związku z zaistniałą sytuacją zauważono potrzebę weryfikacji poprawnej integracji obu podsystemów w warunkach eksploatacyjnych i zobligowano

poszczególne państwa członkowskie UE do opracowania scenariuszy testów operacyjnych [8]. Zgodnie z zapisami pkt 6.1.2.2. TSI [1] „scenariusz testów operacyjnych” oznacza serię zdarzeń przytorowych i pokładowych związanych z podsystemami „Sterowanie” lub mających na nie wpływ oraz określony czas między nimi, służące zbadaniu zakładanego sposobu działania systemu kolei w sytuacjach istotnych z punktu widzenia systemu ETCS i GSM-R. Scenariusze testów operacyjnych opierają się na założeniach projektowych przyjętych dla danego projektu.

Aktualnie w każdym państwie członkowskim wykorzystywane są scenariusze opracowane przez te kraje. W Polsce, organem który zdefiniował scenariusze testów był Urząd Transportu Kolejowego. Zostały one opublikowane w formie tabel opisujących poszczególne przypadki testowe wraz z ewentualnymi działaniami maszynisty, oczekiwaną reakcją systemu i z zachowaniem badanego pojazdu. Przykład scenariusza testowego przedstawiono na rysunku 2.

Każdy pojazd podlegający weryfikacji WE, niezależnie od wybranego modułu oceny opisanego w Decyzji Komisji 2010/713/UE [3], musi przejść badania poprawnej integracji z podsystemem sterowania urządzeniami przytorowe. Badania takie muszą być przeprowadzone przez podmiot mający odpowiednie kompetencje i kwalifikacje. Najczęściej jest to Jednostka Notyfikowana (NoBo) lub współpracująca z nią Jednostka Upoważniona (DeBo). Instytut Kolejnictwa przeprowadza badania zgodności podsystemów pokładowych z przytorowymi zarówno jako NoBo, jak również jako DeBo w zależności od pełnionej funkcji w danym procesie weryfikacji WE.

## 6. Testy poprawnej integracji podsystemów

### 6.1. Poligony testowe

Testy poprawnej integracji podsystemów przedstawiono na podstawie wiedzy i doświadczenia zdobytych przez pracowników Instytutu Kolejnictwa, podczas ich wykonywania na polskiej infrastrukturze przytorowej ERTMS. Zasadniczą kwestią, którą należy podjąć podczas organizacji testów jest wybór poligonów testowych w zależności od weryfikowanych poziomów systemu. Od 2016 roku, Okrąg Doświadczalny Instytutu Kolejnictwa wyposażono w instalację systemu ETCS poziomu 1 typu ALTRAC 6413, o strukturze scentralizowanej (kodery zabudowane w jednym pomieszczeniu – kontenerze). System ten jest zgodny ze Specyfikacją Wymagań Funkcjonalnych ERA/ERTMS/003204 ERTMS/ETCS FRS wersja 5.0 i Specyfikacją Wymagań Systemowych UNISIG SUBSET-026 wersja 2.3.0d [4]. Zasadniczymi urządzeniami systemu ETCS poziomu 1 na poligonie badawczym są: eurobalisy przełączalne i nieprzełączalne, kodery LEU oraz symulator sygnałów typu ETCS-L1\_IK.

W przypadku testów poziomu 2 ETCS konieczne jest przeprowadzenie ich na linii należącej do zarządcy infrastruktury PKP PLK, co determinuje wiele uwarunkowań formalnych, które należy dopełnić, aby przeprowadzić przedmiotowe sprawdzenia. Procedurę rozpoczyna się od wyszczególnienia konkretnego odcinka testowego, spełniającego kryteria scenariuszy operacyjnych, a następnie przeprowadza się ocenę ryzyka technicznego oraz operacyjnego dla badanego pojazdu, gdzie uwzględnia się wszystkie parametry

Lp.	Stan początkowy	Podjęte działanie	Oczekiwana reakcja
1.	Pojazd jedzie po linii kolejowej poza obszarem GSM-R i ETCS L2, urządzenia pokładowe uruchomione z wybranym poziomem 0 lub STM SHP	Przejazd nad grupą balis anonsujących wjazd do obszaru GSM-R	Ustanowienie połączenia urządzeń pokładowych systemu ETCS z właściwą siecią radiową
2.	Pojazd jedzie po linii kolejowej w obszarze GSM-R i poza obszarem ETCS L2, urządzenia pokładowe uruchomione z wybranym poziomem 0 lub STM SHP	Przejazd nad grupą balis ustanawiających komunikację z RBC.	Ustanowienie połączenia komunikacyjnego urządzeń pokładowych systemu ETCS z RBC, przekazane przez pociąg danych pociągowych, odebranie przez pociąg parametrów dla raportów oraz otrzymanie zmiennych narodowych i ich potwierdzenie
3.	Pojazd jedzie po linii kolejowej w obszarze GSM-R i poza obszarem ETCS L2, po usunięciu grupy balis anonsujących wjazd do obszaru ETCS L2	Przejazd nad grupą balis wjazdowych do obszaru ETCS L2. Sygnał na semaforze powiązanych z tą grupą balis – zezwalający	Przekazanie przez pociąg raportu o pozycji, otrzymanie zezwolenia na jazdę, zmiana poziomu ETCS w urządzeniach pokładowych na poziom 2, tryb pracy FS, ograniczenie prędkości zgodnie z profilem prędkości dla pojazdu i linii, przesłanie informacji o zmianie parametrów pociągu

Rys. 2. Przykład scenariusza testowego; opracowanie własne na podstawie [7]

mające wpływ na przebieg testów. Następnie w porównieniu ze wszystkimi stronami zaangażowanymi w badania konkretnego taboru, tworzony jest tymczasowy regulamin prowadzenia jazd, na podstawie którego wprowadza się ściśle sprecyzowane zamknięcia torowe. Badania poprawnej integracji prowadzi się obecnie na linii E-30, Legnica Wsch. – Miłkowice – Chojnów wraz z przyległymi szlakami.

## 6.2. Charakterystyka poligonu testowego dla poziomu 2 ETCS

Stacja Legnica Wsch. jest wyposażona w urządzenia srk typu E. Na stacjach Miłkowice i Chojnów zainstalowany jest komputerowy system zależnościowy EBILock950 wersji 4. Na szlaku Legnica Wsch. – Miłkowice ruch prowadzony jest za pomocą półsamoczynnej blokady liniowej, natomiast na szlaku Miłkowice – Chojnów zainstalowana jest samoczynna blokada liniowa typ SHL-12. Aparatura sbl typu SHL-12 przesyła bezpieczne informacje o stanie odcinków torowych z każdego odstępu blokowego do systemów zależnościowych EBILock 950 sąsiednich stacji.

W obszarze poligonu znajdują się przejazdy kategorii A, E i B. Przejazdy kategorii A i E są zlokalizowane w obrębie posterunku ruchu i są wyposażone w urządzenia przejazdowe SPR-2. Kontrola stanu sygnalizacji urządzeń tych przejazdów odbywa się w sposób ciągły przez uzależnienie ich stanu w drodze przebiegu pociągowego. Przejazdy kategorii B na szlaku Miłkowice – Chojnów są wyposażone w urządzenia SPA-4. Kontrola urządzeń przejazdowych odbywa się przez ich powiązanie z koderem LEU oraz balisami przełączalnymi i nieprzełączalnymi zainstalowanymi w torze.

Nadrzędnym systemem, stosowanym do sterowania systemem zależnościowym EBILock 950 wersji 4, jest system zdalnego / miejscowego sterowania EBIScreen 3, za pomocą którego dyżurni odcinkowi z LCS Bolesławiec sterują ruchem m.in. na stacjach Miłkowice i Chojnów.

Zasadniczą część infrastruktury ETCS poziomu 2 stanowią urządzenia Centrum Sterowania Radiowego (RBC) o nazwie handlowej EBICom2000, które są integralną częścią kompletnego systemu sterowania INTERFLO 450. Urządzenia RBC składają się z dwóch części: modułu przetwarzająco-wykonawczego (RBU) oraz serwera ISDN obsługującego transmisję radiową. Środowisko RBC posiada zewnętrzne połączenia do: systemu zależnościowego, panelu operatora (CMI) i sieci GSM-R. Zadaniem RBC jest nadzorowanie ruchu pojazdów trakcyjnych wyposażonych w urządzenia pokładowe ETCS poziomu 2. Nadzorowanie polega na wysyłaniu do pojazdu telegramów drogą radiową z zezwoleniem na jazdę (dystans, dozwolone prędkości, tymczasowe ograniczenia prędkości, nakaz hamowania awaryjnego itp.)

oraz odbieranie z pojazdu drogą radiową informacji o położeniu pojazdu.

Balisy są elementem urządzeń przytorowych systemu ETCS poziomu 2, są instalowane w torze i mają za zadanie generować dane w postaci telegramów do urządzeń pokładowych systemu ETCS. Balisy w systemie ETCS poziomu 2 spełniają głównie funkcję pozycjonowania pociągu. Przejeżdżając nad balisą, pociąg wyposażony w urządzenia pokładowe ETCS odczytuje dane identyfikacyjne balisy i przesyła je do centrum sterowania radiowego. RBC ma informacje o identyfikatorze lokalizacji oraz orientacji balis (kolejność balis w grupie) i na tej podstawie ustala lokalizację i kierunek jazdy. Balisy wykorzystywane są do kalibracji urządzeń odpowiedzialnych za pomiar drogi (odometr). Poligon wybrany do badań otrzymał w marcu 2016 r. od narodowego organu bezpieczeństwa (UTK) zezwolenie na eksploatację podsystemu strukturalnego: sterowanie – urządzenia przytorowe w zakresie systemu ERTMS/ETCS poziomu 2 (wraz z interfejsami do urządzeń sterowania ruchem kolejowym oraz systemem ERTMS/GSM-R). Zabudowane urządzenia są zgodne ze specyfikacjami UNISIG, w tym ze Specyfikacją Wymagań Systemowych Subset 026 wersja 2.3.0 oraz Subset 108 wersja 1.2.0 według Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności dla podsystemu Sterowanie Ruchem Kolejowym (Decyzja 2006/679/WE z późn. zm.).

## 7. Badania i wyniki

Testy poprawnej integracji badanego pojazdu z infrastrukturą przytorową są przeprowadzane na podstawie scenariuszy operacyjnych UTK, jak również zbioru dodatkowych sprawdzeń opracowanych przez Instytut Kolejnictwa. Polegają ona na wykonaniu jazd testowych pociągami w ustalonych warunkach w celu uzyskania określonego oczekiwanego rezultatu. Szczególną uwagę należy zwrócić na integrację systemu ETCS z systemem klasy B, gdyż stanowi ona zakres specyficznej aplikacji dla danego podsystemu pojazdu w danym państwie. Podczas testów sprawdza się poprawność tranzyjacji wykonywanych przez pojazd pomiędzy poziomami i trybami pracy, reakcję na zmianę długości zezwolenia na jazdę *Movement Authority* (MA), kontrolę prędkości oraz reakcję na wystąpienie usterki poszczególnych podzespołów. Wszystkie próby są rejestrowane za pomocą cyfrowych kamer wideo. Nagrywane są wszystkie wskazania na monitorze zobrazowania maszynisty DMI (*Driver-Machine Interface*, rysunek 3), jak również wskazania sygnalizatorów świetlnych z drugiej kamery. W przypadku testów poziomu 2, przedstawiciel Instytutu Kolejnictwa prowadzi dodatkowe obserwacje z poziomu panelu operatorskiego RBC (rys. 4).



zezwoleń do eksploatacji. Wykryte błędy i nieprawidłowości mogą zostać wyeliminowane przez wprowadzenie zmian w pojeździe przed wystawieniem certyfikatu weryfikacji WE.

Każdy producent urządzeń pokładowych ETCS charakteryzuje się indywidualnym podejściem do sposobu, w jaki realizuje wymagania zawarte w subsektach i TSI, co w końcowym rezultacie może wymagać wdrożenia dodatkowych działań mających na celu zapewnienie pełnej kompatybilności podsystemów.

## Literatura

1. 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 z późniejszymi zmianami.
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej.
3. Decyzja Komisji 2010/713/UE z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie modułów procedur oceny zgodności, przydatności do stosowania i weryfikacji WE stosowanych w technicznych specyfikacjach interoperacyjności przyjętych na mocy dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE.
4. System Requirements Specification UNISIG SUBSET-026 wersja 2.3.0d.
5. System Requirements Specification UNISIG SUBSET-026 wersja 3.4.0.
6. System Requirements Specification UNISIG SUBSET-104 wersja 3.3.0.
7. Lista Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego w sprawie właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwia spełnienie zasadniczych wymagań dotyczących systemu kolei.
8. Adamski D., Ortel K.: *Problematyka współpracy pokładowego systemu ERTMS/ETCS z polską infrastrukturą*, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, nr 6 2018.
9. Pawlik M.: *Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym, przegląd funkcji i rozwiązań technicznych – od idei do wdrożeń i eksploatacji*, Warszawa, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, 2015.
10. Zawadka Ł., Adamski D.: *Wybrane aspekty weryfikacji podsystemu „Sterowanie – urządzenia pokładowe”*, Problemy Kolejnictwa, 2020, z. 187.