

Funkcjonowanie podsystemów strukturalnych systemu kolei na przykładzie prac realizowanych w podsystemie sterowanie

The functioning of the structural subsystems of the railway system on the example of work carried out in the control command and signaling subsystem



Paweł Gradowski

Mgr inż.

Instytut Kolejnictwa
Zakład Sterowania Ruchem i
Teleinformatyki

pgradowski@ikolej.pl
ORCID: 0000-0002-3199-4779

Streszczenie: W transporcie kolejowym jak w każdej dziedzinie życia zauważalny jest dynamiczny rozwój technologiczny. Takie zmiany dostrzegane są również w obszarach podsystemów strukturalnych, w tym podsystemie sterowanie. Z biegiem lat rozwijane są nowe rozwiązania techniczne urządzeń sterowania ruchem kolejowym w odniesieniu do części urządzeń przytorowych jak również w części urządzeń pokładowych. Aby rozwój był spójny i zachodziła synergia rozwoju, konieczna jest ich ciągła i dobra współpraca. Takie prawidłowe współdziałanie przez kolejne lata próbuje się zdefiniować w między innymi w technicznych specyfikacjach interoperacyjności sterowanie. Bazując na doświadczeniach funkcjonowania systemu ERTMS na rynku, niniejszy artykuł wskazuje na konieczność uwzględniania, poprzez wzajemne oddziaływanie podsystemów, współpracy systemów sterowania ruchem kolejowym w innych obszarach systemu kolei.

Słowa kluczowe: Urządzenia przytorowe; Urządzenia pokładowe; Podsystem; Sterowanie; ERTMS

Abstract: Rail transport, as in every area of life, is experiencing dynamic technological development. Such changes are also observed in structural subsystems, including the control-command and signaling subsystem. Over the years, new technical solutions for control-command and signaling devices have been developed, both for trackside and on-board equipment. To ensure coherent development and achieve synergy, their continuous and effective cooperation is essential. Such proper cooperation is being defined over the coming years, among other things, in the technical specifications for control interoperability. Based on the experience of ERTMS operation in the market, this article demonstrates the need to consider the cooperation of control-command and signaling systems in other areas of the railway system through the interaction of subsystems.

Keywords: Trackside CCS; On-board CCS; CCS; ERTMS

Wstęp

System kolei swoim zakresem obejmuje wyróżnione cechy funkcjonalne i techniczne sieci kolejowej oraz pojazdów kolejowych przeznaczonych do ruchu po tej sieci. Zgodnie z obowiązującymi regulacjami prawnymi system kolei dzieli się na dwa podsystemy [12]. Pierwszy z podsystemów strukturalny definiuje obszary obejmujące:

- infrastrukturę, uwzględniającą: tory, rozjazdy, obiekty inżynierskie, w tym mosty, tunele, przepusty, infrastrukturę towarzyszącą na stacjach, w tym perony i strefy dostępu z uwzględnieniem potrzeb osób o ograniczonej zdol-

ności poruszania się oraz urządzenia bezpieczeństwa i urządzenia ochronne,

- energię, uwzględniającą: system zasilania w energię elektryczną, w tym linie napowietrzne i znajdujące się na pokładzie pojazdu kolejowego część urządzeń służących do mierzenia zużycia energii elektrycznej,
- sterowanie, uwzględniające: urządzenia niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa oraz sterowania ruchem pociągów na sieci kolejowej, wraz z urządzeniami do zapewnienia komunikacji i oprogramowaniem urządzeń sterowania w części urządzenia przytorowe oraz urządzenia pokładowe,

- tabor, uwzględniający: strukturę pojazdu kolejowego, systemy sterowania wyposażeniem pociągów wraz z oprogramowaniem, odbieraki prądu, elementy trakcyjne i przetwarzania energii, elementy hamowania, sprzęgi i urządzenia biegowe, w tym wózki, osie oraz zawieszenia, a także drzwi, interfejsy między pojazdem kolejowym a człowiekiem, w tym drużyną trakcyjną, personelem pokładowym i pasażerami, z uwzględnieniem potrzeb osób o ograniczonej zdolności poruszania się, oraz również pasywne i aktywne urządzenia bezpieczeństwa a także wyposażenie medyczne pierwszej pomocy.

Drugim z podsystemów opisującym system kolei jest podsystem funkcjonalny definiujący obszary:

- ruchu kolejowy, uwzględniający: procedury i związane z nimi urządzenia umożliwiające spójne funkcjonowanie różnych podsystemów strukturalnych, w tym przygotowanie składu i prowadzenie pociągu, planowanie a także zarządzanie ruchem oraz wymagane kwalifikacje zawodowe,
- utrzymanie, uwzględniający: procedury, urządzenia towarzyszące, terminale, centra logistyczne dla prac związanych z utrzymaniem oraz rezerwy umożliwiające obowiązkowe utrzymanie korygujące i prewencyjne celem zapewnienia interoperacyjności systemu kolei oraz wymaganej wydajności;
- aplikacje telematyczne, obejmujące i uwzględniające dwa obszary techniczne, tj.:
 - przewozy pasażerskie, w tym: systemy informowania pasażerów przed i w czasie podróży, systemy rezerwacji i płatności, zarządzanie bagażem oraz zarządzanie połączeniami między pociągami oraz z innymi środkami transportu, wraz z oprogramowaniem systemów informatycznych i komunikacyjnych,
 - przewozy towarowe, w tym: systemy informowania (monitorowanie ładunków pociągów w czasie rzeczywistym), systemy zestawiania i przydziału, systemy rezerwacji, płatności i fakturowania, zarządzanie połączeniami z innymi środkami transportu oraz sporządzanie elektronicznych dokumentów towarzyszących, wraz z oprogramowaniem systemów informatycznych i komunikacyjnych.

Szczegółowy opis zakresu wyżej wymienionych podsystemów jak i wpływ na inne podsystemy określony jest w dedykowanej osobnej dla każdego z obszaru technicznej specyfikacji interoperacyjności (TSI). Uwzględniając wzajemne oddziaływanie podsystemu sterowanie w obszarach podsyst-

temów stałych (energia, infrastruktura, sterowanie – urządzenia przytorowe), jako odbiorca największej ilości danych z innych podsystemów, w niniejszym materiale stanowi on obszar analizy. Odnosząc się do sterowania, podobna korelacja powiązań zauważalna jest na styku podsystemu sterowanie urządzenia przytorowe a urządzenia pokładowe oraz w połączeniu ze współzależnościami z taborem, których wpływ wskazywany jest pośrednio.

Podsystem sterowanie interfejsem innych podsystemów

Koleje europejskie zauważając narastające kłopoty z zapewnieniem kompatybilności krajowych systemów sygnalizacji zgodziły się na opracowanie ujednoliconego systemu klasy automatycznej kontroli pociągu (ATP), tj. systemu ERTMS [10], [14]. Dzięki zastosowaniu nowego systemu, koleje miały osiągnąć większą interoperacyjność oraz miały uzyskać poprawę bezpieczeństwa oraz efektywności przewozów pasażerów i towarów. Zgodnie z ostatnią aktualizacją TSI „Sterowanie” [5], na dzień dzisiejszy system ERTMS obejmuje części składowe, którymi są: europejski system sterowania pociągami (ETCS), kolejowe radio mobilne (RMR) realizowane przy wykorzystaniu GSM-R albo FRMCS, automatyczne prowadzenie pociągu (ATO) poziomu 2 (GoA2).

Od chwili zdefiniowania w 1998r. podstawowych parametrów częstotliwości [15] dla systemu ETCS oraz pasma cyfrowego radia kolejowego GSM-R, publikowane w kolejnych latach techniczne specyfikacje interoperacyjności dla podsystemów sterowanie (TSI CCS) precyzowały modyfikowane wytyczne dla systemów. 18 nowych decyzji i rozporządzeń (w tym 1 jako sprostowanie) oraz 2 sprostowania dotyczące zapisów TSI CCS, definiowało parametry systemów oraz dodatkowo zmiany wprowadzające nowe wzorce systemu a także nowe funkcjonalności urządzeń. Wprowadzane zmiany określiły swoimi zapisami wprowadzone do obrotu praw-

nego nowe dokumenty obowiązkowe [3]. Począwszy od 2001r. kiedy zostały zdefiniowane bazowe specyfikacje oparte na podstawowych parametrach ETCS [13], zmieniające się akty prawne sklasyfikowały nazewnictwo w kolejnych TSI CCS wykorzystywanych na przestrzeni lat. W wyniku tych zmian od 2012r. specyfikacje identyfikowano jako baseline 2 (wzorzec 2) [12]. Wprowadzone w 2015r. i 2016r. łącznie nazywano jako baseline 3, choć są to odrębne nowe zestawy specyfikacji wzorca 3 w wydaniu 1 [8] i w wydaniu 2 [9]. Obecnie obowiązujący zestaw specyfikacji wzorca 4 wydanie 1 [5] wydany został w 2023r. W języku branżowym do powyżej wskazanych regulacji używane są jednocześnie odpowiednio sformułowania jako zestaw specyfikacji nr 1, 2, 3 lub 4 oraz nazwy B2, B3MR1, B3R2 lub B4R1. Od 2023r. specyfikacje uporządkowały rozróżnienie dla poszczególnych wydań określonych wersji systemu, tj. dla B2 wersję systemu 1.0, B3MR1 – 1.1 i 2.0, B3R2 – 2.1, B4R1 – 2.2, 2.3, 3.0.

Z biegiem lat, we wprowadzanych zmianach zapisów TSI CCS, w obiegu prawnym funkcjonują określone wyróżnikiem cyfrowym wzorzec specyfikacji (baseline) uzupełniany wydaniem wzorca (release). Oba powyższe zapisy, wyrażane są także jako zestaw specyfikacji wzorca (set#), który w sposób szczegółowy opisuje specyfikacja systemu ETCS (SRS) określająca dostępne poziomy ETCS (ETCS level). Eliminacja tzn. chorób wieku dziecięcego nowymi zapisami TSI CCS, w realizacji udostępniała nowe wersje ETCS (system version). Tak rozbudowana wewnętrzna struktura jest bardzo istotnym elementem, ponieważ z wzorcem i wydaniem mocno związana jest wersja systemu, która jednoznacznie definiuje obowiązkowe funkcje systemu ETCS zapewniające techniczną interoperacyjność w ramach ERTMS. Ale wersja systemu nie jest wersją, która jest przyrównywana do zestawu specyfikacji czy wzorca systemu.

Zmiany poszczególnych aktów prawnych dotyczących TSI CCS odzworowywane we wprowadzanych

na rynek rozwiązaniach, zgodnie ze zdefiniowanym podziałem systemu kolejowego na podsystemy, muszą uwzględniać ich spójność powiązań z innymi podsystemami. Oprócz mocnego ich powiązania z taborem (TSI Lok&Pas) kluczowe korelacje dotyczą wewnętrznych powiązań podsystemu sterowanie – urządzenia przytorowe a urządzenia pokładowe. W związku z powyższym, w obszarze sterowanie, poprzez opracowanie narodowych planów wdrożenia systemu ETCS [2], z obszaru planowania przenoszone są na fizyczne instalacje (jako wymagania kontraktowe) na określonych liniach kolejowych, jak również obowiązkową implementację na pojazdach kolejowych.

Krajowy Plan Wdrożenia Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie”

Zgodnie z zapisami rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2023/1695 [5], kraje członkowskie Unii Europejskiej zobowiązane są do przedłożenia informacji o planach wdrożenia interoperacyjności na krajowych częściach kolei wspólnotowych.

Przygotowane plany, nakreślają podmiotom funkcjonującym na rynku kolejowym, podstawowe informacje w zakresie rozbudowy systemu ERTMS na krajowej sieci kolejowej. Poszcze-

gólne zapisy planów umożliwiają firmom funkcjonującym na rynku kolejowym planowanie swojej działalności w ramach systemu kolei.

Implementacja podsystemu sterowanie

Zakres realizacji prac wdrożeniowych wynikających z realizacji zapisów narodowego wdrożenia systemu ETCS zaprezentowano na rysunku 1. Pełne zestawienie implementacji przytorowych urządzeń systemu ETCS realizowanych na sieci kolejowej Rzeczypospolitej Polskiej zaprezentowano w tabeli 1.

W tym miejscu należy zaznaczyć, iż zgodnie z zapisami Krajowego Planu Wdrożenia Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie” wdrożenie systemu ETCS poziom 1 w trybie LS z powodu swej skali powinno być poprzedzone opracowaniem studium wykonalności zawierającym rzetelne analizy kosztów i korzyści [2].

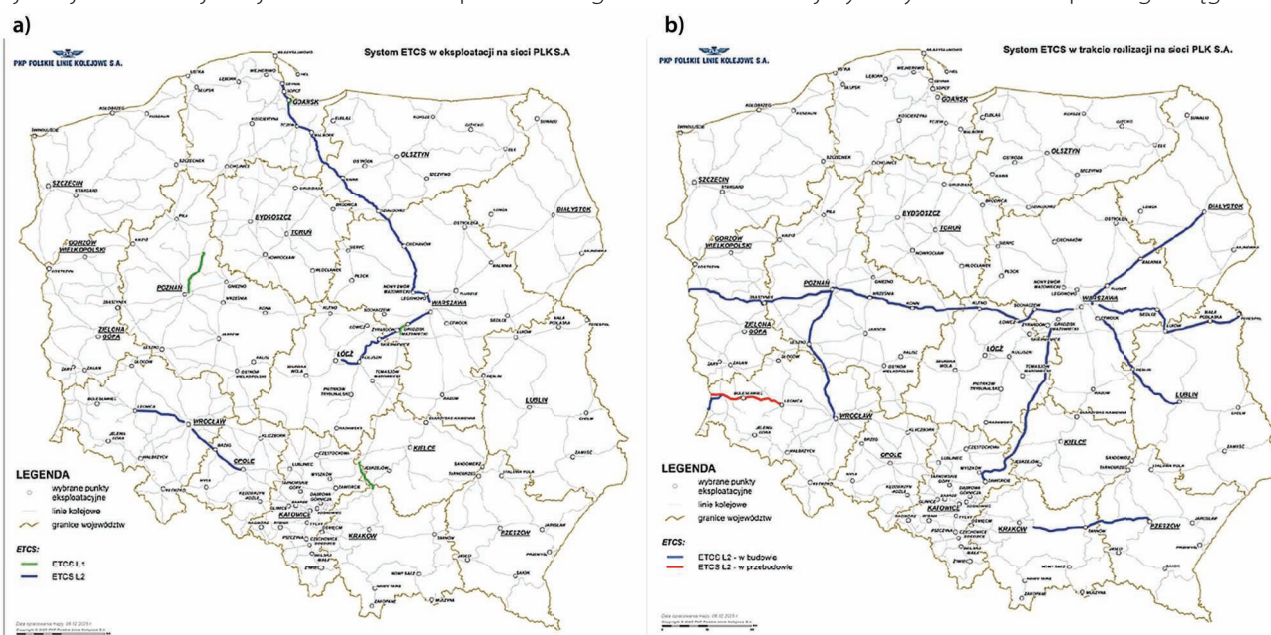
Wyposażenie przytorowe nie stanowi całego systemu ERTMS. do prawidłowego współdziałania wymagana jest implementacja po stronie urządzeń zabudowywanych na pokładzie pojazdów kolejowych [1]. Wraz z wprowadzanymi zmianami w TSI CCS po stronie przytorowej, zmieniane było również podejście do wyposażenia pokładowego. Na dzień dzisiejszy

wszystkie pojazdy kolejowe odbierane od producenta taboru muszą posiadać wyposażenie pokładowe ETCS. Ilostan pojazdów kolejowych na dzień 31.12.2024r., na których zainstalowane są urządzenia pokładowe systemu ETCS zestawiono w tabeli 2.

Rozważając implementację podsystemu sterowanie należy podkreślić, iż w przypadku zabudowy urządzeń przytorowych przez zamawiającego, wymaganiem opisu przedmiotu zamówienia jest określony preferowany wzorzec oraz wersja systemu. Zaś w przypadku zabudowy urządzeń pokładowych na pojeździe kolejowym zabudowywany jest wskazany w zapisach TSI „Sterowanie” określony wzorzec. Implementacja tego wzorca umożliwia operowanie pojazdu kolejowego po liniach kolejowych z wykorzystaniem jednej z dostępnych wersji systemu od najwyższej do najniższej. Jednakże w określonych sytuacjach, po weryfikacji zgodności wersji systemu strony przytorowej, po stronie pokładowej realizowane funkcje, zgodnie z zapisami specyfikacji SRS, będą wykonywane w ograniczonym zakresie lub pojazd nie uzyska zgody wjazdu na linię kolejową.

Nowe funkcjonalności oddziaływujące na system kolei

System ERTMS podlega ciągłemu roz-



1. Mapa sieci kolejowej narodowego zarządcy kolejowego PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., gdzie: a) oddany do eksploatacji system ETCS poziom 1 (niebieski) i poziom 2 (zielony); b) system ETCS w budowie (niebieski) lub w przebudowie (czerwony), (źródło [2])

Tab. 1. Linie kolejowe wyposażone w ETCS (źródło opracowanie własne na podstawie danych PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. i Pomorska Kolej Metropolitalna S.A.)

Numer linii	Nazwa linii / odcinka linii	Długość w km	Poziom ETCS	Wzorzec i wersja systemu
W eksploatacji				
1	Warszawa Zachodnia – Koluszki	104,47	2	wzorzec 2 wersja 1.0
3	Poznań Wchód	0,76	1*	wzór 3 wersja 2.0
4	Grodzisk Mazowiecki – Korytów	14,50	1	wzorzec 2 wersja 1.0
9	Warszawa Praga – Gdańsk Główny	311,00	2	wzorzec 2 wersja 1.0
17	Łódź Fabryczna – Koluszki	19,66	2	wzorzec 2 wersja 1.0
64	Kozłów – Starzyny	32,62	1	wzorzec 2 wersja 1.0
132	Opole Zachodnie – Wrocław Brochów	72,44	2	wzorzec 2 wersja 1.0
202	Gdańsk Główny – Gdynia Chylonia	21,37	2	wzorzec 2 wersja 1.0
226	Pruszcz Gdański – Gdańsk Port Północny	12,76	1	wzorzec 2 wersja 1.0
248**	Gdańsk Wrzeszcz – Gdańsk Osowa	16,55	2	wzorzec 2 wersja 1.0
253**	Gdańsk Rębiechowo – Gdańsk Ossowa	1,36	2	wzorzec 2 wersja 1.0
260	Zajączkowo Tczewskie – Pruszcz Gdański	11,40	2	wzorzec 2 wersja 1.0
275	Wrocław Muchobór – Legnica	54,98	2	wzorzec 2 wersja 1.0
356	Poznań Wschód – Wągrowiec	50,72	1*	wzór 3 wersja 2.0
456	Warszawa Praga – Chotomów	13,49	2	wzorzec 2 wersja 1.0
570	Kozłów – Starzyny	2,75	1	wzorzec 2 wersja 1.0
W przebudowie				
275	Legnica – Miłkowice	9,30	2	wzorzec 2 wersja 1.0
282	Miłkowice – Węglińiec	63,35	2	wzorzec 2 wersja 1.0
295	Węglińiec – Bielawa Dolna	12,90	2	wzorzec 2 wersja 1.0
W zabudowie				
2	Sulejówek Miłosna – Terespol	190,09	2	wzorzec 2 wersja 1.0
3	Warszawa Gołębki – Kunowice	467,38	2	wzorzec 2 wersja 1.0
4	Korytów – Zawiercie	198,51	2	wzorzec 2 wersja 1.0
6	Zielonka – Czyżew	97,09	2	wzorzec 2 wersja 1.0
7	Warszawa Wschodnia Osobowa – Otwock	26,47	2	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 1.1
7	Ottock – Lublin	170,72	2	wzorzec 2 wersja 1.0
8	Warszawa Zachodnia – Radom	99,03	2	wzorzec 3 wydanie 2 wersja 1.0
91	Podłęż – Rzeszów	139,18	2	wzorzec 2 wersja 1.0
271	Wrocław Główny – Poznań Główny	164,45		wzorzec 2 wersja 1.0
274	Jerzmani – Zgorzelec	3,50	2	wzorzec 2 wersja 1.0
278	Węglińiec – Zgorzelec	26,15	2	wzorzec 2 wersja 1.0
440	Warszawa Służewiec – Warszawa Lotnisko Chopina	1,90	2	wzorzec 3 wydanie 2 wersja 1.0
449	Warszawa Rembertów – Zielonka	8,65	2	wzorzec 2 wersja 1.0
506	Warszawa Antoninów – Warszawa Gocławek	18,8	2	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 1.1
W postępowaniu przetargowym				
1	Zawiercie – Dąbrowa Górnicza	25,90	1*	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 2.1
8	Kozłów – Kraków Główny	57,66	1*	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 2.1
11	Skierniewice – Łowicz Główny	21,71	1*	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 2.1
14	Łódź Kaliska – Zduniska Wola	41,86	1*	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 2.1
95	Kraków Mydlniki – Kraków Podłęż	34,60	1*	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 2.1
118	Kraków Główny – Kraków Lotnisko	11,96	1*	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 2.1
131	Inowrocław – Tczew	173,98	1*	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 2.1
132	Pyskowice – Opole Główne	59,21	1*	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 2.1
133	Dąbrowa Górnicza Żabkowice – Kraków Główny	51,82	2	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 1.1
134	Jaworzno Szczakowa – Mysłowice	6,4	2	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 1.1
135	Gliwice Łabędy – Pyskowice	5,31	1*	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 2.1
353	Poznań Wschód – Inowrocław	101,87	1*	wzorzec 4 wydanie 1 wersja 2.1

gdzie: *tryb pracy urządzeń pokładowych – Limited Supervision (LS); ** linia kolejowa zarządzana przez Pomorska Kolej Metropolitalna S.A.

wojowi, względem opracowanego w ramach podstawowego standardu zdefiniowanego specyfikacjami B2, który wykorzystuje wersję systemu 1.0. Standard ten zapisami specyfikacji TSI „Sterowanie” określa możliwe do realizacji funkcje jak i tryby pracy systemu ETCS.

Aktualizacja specyfikacji wprowadzająca do obrotu prawnego rozwiązania B3MR1 umożliwiła realizację inwestycji dodatkowo w wersji systemu 1.1, dzięki której możliwe stało się wykorzystanie w systemie osłony linii przy użyciu wirtualnych balis jak również zdefiniowano wartości narodowe dla krzywych hamowania. Możliwość wykorzystania wersji systemu 2.0 przez specyfikację B3MR1 rozszerzyło dostępne tryby pracy pojazdu kolejowego wyposażonego w system ETCS o tryb pracy określany jako Ograniczony Nadzór (Limited Supervision LS), a po stronie przytorowej umożliwiło definiowanie nowych warunków torowych, zarządzania przejazdem kolejowym czy definiowania dróg hamowania.

Dostępność specyfikacji B3R2 wprowadziła możliwość zabudowy urządzeń podsystemu sterowanie w wersji systemu 2.1, której implementacja rozszerzyła funkcjonalność systemu o wykorzystanie transmisji pakietowej w cyfrowym paśmie łączności kolejowej jako GSM-R PS. Drugą wprowadzoną funkcjonalnością tej specyfikacji było zarządzanie kluczami online.

Ostatnia zmiana specyfikacji wprowadzających rozwiązania B4R1 umożliwia realizację zabudowy przy wykorzystaniu trzech nowych wersji systemu. Wersja systemu 2.2 dedykowana rozwiązaniom ATO, uzupełnia tryby pracy pojazdu kolejowego o nowy tryb pracy Jazda Automatyczna (AD). Wersja systemu 2.3 umożliwia wykorzystanie do prowadzenia ruchu podwójnego systemu radia FRMCS – GSM-R, a tryby jazdy pojazdu kolejowego uzyskują nowy tryb Manewrowanie Nadzorowane (SM) dla jazd manewrowych z zabudowanymi tarczami manewrowymi. Wersja systemu 3.0 specyfikacjami definiuje wykorzystanie do prowadzenia ruchu systemu

radia FRMCS, a tryby jazdy pojazdu kolejowego uzyskują nowy tryb Manewrowanie Nadzorowane (SM) dla jazd manewrowych bez zabudowanych tarcz manewrowych.

Kompatybilność urządzeń ETCS interferencją w systemie kolei

Analizując linie kolejowe dedykowane do implementacji systemu ETCS, zgodnie z tabelą 1, infrastruktura urządzeń przytorowych systemu ETCS wykonywana jest zgodnie z wymaganiami wzorca 2 oraz wzorca 3 wydanie 2. Dla obu wzorców urządzenia przytorowe instalowane są w wersji systemu 1.0. Dla wzorca 4 wydanie 1 przewidywana jest implementacja w wykonaniu wersji systemu 1.1. Natomiast linie kolejowe z trybem pracy ograniczony nadzór ukończone zostały zgodnie z wersją systemu 2.0 dla wzoru 3 lub zostaną zrealizowane w wersji systemu 2.1 dla wzorca 4 wydanie 1.

Zgodnie z publikowanymi informacjami [1] przez Urząd Transportu Kolejowego, na dzień 31.12.2024r. w systemie kolei Rzeczypospolitej Polskiej jest zarejestrowanych 92472 ważnych statusów EVR, z czego 9721 rejestracji dotyczy pojazdów kolejowych, w tym 3755 sztuk lokomotyw oraz 1482 to zespoły trakcyjne. Uwzględniając otrzymane dane od przewoźników, zaprezentowane w tabeli 2 zestawienie wskazuje, iż na koniec 2024r. wyposażenie pokładowe systemu ETCS zainstalowane było na 912 pojazdach kolejowych, w tym 20 posiadających pokładową zabudowę urządzeń tylko ETCS poziom 1. Pozostałe pojazdy kolejowe w ilości 399 sztuk posiadają zabudowę pokładową zgodną z baseline 2 (z tzw. specyfikacją systemu 2.3.0d). Natomiast 467 sztuk pojazdów zabudowanych jest zgodnie z baseline 3, dla których nie wskazano właściwej zastosowanej specyfikacji systemu, tj. wydania.

Odnosząc się do wzorca i wydania, szczególną uwagę należy również zwrócić na inny parametr jakim jest wersja systemu. Jak już wspomniani, definiuje ona obowiązkowe funkcje systemu ETCS zapewniające tech-

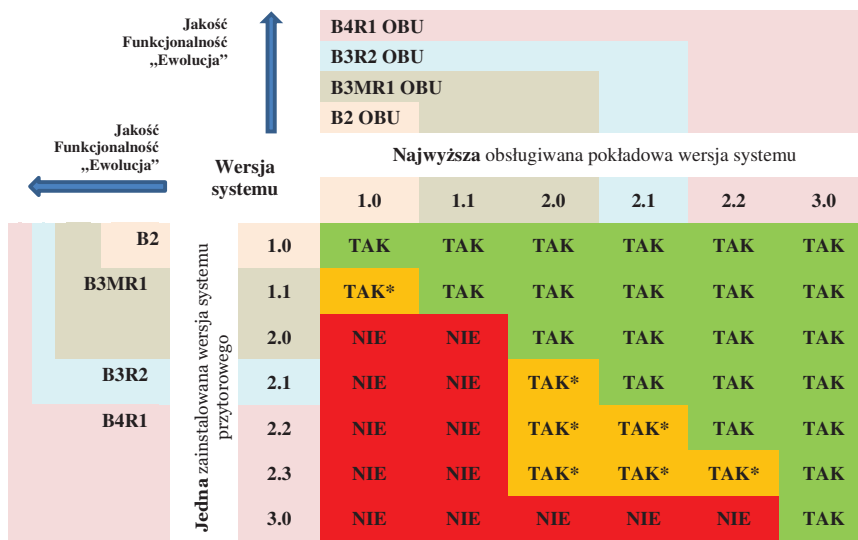
Tab. 2. Pojazdy wyposażone w ETCS 2024 r. (źródło [1])

Rodzaj taboru kolejowego	Pojazdy wyposażone w ETCS	Pojazdy ETCS tylko poziom 1	Pojazdy ETCS poziom 1 i 2 baseline 2	Pojazdy ETCS poziom 1 i 2 baseline 3
ogółem	912	20	399	467
lokomotywy elektryczne	402	16	136	250
lokomotywy spalinowe	5	0	2	3
elektryczne zespoły trakcyjne	400	0	229	171
spalinowe zespoły trakcyjne	12	0	10	2
dwunapedowe zespoły trakcyjne	33	0	0	33
elektryczne wagony silnikowe	0	0	0	0
spalinowe wagony silnikowe	0	0	0	0
pozostałe pojazdy trakcyjne	34	4	22	8

niczną interoperacyjność w ramach ERTMS. Uwzględniając fakt, że wersja systemu nie jest wersją, która jest przyrównywana do zestawu specyfikacji czy wzorca systemu, dla implementacji systemu koniecznym staje się zwrócenie szczególnej uwagi na ten aspekt. Ponieważ zapoczątkowane określanie we wprowadzanych do obrotu prawnego, nowych wzorcach systemu ETCS, minimalnych wymagań dotyczących rozwiązań dedykowanych urządzeniom pokładowym, przy jednoczesnym braku takich wymagań stawianych po stronie przytorowej wymusza wprowadzenie uwzględniania korelacji pomiędzy wyposażeniem pokładowym a wersją systemu przytorowego. Brak takiej weryfikacji w określonych sytuacjach, po weryfikacji zgodności wersji systemu strony pokładowej z przytorową, zgodnie z zapisami specyfikacji SRS, skutkować będzie wykonywaniem funkcji pokładowych w ograniczonym zakresie lub pojazd nie uzyska zgody wjazdu na linię kolejową. Pełna zgodność wersji systemu nie ograniczy funkcjonalności pracy urządzeń pokładowych systemu ETCS.

Uwzględniając oddziaływanie między sobą podsystemów strukturalnych w systemie kolei, we wzajemnym powiązaniu elementów systemu kolejowego, należy uwzględnić fakt, iż wyposażenie pokładowe podsystemu sterowanie pojazdów kolejowych może być kompatybilne zarówno wstecz i w przód. Uwzględniając fakt zabudowy po stronie pojazdu kolejowego najwyższej dostępnej wersji systemu dla danego wzorca, pojazd zawsze uzyskuje możliwość wjazdu

na linię kolejową wyposażoną dla tej wersji systemu i wersji niższych. Ale już stosowanie w praktyce kompatybilności w przód wymaga przestrzegania środków mitygacji określanych w sprawdzaniach związanych z kompatybilnością systemu związaną z oceną zgodności wzorca specyfikacji ETCS. Dokumenty takich weryfikacji, są regularnie publikowane zgodnie z artykułem 9 rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2023/1695 [5] w oficjalnych opiniach [7] Agencji Kolejowej Unii Europejskiej (ERA) [11]. Jednakże kompatybilność w przód ma swoje ograniczenia. Pojazdy trakcyjne wyposażone w urządzenia pokładowe wykonane w technologii B2 będą mogły poruszać się po liniach kolejowych wykonanych w wersji systemu 1.1 dla B3MR1, B3R2 i B4R1 z uwzględnieniem ograniczeń funkcjonalnych pracy systemu. Dla wyższych wersji systemu poczynawszy od 2.0 i wzorców od B3MR1 poruszanie się pojazdów kolejowych z wyposażaniem pokładowym zgodnym z B2 będzie niemożliwe. W przypadku pojazdów kolejowych wyposażonych zgodnie z baseline 3 (patrz tabela 2) bez dookreślenia zastosowanego w realizacji zabudowy wydania, nie jest możliwe określenie czy pojazdy takie wykorzystają pełną funkcjonalność pracy urządzeń pokładowych na liniach kolejowych wykonanych po stronie przytorowej zgodnie z wzorcem 4 wydanie 1 w wersji systemu 2.1. Najbardziej restrykcyjnym rozwiązaniem technicznym będzie implementacja rozwiązań wykonanych po stronie przytorowej w wersji systemu 3.0, ponieważ wjazd na taką linię uzyskają tylko i wyłącznie



2. Kompatybilność wsteczna urządzeń ETCS (źródło: opracowanie własne)

pojazdy kolejowe posiadające zabudowane urządzenia pokładowe zgodne z wersją systemu 3.0.

Sumaryczne podsumowanie korelacji zestawu specyfikacji lub wzorca systemu w odniesieniu do wersji systemu przedstawiono na schematycznym rysunku 2.

Podsumowanie

Wyspecyfikowane przed laty specyfikacje zunifikowanego systemu zarządzania ruchem kolejowym, w fazie ich ewolucji, wspomagane były kolejnymi zapisami rozszerzającymi implementację systemu ERTMS na europejskiej sieci kolejowej. Prowadzone procesy inwestycyjne w infrastrukturze przytorowej, skutkują koniecznością doposażenia starszych pojazdów kolejowych w urządzenia pokładowe systemu ETCS. Taki obowiązek wynikał z zapisów TSI CCS wskazujący na obligatoryjny nakaz zabudowy najnowszej wersji systemu dla pojazdów trakcyjnych dopuszczonych do ruchu przed dniem 1 stycznia 2018 r. oraz pojazdów trakcyjnych dopuszczonych do ruchu po ww. dacie na podstawie uzyskanego odstępstwa dotyczącego konieczności zabudowy wyposażenia ERTMS. Taki sformułowane zapisy starszych TSI nie były jedynymi zapisami wskazującymi na koniecznością wykonania określonych prac na taborze.

Nowelizacje TSI „Sterowanie”, po stronie taborowej rekomendują określone rozwiązania, które powinny być

implementowane w odniesieniu do urządzeń pokładowych. Po stronie zabudowy urządzeń przytorowych pozostawiają jednak dowolność stosowanej wersji systemu. Realizowane instalacje systemu ETCS po stronie przytorowej, po za jednym przypadkiem instalacji na linii kolejowej trybu pracy ograniczony nadzór (LS) zrealizowanej w wersji systemu 2.0 (wzór 3), są realizowane w wersji systemu 1.0 (wzorec 2). Planowane kolejne do zabudowy w urządzenia przytorowe ETCS linie kolejowe przewidywane są jako wersja 1.0 (wzorec 3 wydanie 2) lub 1.1 (wzorec 4 wydanie 1), a dla trybu pracy LS jako wersja systemu 2.1. Taka korelacja wersji systemu dla powiększającej się sieci dostępnych linii kolejowych wyposażonych w urządzenia przytorowe, stanie się niezmiernie ważna w przypadku poruszania się pojazdów kolejowych zgodnych z baseline 2. Zabudowa urządzeń pokładowych wykonana zgodnie z wzorcem 2, który na koniec 2024r. zainstalowany został na prawie połowie taboru z pokładowymi urządzeniami ETCS nie będzie obsługiwany na liniach kolejowych, na których urządzenia przytorowe będą zabudowane w wersji systemu 2.0 i wyższej oraz nie będą realizowały wszystkich funkcjonalności dla zabudowy wersji systemu 1.1. Taka niedogodność skutkować, w celu sprawnego poruszania się po takich liniach będzie wymuszała konieczność wyłączenia systemu po stronie pokładowej. Przywrócenie peł-

nej funkcjonalności po stronie urządzeń pokładowych, wymagać będzie od przewoźników wyasygnowania odpowiednich funduszy na dokonanie modernizacji urządzeń do aktualnie obowiązujących specyfikacji.

W perspektywie kolejnych postępowań przetargowych, nie wykazanych w niniejszych rozważaniach, należy się spodziewać implementacji nowszych wersji systemu po stronie urządzeń przytorowych. Takie podejście jest kolejnym wyzwaniem wzajemnego oddziaływania podsystemów, ponieważ aby zapewnić wykorzystanie po stronie urządzeń pokładowych pełnej funkcjonalności systemu, w tym dostępnych trybów pracy [6]. Przewoźnicy dla wcześniej zabudowanych wzorców systemu będą musieli podjąć strategiczną decyzję o modernizacji urządzeń pokładowych. Brak takiej decyzji oznaczać będzie nadzorowanie obiegów pojazdów po sieci kolejowej ETCS, tak aby nie dopuścić do uniemożliwienia wjazdu na linię kolejową. Brak dostępu do linii kolejowej generowane przez urządzenia przytorowe, będzie wymuszało podjęcie przez przewoźników działań mitygujących w celu uniknięcia generowania nieplanowanych opóźnień będących skutkiem zatrzymania pociągu przez urządzenia przytorowe systemu ETCS wynikającą z niezgodności wersji systemu.

Dodatkowo gromadzenie i publikacja danych o sumarycznej ilości pojazdów trakcyjnych z zabudowanymi urządzeniami pokładowymi powinno unikać zestawiania informacji jako jednej grupy baseline 3 czy przyszłościowo baseline 4. Tak zaprezentowane sumaryczne dane uniemożliwiają w sposób prawidłowy przypisanie do określonej wersji systemu wykorzystanej wersji specyfikacji bazowych. Pod ogólnym stwierdzeniem baseline 3 skrywają się bowiem dwie różne wersje systemu, tj. zgodnie z zapisami specyfikacji 3.4.0 czy specyfikacji 3.6.0, natomiast dla baseline 4 są to już trzy różne wersje systemu.

Powyższe uwarunkowania nie tylko należy rozpatrywać w odniesieniu do zapisów narodowych planów wdra-

żania [2], których realizacja stopniowo rozszerzana będzie w systemie kolejowym na całą sieć. Zdefiniowane narodowe plany wdrażania ERTMS, będące realizacją zapisów rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2023/1695 [5], są rozszerzane w zakresie zabudowy systemu ERTMS poprzez inne dokumenty prawne jak np. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1679 [4]. Rozporządzenie to, dotyczy priorytetowego wdrożenia radiowego ERTMS na transeuropejskiej sieci transportowej (TEN-T), wskazując obligatoryjną instalację po stronie przytorowej urządzeń przytorowych ETCS poziomu 2 wykorzystujących system łączności radiowej klasy A do wymiany danych między torami i pociągami związanych i niezwiązanych z bezpieczeństwem, których zakres wynika z rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2023/1695 [5]. Realizacja implementacji na sieci TEN-T wymagana jest dla sieci kompleksowej do 2050 r., na rozszerzonej sieci bazowej – do 2040 r., a na sieci bazowej – do 2030 r. Przy wdrażaniu ERTMS na sieci kompleksowej, w harmonogramach jako priorytowe są linie, które mogą przyczynić się do bezpiecznego i wydajnego transgranicznego międzynarodowego transportu kolejowego. W tym przypadku, również należy rozpatrywać poważne zagrożenie, w przypadku wyboru do zabudowy systemu w wersji 3.0. W takim przypadku na dzień dzisiejszy żaden pojazd kolejowy wyposażony w urządzenia pokładowe nie uzyskał by zgody na wjazd na wyposażoną w taką wersję systemu linię kolejową. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Urząd Transportu Kolejowego (2025). Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego 2024
- [2] Ministerstwo Infrastruktury, Krajowy Plan Wdrożenia Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie” Polska (2024) czerwiec 2024r., 1–44
- [3] Pawlik, M., Gradowski, P. i inni (2024) Ekspertyza „Wdrożenie systemu ETCS poziomu 1 LS (Limited Supervision) na liniach kolejowych w Polsce nieujętych w sieci TEN-T, Instytut Kolejnictwa, 23 grudnia 2024r., 1–137
- [4] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1679 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej, zmieniające rozporządzenie (UE) 2021/1153 i (UE) nr 913/2010 oraz uchylające rozporządzenie (UE) nr 1315/2013 (Tekst mający znaczenie dla EOG), PE/56/2024/ADD/1 (2024), Dz.U. L, 2024/1679, 28.6.2024,
- [5] Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2023/1695 z dnia 10 sierpnia 2023 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej i uchylające rozporządzenie (UE) 2016/919 (Tekst mający znaczenie dla EOG) (2023), Dz.U. L 222 z 8.9.2023, 380–560
- [6] Gradowski, P. (2023), Scenariusz operacyjny - nowa forma dokumentacji technicznej dla systemów zapewniających interoperacyjność, Problemy Kolejnictwa 57 (zeszyt nr 161), 21–41
- [7] European Union Agency For Railways, ERA/OPI/2020-2 Opinion of the European Union Agency for Railways to the European Commission regarding error corrections of current ERTMS baselines (2020) – <https://www.era.europa.eu/content/eraopi2020-2-opinion-european-union-agency-railways-european-commission-regarding-error>
- [8] 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 (Tekst mający znaczenie dla EOG), (2016), Dz.U. L 158 z 15.6.2016, 1–79, uchylony 27.09.2023
- [9] Decyzja Komisji (UE) 2015/14 z dnia 5 stycznia 2015 r. zmieniająca decyzję 2012/88/UE w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” transeuropejskiego systemu kolei (notyfikowana jako dokument nr C(2014) 9909) (Tekst mający znaczenie dla EOG), (2015), Dz.U. L 3 z 7.1.2015, 44–58, uchylony 04.07.2016
- [10] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej (przekształcenie) (Tekst mający znaczenie dla EOG) (2016), Dz.U. L 138 z 26.5.2016, 44–101
- [11] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/796 z dnia 11 maja 2016r. w sprawie Agencji Kolejowej Unii Europejskiej i uchylenia rozporządzenia (WE) nr 881/2004 (Tekst mający znaczenie dla EOG), (2016), Dz.U. L 138 z 26.5.2016, 1–43
- [12] Decyzja Komisji z dnia 6 listopada 2012 r. zmieniająca decyzję 2012/88/UE w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” transeuropejskiego systemu kolei (notyfikowana jako dokument nr C(2012) 7325) (Tekst mający znaczenie dla EOG) (2012/696/UE), (2012), Dz.U. L 311 z 10.11.2012, 3–13, uchylony 04.07.2016
- [13] KOW sp. z o.o., Leksykon Terminów Kolejowych, (2011), Warszawa 2011, 251–254
- [14] Białoń, A., Gradowski, P., Toruń, A. (2009), Nowoczesny system zarządzania ruchem kolejowym (ERTMS), Problemy Kolejnictwa 53 (Zeszyt 148), 137–171
- [15] Commission Decision of 21 March 2001 on the basic parameters of the command-control and signalling subsystem of the trans-European high-speed rail system referred to as "ERTMS characteristics" in Annex II(3) to Directive 96/48/EC (notified under document number C(2001) 746) (Text with EEA relevance) (2001/260/EC), (2001), Dz.U. L 93 z 3.4.2001, 53–56, uchylony 11.09.2002