

**Andrzej Kochan, Emilia Koper, Przemysław Ilczuk, Łukasz Gruba**

Ośrodek Certyfikacji Transportu, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

## TRANZYCJE W SYSTEMIE ERTMS/ETCS

Rękopis dostarczono: kwiecień 2018

**Streszczenie:** Niniejszy artykuł dotyczy zagadnień transycji w systemie ERTMS/ETCS. W dokumencie poruszono kwestię doboru i rozmieszczenia balis istotnych z punktu widzenia transycji. Przedstawiono możliwości i ograniczenia wynikające z wybranej konfiguracji systemu w zakresie położenia i informacji przekazywanej przez balisy. Przytoczono także ogólne zasady realizacji transycji oraz zaproponowano zuniifikowany opis przejść pomiędzy poziomami. W artykule opisano grupy balis istotne z punktu widzenia transycji oraz telegramy wymieniane w procesie transycji. Na wybranym przykładzie przedstawiono opis transycji, uwzględniający wyspecyfikowane kroki funkcjonalne, ich warianty oraz analizę zagrożeń dla poszczególnych etapów. W artykule zwrócono uwagę na złożoność procesu transycji oraz fakt, iż zagadnienie przejść pomiędzy poziomami systemu ERTMS/ETCS będzie realnym wyzwaniem postawionym przed branżą kolejową w najbliższych latach.

**Słowa kluczowe:** system ERTMS/ETCS, transycje, balisa

### 1. WSTĘP

W dobie powszechnej implementacji systemu ERTMS/ETCS na kolejach europejskich istotnym wyzwaniem staje się łączenie obszarów objętych różnymi poziomami systemu ERTMS/ETCS [5]. Interoperacyjny przejazd pomiędzy wspomnianymi obszarami możliwy jest dzięki realizacji transycji. Transycja wg [11] oznacza zamierzone przejście pomiędzy dwoma poziomami bądź trybami pracy urządzeń pokładowych systemu ERTMS/ETCS. W artykule skupiono się na transycji pomiędzy poziomami ww. systemu.

Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej realizując pracę rozwojowo-badawczą na rzecz PKP PLK S.A. pn.: „Wymagania techniczne, funkcjonalne i eksploatacyjne powiązania i współpracy systemów ERTMS/ETCS różnych poziomów i wersji oprogramowania – wewnątrz sieci PKP PLK oraz na odcinkach granicznych” [12], przeanalizował aktualne wymagania i koncepcje dotyczące realizacji procesu transycji.

Analizę przeprowadzono z zachowaniem zasad bezpieczeństwa oraz płynności i sprawności ruchu kolejowego. Ponadto uwzględniono wymagania w zakresie interoperacyjności systemu kolei ujęte w dyrektywie o interoperacyjności [3] oraz technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej [6] oraz dokumentach w niej wymienionych.

Zachowanie zasad bezpieczeństwa rozumiane jest jako brak obniżenia poziomu bezpieczeństwa w stosunku do poziomu bezpieczeństwa dopuszczonej do eksploatacji linii kolejowej niewyposażonej w system ERTMS/ETCS. Płynność i sprawność ruchu interpretowana jest jako brak niepotrzebnych zatrzymań i hamowań pojazdów wyposażonych w system ERTMS/ETCS (nazywanych dalej pojazdami ETCS) przekraczających granice obszarów systemu ERTMS/ETCS, wynikających z procesu tranzycji.

## **2. SYSTEM ERTMS/ETCS**

Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym to system wspierany przez Unię Europejską, mający na celu ujednolicenie systemu zarządzania i sterowania ruchem kolejowym, zmierzający do zapewnienia interoperacyjności transportu kolejowego. System ERTMS tworzą: Europejski System Sterowania Pociągami ETCS oraz GSM-R - system cyfrowej radiołączności kolejowej oparty na standardzie GSM.

Dla systemu ERTMS/ETCS zdefiniowano poziomy i konfiguracje. Poziomy zastosowania systemu ERTMS/ETCS określają różne konfiguracje funkcjonalności tego systemu. Możliwa jest sytuacja, w której linia kolejowa i pojazd ETCS operujący na tej linii są wyposażone w urządzenia pozwalające na pracę na różnych poziomach systemu ERTMS/ETCS. Dlatego też istnieje potrzeba rozróżnienia systemu na część pokładową i przytorową.

### **2.1. ERTMS/ETCS 0**

Poziom zerowy jest poziomem pomocniczym, wykorzystywanym przy prowadzeniu ruchu pojazdów wyposażonych w ERTMS/ETCS po liniach, które nie są wyposażone w część przytorową systemu ERTMS/ETCS, bądź na których urządzenia przytorowe ERTMS/ETCS są nieaktywne. Ruch prowadzony jest zgodnie z istniejącymi narodowymi przepisami, a urządzenia pokładowe nadzorują jedynie ewentualne przekroczenie maksymalnej prędkości pociągu oraz maksymalnej dozwolonej prędkości dla obszaru niewyposażonego, która określona jest odpowiednią zmienną narodową.

### **2.2. ERTMS/ETCS STM (NTC)**

Poziom STM (STM - ang. Specific Transmission Module) określany także jako NTC (NTC – ang. National Train Control) jest drugim poziomem pomocniczym, mającym zastosowanie w przypadku, kiedy linia kolejowa wyposażona jest w system klasy B, współpracujący z urządzeniami pokładowymi ERTMS/ETCS z wykorzystaniem

specjalizowanego modułu transmisyjnego (STM). W przypadku braku właściwego STM w wyposażeniu pokładowym pojazdu, linia taka traktowana jest jako linia (obszar) poziomu 0. Podczas pracy w tym poziomie, funkcje systemu narodowego realizuje moduł STM, a system ERTMS/ETCS nadzoruje poprawność jego działania. W przypadku uszkodzenia modułu STM wdrażane jest hamowanie awaryjne. Informacje generowane przez urządzenia przytorowe transmitowane są do pociągu za pomocą środków transmisyjnych systemu klasy B, które na pojeździe konwertowane są przez moduł STM na informacje zgodne z protokołami wymiany danych systemu ERTMS/ETCS.

### **2.3. ERTMS/ETCS POZIOMU 1**

Poziom pierwszy stanowi uzupełnienie istniejących urządzeń stacyjnych i liniowych. Zastosowanie poziomu pierwszego zapewnia, że pojazd nie wyjedzie poza koniec zezwolenia na jazdę, oraz że nie przekroczy prędkości dopuszczalnej dla danego fragmentu drogi przebiegu czy też części odstępu. Jest on oparty na transmisji informacji pochodzących z rozproszonych przytorowych urządzeń systemu sterowania ruchem. Nadajnikami tych informacji są najczęściej eurobalisy (zwane dalej balisami) jednakże wykorzystane mogą zostać również europętle czy urządzenia systemu łączności bezprzewodowej działającego w oparciu o Euroradio.

Działanie systemu ERTMS/ETCS 1 polega na transmisji przez balisy przełączalne zezwoleń na jazdę (ang. Movement Authority - MA), generowanych na podstawie aktualnie wyświetlanego sygnału na sygnalizatorach świetlnych oraz informacji statycznych przesyłanych przez balisy nieprzełączalne. Elementem pośredniczącym pozwalającym na odczyt wskazań sygnalizatora a następnie przesłanie tych danych do balisy przełączalnej jest koder LEU (ang. Lineside Electronic Unit). Jest on włączany w obwody świateł sygnalizatorów kolejowych. Koder LEU łączony jest za pośrednictwem kabla (interfejs C) z przełączalną balisą, która przekazuje do pokładowych urządzeń ERTMS/ETCS zezwolenie na jazdę, zależne od wskazania sygnalizatora. Urządzenia pokładowe systemu ETCS, na podstawie otrzymanych informacji kontrolują, czy maszynista prowadzi pojazd ETCS zgodnie z profilem prędkości odpowiadającym o aktualnym wskazaniom sygnalizatora i drodze przebiegu.

### **2.4. ERTMS/ETCS POZIOMU 2**

Poziom 2 systemu ERTMS/ETCS wykorzystuje ciągłą, cyfrową, dwukierunkową transmisję danych realizowaną za pomocą systemu łączności GSM-R. Na tym poziomie balisy nie są już wykorzystywane do transmisji danych ruchowych, jednak służą one jako punkty lokalizacyjne. Linia wyposażona w urządzenia ERTMS/ETCS 2 musi zostać wyposażona w Centrum Sterowania Radiowego (ang. Radio Block Center - RBC). Transmisja danych pomiędzy pociągiem a Centrum Sterowania Radiowego realizowana jest w oparciu o system GSM-R. RBC odpowiedzialne jest za generowanie zezwoleń na jazdę pojazdom ETCS, znajdującym się na obszarze nadzorowanym przez dane RBC na

podstawie informacji z systemu zależnościowego o zajętości układu torowego i położeniu zwrotnic.

Pojazdy ETCS rozróżniane są za pomocą identyfikatorów urządzeń pokładowych ETCS. Interfejs pomiędzy RBC a warstwą urządzeń sterowania ruchem nie został ustandaryzowany. Pojazd operujący w poziomie ERTMS/ETCS 2 musi zostać wyposażony w urządzenia cyfrowego systemu radiowego GSM-R, wykorzystywanego zarówno do łączności rozmównej, jak i do transmisji danych. Implementacja ERTMS/ETCS 2 umożliwia usunięcie sygnalizatorów przytorowych, ponieważ ich funkcjonalność przejmuje transmisja cyfrowa pozwalająca na cykliczne przekazywanie informacji do urządzeń pokładowych i w konsekwencji do maszynisty.

## 2.5. ERTMS/ETCS POZIOMU 3

System ERTMS/ETCS 3 posiada cechy systemu ERTMS/ETCS 2 opisane w rozdziale 2.4 uzupełnione o kontrolę ciągłości składu, dzięki czemu możliwe jest zrezygnowanie z zabudowy urządzeń kontroli niezajętości toru. System ERTMS/ETCS 3 pozwala na stosowanie tzw. ruchomego odstępu blokowego. Obecnie system ERTMS/ETCS 3 znajduje się w fazie koncepcyjnej. Wdrażane są rozwiązania zbliżone do ERTMS/ETCS 3, które jednakże nie zapewniają jego pełnej, założonej teoretycznie funkcjonalności. Do rozwiązań tych należą brytyjskie systemy nazwane "ATO over ETCS" [14] [17] oraz "ERTMS Hybrid Level 3" [16], czy też włoski system nazwany "Level 2/Level 3" [15]. Własne rozwiązania bazujące na logice ERTMS/ETCS 3 wdrażają także koleje chińskie [18] czy rosyjskie [19].

## 3. DOBÓR I ROZMIESZCZENIE BALIS

Opracowane koncepcje tranzykcji przedstawione w [12] prezentują możliwe warianty realizacji poszczególnych kroków tranzykcji pomiędzy poziomami systemu ERTMS/ETCS. Wspomniane warianty zakładają możliwość zastosowania przełączalnych lub nieprzełączalnych grup balis.

Balisa nieprzełączalna to urządzenie przekazujące stałą informację, niezależną od sytuacji ruchowej. Balisa przełączalna to balisa przekazująca informację zmienną, zależną od aktualnej sytuacji ruchowej.

Zastosowanie konfiguracji systemu z użyciem balis przełączalnych może przynieść następujące korzyści:

- możliwość przekazywania zmiennych w czasie pakietów i wiadomości uzależnionych od aktualnej sytuacji ruchowej, co może wpływać na lepsze wyniki eksploatacyjne oraz zapewnienie płynności ruchu,
- możliwość aktualizacji przekazanego zezwolenia na jazdę.

Zastosowanie konfiguracji systemu zawierającej balisy przełączalne powoduje:

- potrzebę zastosowania dodatkowego wyposażenia przytorowego w postaci kodera LEU, interfejsu C,
- wyższy koszt konfiguracji systemu wynikający z potrzeby zastosowania koderów LEU, interfejsu C, instalacji oraz utrzymania.

Do korzyści wynikających z zastosowania w konfiguracji systemu zawierającej wyłącznie balisy nieprzełączalne należą:

- brak konieczności współpracy z kosztownym koderem LEU,
- niższy koszt związany z instalacją i utrzymaniem systemu.

Do niekorzystnych efektów zastosowania nieprzełączalnych balis należy zaliczyć:

- brak możliwości przekazywania informacji o aktualnej sytuacji ruchowej.

Na podstawie przytoczonych korzyści i ograniczeń wynikających ze stosowania określonych konfiguracji systemu przytorowego, wykorzystujących balisy przełączalne lub nieprzełączalne można stwierdzić, iż zastosowanie określonych konfiguracji systemu niesie za sobą konsekwencje przekładające się na eksploatację oraz koszt implementacji systemu ERTMS/ETCS. Wysoki koszt instalacji oraz utrzymania konfiguracji systemu wykorzystującej balisy przełączalne (a więc i kodery LEU oraz interfejs C) sugeruje, że zastosowanie konfiguracji systemu z przełączalnymi balisami powinno zostać zminimalizowane, w celu ograniczenia dodatkowych kosztów instalacyjno-utrzymeniowych.

W [12] przeanalizowano obecnie istniejące zasady rozmieszczenia balis, następnie na ich podstawie oraz podstawie własnej wiedzy i doświadczeń, zaproponowano własne, zmodyfikowane zasady rozmieszczania balis związanych z tranzycjami oraz unifikację ich nazewnictwa.

## **4. INFORMACJE OGÓLNE DOTYCZĄCE TRANZYJCJI POMIĘDZY POZIOMAMI SYSTEMU ERTMS/ETCS**

W procesie tranzycji można wymienić co najmniej następujące etapy: zapowiedź tranzycji, przełączenie poziomów oraz potwierdzenie tranzycji. Dodatkowo w przypadku przejść do poziomu ERTMS/ETCS 2 wymagane jest zalogowanie do odpowiedniej sieci GSM-R oraz ustanowienie sesji z RBC.

Elementem inicjalizującym poszczególne etapy tranzycji jest zazwyczaj balisa – urządzenie punktowego oddziaływania w relacji tor - pojazd. Balisy rozmieszczane są w grupach złożonych z od 1 do 8. Jeżeli mowa o grupie balis przełączalnych lub przełączalnej grupie balis należy interpretować ten zapis jako grupę złożoną z co najmniej jednej balisy przełączalnej. W przełączalnej grupie balis mogą znajdować się także balisy nieprzełączalne. Natomiast tam, gdzie mowa o grupie balis nieprzełączalnych lub nieprzełączalnej grupie balis należy rozumieć grupę balis złożoną wyłącznie z balis nieprzełączalnych.

Grupy balis stosowane w każdej tranzycji to:

- LTA (Level Transition Announcement) – jest grupą balis, która wykorzystywana jest do zapowiedzi tranzycji poziomów,

— LTO (Level Transition Order) – jest grupą balis, która przesyła polecenie natychmiastowej zmiany poziomu,

Dodatkowe grupy balis stosowane w procesie tranzycji do poziomu ERTMS/ETCS 2 to:

— NR – (Network Registration) – jest grupą balis, która wykorzystywana jest do rejestracji w sieci GSM-R,

— SE – (Session establishment) – jest grupą balis, wykorzystywaną do inicjacji połączenia z RBC,

— ST – (Session Termination) – jest grupą balis, która ma na celu anulowanie inicjacji połączenia z RBC.

Grupy balis stosowane opcjonalnie w każdej tranzycji to:

— REF – (Reference balise group) – jest grupą balis odniesienia,

— LTC (Level Transition Cancellation) – jest grupą balis, która ma na celu anulowanie tranzycji poziomów.

Balisa przesyła do urządzeń pokładowych informację w formie pakietu danych. Pakiety danych przetwarzane są przez urządzenia pokładowe, a ich treść wpływa na sposób prowadzenia pojazdu ETCS. Poszczególne pakiety i wiadomości oraz ich strukturę opisano w [7, 8, 9, 10]. W dokumentach [7, 8, 9, 10] zdefiniowano także pakiety i wiadomości istotne z punktu widzenia realizacji tranzycji.

Wśród przykładowych pakietów— i wiadomości istotnych z punktu widzenia realizacji tranzycji wymienić można:

— pakiet: P45 „Radio Network Registration”,

— pakiet: P42 „Session Management”,

— pakiet: P41 „Level transition order”,

— pakiet: P90 “Track Ahead Free up to level 2/3 transition location”,

— wiadomość: M136 (P0) “Position Report”,

— wiadomość: M3 “Movement Authority (P15) with applicable packets”,

— wiadomość: M155 „Initiation of communication Session,

— wiadomość: M32 „Configuration Determination”,

— wiadomość: M159l „Session established”,

— wiadomość: M129 (P11) “Validated train data”,

— wiadomość: M8 “Acknowledgement of train data”,

— wiadomość: M24 (P57, P58) “General Message with parameters for MA requests and position reporting”,

— wiadomość: M146 “Acknowledgement (of M24)”,

— wiadomość: M132 (P0, P9) “MA request with position report and transition location information”.

Istotnym aspektem koniecznym do pomyślnej realizacji procesu tranzycji jest odpowiednie rozmieszczenie balis. Rozmieszczanie balis powinno odbywać się z uwzględnieniem zależności czasowych wynikających ze specyfiki danego etapu tranzycji.

Proces tranzycji jest nierzadko skomplikowany, a jej przebieg może zostać opisany przez realizację odpowiednich kroków. Dla poszczególnych kroków procesu tranzycji istnieje zazwyczaj więcej niż jeden wariant realizacji.

W ogólnym przypadku można wyróżnić następujące etapy procesu tranzycji:

1. Ustanowienie połączenia z siecią GSM-R,

2. Ustanowienie połączenia z RBC,
3. Zapowiedź tranzycji,
4. Przełączenie

przy czym kroki oznaczone jako 1. i 2. mają zastosowanie wyłącznie w przypadku tranzycji do poziomu ERTMS/ETCS 2.

W dokumentach [7, 8, 9, 10] zdefiniowano przypadki, kiedy żądanie potwierdzenia przez maszynistę tranzycji jest obligatoryjne.

Tabela 1

**Wykaz tranzycji wymagających potwierdzenia przez maszynistę (Źródło: opracowanie własne na podstawie [7, 8, 9, 10])**

|                    |      | Czy wymagane jest potwierdzenie wjazdu do poziomu |     |     |      |
|--------------------|------|---------------------------------------------------|-----|-----|------|
|                    |      | L0                                                | L1  | L2  | LSTM |
| Wjazd z obszaru... | L0   | -                                                 | NIE | NIE | TAK  |
|                    | L1   | TAK                                               | -   | NIE | TAK  |
|                    | L2   | TAK                                               | NIE | -   | TAK  |
|                    | LSTM | TAK                                               | TAK | TAK | -    |

W przypadku, gdy zgodnie z tabelą 1 wymagane jest potwierdzenie tranzycji, a maszynista nie potwierdzi tego faktu w wymaganym czasie wdrażane jest hamowanie służbowe.

Ogólnie schemat opisu tranzycji można przedstawić następująco:

- Wyodrębnienie kroków funkcjonalnych
  - Opis ogólny kroku oraz wyspecyfikowanie wariantów
  - Ograniczenia
  - Rozmieszczenie balis
  - Diagram sekwencji
  - Identyfikacja zagrożeń
- Koncepcja rozmieszczenia balis.

## 5. REALIZACJA TRANZYJCJI NA PRZYKŁADZIE TRANZYJCJI Z POZIOMU ERTMS/ETCS 0 DO POZIOMU ERTMS/ETCS 1

Proces tranzycji można opisać jako realizację poszczególnych kroków, przy czym w ramach poszczególnych kroków możliwe jest występowanie wariantów. Podobna sytuacja występuje w przypadku tranzycji z poziomu ERTMS/ETCS 0 do poziomu ERTMS/ETCS 1. W niniejszym rozdziale przedstawiono pokrótce opis tranzycji z poziomu ERTMS/ETCS 0 do poziomu ERTMS/ETCS 1.

Dla tranzycji z poziomu ERTMS/ETCS 0 do poziomu ERTMS/ETCS 1 wyróżniono następujące kroki funkcjonalne oraz warianty realizacji poszczególnych kroków:

1. Zapowiedź tranzycji do poziomu ERTMS/ETCS 1
- Wariant 1.1 - wykorzystujący nieprzełączalną grupę balis LTA,

— Wariant 1.2 - wykorzystujący przełączalną grupę balis LTA.

2. Przełączenie do poziomu ERTMS/ETCS 1

— Wariant 2.1 – wykorzystujący przełączalną grupę balis LTO.

Dla każdego kroku formułuje się także ograniczenia, np. „procedura przejścia do poziomu ETCS 1 nie powinna powodować dodatkowego ograniczenia prędkości pojazdu ETCS”.

W niniejszej tranzycji wysyłane są następujące wiadomości i pakiety istotne z punktu widzenia tranzycji z poziomu 0 do poziomu 1:

— pakiet: P41 „Level transition order”,

— pakiet: P12 “Level 1 Movement Authority”,

— pakiet: P3 “National Values”.

Wraz z pakietem P41 “Level Transition Order” przesyłana jest tablica priorytetów poziomów, na podstawie której urządzenia pokładowe decydują na jaki poziom wykonana zostanie tranzycja. Tablica ta przesyłana jest każdorazowo przy zapowiedzi zmiany poziomu (LTA) oraz rozkazie natychmiastowej zmiany poziomu systemu ERTMS/ETCS (LTO). Niekiedy, w trakcie tranzycji przesyłane są także zmienne narodowe systemu ERTMS/ETCS. Sytuacja ta może zachodzić wtedy, gdy obszar systemu ERTMS/ETCS, do którego wjeżdża pojazd ETCS cechuje się odmiennym identyfikatorem NID\_C, co może być związane z obowiązywaniem w danym obszarze innych zmiennych narodowych.

Obszary systemu ERTMS/ETCS identyfikowane są poprzez zmienną NID\_C. Mogą obejmować regiony państw, czy też linie kolejowe konkretnych zarządców infrastruktury operujących w danym państwie, ale nie muszą być utożsamiane z granicami administracyjnymi. Pakiet P3: „National Values” należy uwzględnić w tranzycjach pomiędzy obszarami o odmiennych zestawach zmiennych narodowych.

Ponadto, w dalszej części artykułu stosuje się oznaczenia:

— D1 – minimalna odległość pomiędzy grupą balis LTA oraz LTO,

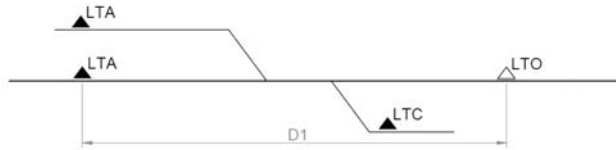
— V – maksymalna prędkość linii kolejowej niewyposażonej,

— T - czas potrzebny urządzeniom pokładowym ETCS na przetworzenie otrzymanej informacji ( $T < 1.5s$ ).

## **5.1. KROK 1 - ZAPOWIEDŹ TRANZYJCJI DO POZIOMU ERTMS/ETCS 1**

Zapowiedź tranzycji może zostać zrealizowana za pośrednictwem balis przełączalnych lub nieprzełączalnych. W przypadku realizacji procesu z wykorzystaniem balis nieprzełączalnych w torze, który nie jest objęty obszarem ERTMS/ETCS 1 należy zastosować grupę balis LTC – odwołującą tranzycję do poziomu ERTMS/ETCS 1. Jeżeli zapowiedź odbywa się z wykorzystaniem balis przełączalnych informacja o tranzycji może zostać przekazana pod warunkiem, iż droga przebiegu obejmuje jazdę na tor objęty systemem ERTMS/ETCS 1. W przypadku, gdy balisa przełączalna posiada jednoznaczną informację o braku potrzeby realizacji (zapowiedzi) tranzycji na tor nie objęty poziomem ERTMS/ETCS 1 możliwa jest rezygnacja ze stosowania balisy LTC. Na rys. 1

przedstawiono uproszczony plan schematyczny dla wariantu 1.1, zawierający rozmieszczenie balis.



Rys. 1. Uproszczony plan schematyczny dla wariantu 1.1 – grupa balis nieprzełączalnych LTA – przed ostatnim rozjazdem przed granicą.

Rozwiązanie to wymaga umieszczenia grupy balis LTC za grupą LTA, w torze, który nie prowadzi do granicy poziomu, w odległości krótszej niż D1. Grupa balis LTC służy do odwołania powiadomienia o przejściu do poziomu 1 i powinna być stosowana w tych torach, które nie prowadzą do granicy poziomów. Odległość D1 to odległość mierzona od grupy balis LTA do grupy balis LTO. Odległość D1 może zostać wyznaczona z zależności:

$$D1 \geq T * V + L\_ACKLEVELTR \quad (1)$$

$$L\_ACKLEVELTR = T_{L\_ACK} * V \quad (2)$$

gdzie:

D1 - odległość mierzona od grupy balis LTA do grupy balis LTO,

T - czas,

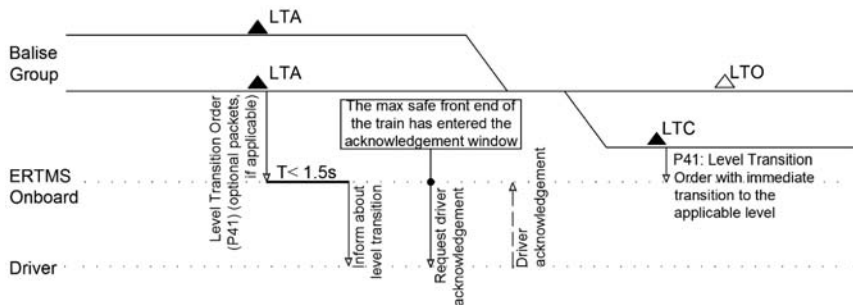
V - dopuszczalna prędkość maksymalna na odcinku linii kolejowej,

L\_ACKLEVELTR - dystans do grupy balis LTO, w którym maszynista otrzyma informację o potrzebie potwierdzenia przełączenia do poziomu ETCS 1,

T<sub>L\_ACK</sub> - maksymalny czas jaki ma maszynista na potwierdzenie tranzycji.

Odległość D1 powinna być uzależniona od czasu T oraz maksymalnej prędkości w poziomie ETCS 0 oraz zmiennej L\_ACKLEVELTR. Zmienna L\_ACKLEVELTR oznacza dystans do grupy balis LTO, w którym maszynista otrzyma informację o potrzebie potwierdzenia przełączenia do poziomu ETCS 1. Wartość zmiennej L\_ACKLEVELTR może zostać ustalona przez Zarządcę Infrastruktury oraz powinna być funkcją maksymalnej dopuszczalnej prędkości na danym odcinku linii kolejowej oraz przyjętego czasu T<sub>L\_ACK</sub> (oznaczenie własne).

Diagram sekwencji zdarzeń dla kroku 1 przedstawiony został na rys. 2



Rys. 2. Diagram sekwencji dla kroku: zapowiedź przełączenia do poziomu 1 - dla wariantu 1.1 – grupa balis nieprzełączalnych LTA – przed ostatnim rozjazdem przed granicą.

Dla przedmiotowej tranzycji na rysunku 2 przedstawiono schemat z rozmieszczeniem balis dla tranzycji oraz przedstawiono pakiety wysyłane przez poszczególne balisy – istotne z punktu widzenia tranzycji.

Realizacja procesu tranzycji niesie za sobą pewne zagrożenia, które mogą przekształcić się w sytuacje uniemożliwiające poprawną realizację procesu. W tabeli 2 zestawiono przykładowe zagrożenia wraz z ich potencjalnym skutkiem oraz proponowanymi działaniami mitygującymi.

Tabela 2

#### Zidentyfikowane zagrożenia (opracowanie własne)

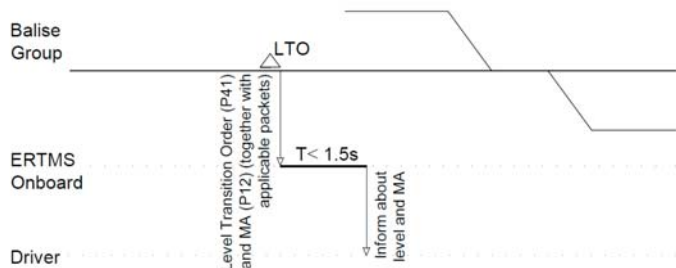
| Lp.  | Zagrożenie                                            | Potencjalny skutek                                                                                                                                               | Działania mitygujące                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1. | niepowodzenie w odczycie informacji z grupy balis LTA | maszynista nie zostanie poinformowany o zbliżającej się zmianie poziomu                                                                                          | powtarzanie informacji przekazywanych podstawowo przez grupę LTA w innych grupach balis.<br>Ponieważ nie wymaga się stosowania zapowiedzi przy przejściu z poziomu STM do poziomu ETCS 1, obojęcie to należy rozpatrywać w zależności od konkretnego projektu. |
| 1.2. | niepowodzenie w odczycie informacji z grupy balis LTC | po przejechaniu zapowiadanej odległości dokonane zostanie przejście jednak w związku z brakiem zezwolenia na jazdę pojazd ETCS zostanie wyhamowany („trip mode”) | powtarzanie informacji przekazywanych podstawowo przez grupę LTC w innych grupach balis lub poprzez zastosowanie balis przełączalnych w grupie LTA.                                                                                                            |

## 5.2. KROK 2 - PRZEŁĄCZENIE DO POZIOMU ERTMS/ETCS 1

Przełączenie do poziomu ERTMS/ETCS 1 następuje po przejechaniu pojazdu ETCS nad grupą balis LTO. Grupa balis LTO przesyła pakiet oznaczony jako P41 z żądaniem natychmiastowego przełączenia do poziomu ETCS 1 oraz pakiet P12 z zezwoleniem na jazdę w poziomie ERTMS/ETCS 1. Rozmieszczenie balis oraz diagram sekwencji dla kroku 2 przedstawiono na rysunkach 3 i 4.



Rys. 3. Uproszczony schemat układu torowego dla kroku: przełączenie do poziomu 1: wariant 2.1 – wykorzystujący przełączalną grupę balis LTO



Rys. 4. Diagram sekwencji dla kroku: przełączanie do poziomu 1- wariant 2.2.

Przetworzenie pakietu otrzymanego z grupy balis przez urządzenia pokładowe realizowane jest w czasie  $T < 1,5s$ .

Maszynista powinien potwierdzić przełączenie w czasie do 5 s po minięciu grupy balis LTO. Zgodnie z [7, 8, 9, 10] potwierdzenie przełączenia z poziomu ERTMS/ETCS 0 do poziomu ERTMS/ETCS 1 nie jest obligatoryjne, natomiast jest ono zalecane. W przypadku, gdy zgodnie z tabelą 1 wymagane jest potwierdzenie tranzycji, a maszynista nie potwierdzi tego faktu w wymaganym czasie wdrażane jest hamowanie służbowe. Dla kroku 2 zidentyfikowano zagrożenia przedstawione w tabeli 3.

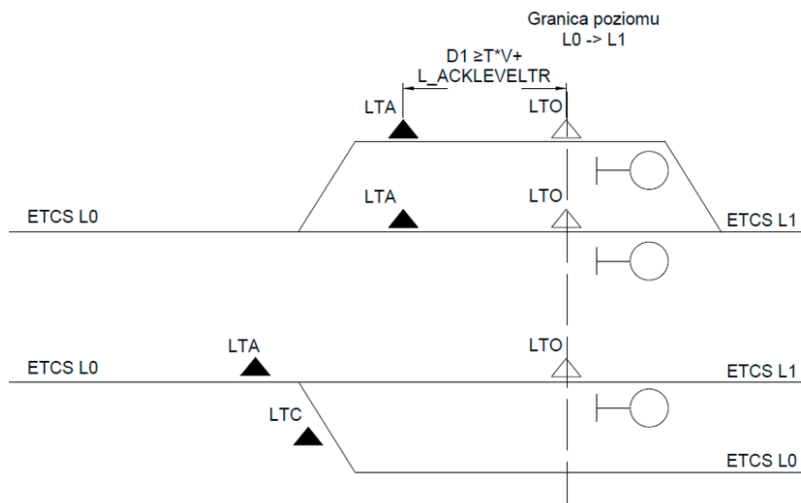
Tabela 3

## Zidentyfikowane zagrożenia (opracowanie własne)

| Lp.  | Zagrożenie                                     | Potencjalny skutek                                                                                                                                                                                                            | Działania mitygujące                                                                                                                    |
|------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1. | błędne odczytanie informacji z grupy balis LTO | Pojazd wyposażony w system ETCS będzie kontynuował jazdę w trybie STM do kolejnej grupy balis, przekazującej zezwolenie na jazdę.<br>Pojazd ETCS powinien znajdować się pod nadzorem systemu ETCS 1 w obszarze poziomu ETCS 1 | — powtarzanie informacji przekazywanych podstawowo przez grupę LTO w innych grupach balis (np. LTA)<br>— redundancja balis w grupie LTO |

W wyniku wyspecyfikowania kroków funkcjonalnych oraz ich wariantów można opracować schematy rozmieszczenia balis niezbędnych dla tranzycji z poziomu ERTMS/ETCS 0 do poziomu ERTMS/ETCS 1. Przykładowy schemat przedstawiono na rysunku 5.

Na schemacie oznaczono obszar wyposażony w ERTMS/ETCS 0, granicę poziomów oraz obszar wyposażony w ETCS 1. Dla przyjętego układu torowego zaproponowano rozmieszczenie balis zgodnie z wariantami opisanymi powyżej. Należy podkreślić, iż rozmieszczenie balis jest silnie uzależnione od konkretnego układu torowego, niemniej projektując rozmieszczenie balis należy uwzględniać wymagane zależności czasowe.



Rys. 5 Przykład rozmieszczenia balis dla tranzycji z ERTMS/ETCS 0 do ERTMS/ETCS 1.

## 6. PODSUMOWANIE

W artykule nakreślono opis procesu tranzycji pomiędzy obszarami systemu ERTMS/ETCS różnych poziomów. W związku z coraz szerszą implementacją systemu ERTMS/ETCS i występowaniem stycznych obszarów systemu ERTMS/ETCS różnych poziomów proces tranzycji będzie występował na sieci kolei polskich coraz częściej [1, 2, 4]. Tak jak podkreślono w artykule proces ten jest skomplikowany i bardzo często może zostać zrealizowany w odmienny sposób, a opracowanie koncepcji tranzycji wymaga dogłębnej analizy [6] wielu specyfikacji, subsetów oraz innych dokumentów o charakterze normatywnym. Należy powiedzieć, że tranzycja nie może odbyć się bez odpowiedniego rozmieszczenia urządzeń przytorowych - balis. Wspomniane rozmieszczenie uzależnione jest od konkretnego układu torowego, odpowiednich czasów – charakterystycznych dla danej tranzycji - nakreślonych w odpowiedniej dokumentacji technicznej (subsetach).

Wyzwaniem jakie stoi przed branżą kolejową w najbliższych latach jest realizacja tranzycji na obszarach o różnych wersjach systemu. Tym bardziej istotna staje się tematyka tranzycji, unifikacja jej opisu oraz realizacji.

### Bibliografia

1. Bastek J. „Praktyczne wdrożenia rozwiązań dla tranzycji, które występują bądź pojawiają się na sieci PKP PLK”, BAiT, PKP PLK S.A., WT PW, prezentacja
2. Drobysz T.: „ERTMS/ETCS/GSM-R na sieci PKP PLK S.A.- realizacja i wdrożenia”, BAiT, PKP PLK S.A., Cezdyna 2017, prezentacja

3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie
4. Koper E. „Charakterystyka tranzycji pomiędzy poziomami ERTMS/ETCS. Opis tranzycji.” OCT, WT PW, prezentacja
5. Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa: „Krajowy plan wdrażania technicznej specyfikacji interoperacyjności „sterowanie””, czerwiec 2017
6. 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
7. SUBSET-026 System Requirements Specification – wydanie 2.3.0
8. SUBSET-026 System Requirements Specification – wydanie 3.3.0
9. SUBSET-026 System Requirements Specification – wydanie 3.4.0
10. SUBSET-026 System Requirements Specification – wydanie 3.6.0
11. SUBSET-023 Glossary of Terms and Abbreviations
12. OCT „Wymagania techniczne, funkcjonalne i eksploatacyjne powiązania i współpracy systemów ERTMS/ETCS różnych poziomów i wersji oprogramowania – wewnątrz sieci PKP PLK oraz na odcinkach granicznych”, grudzień 2017
13. SUBSET-108 Interoperability-related consolidation on TSI annex A documents 1.2.0
14. Hayes J., ATO over ETCS, Achieving Metro Headways on the Mainline, prezentacja wygłoszona w trakcie Control Command and Railway Communication Conference 2017, listopad 2017
15. Senesi F., Innovation solution for a decommissioning strategy of the class B: the Italian path, prezentacja wygłoszona w trakcie Control Command and Railway Communication Conference 2017, listopad 2017
16. Marcel van der Vliet, Nicola Furness ERTMS Hybrid Level 3. A collaborative initiative by ProRail and Network Rail, prezentacja wygłoszona w trakcie 1st UIC Global Conference on Signalling, The Evolution of ERTMS, Mediolan, marzec 2018
17. Automatic Train Operation Increase capacity and reduce costs with Trainguard® ATO and ETCS, materiały firmy Siemens AG, 2018
18. Mo Zhisong, Application and Development Trend of CTCS, Infrastructure Department of China Railwa, prezentacja wygłoszona w trakcie 1st UIC Global Conference on Signalling, The Evolution of ERTMS, Mediolan, marzec 2018
19. Pavel Popov, The Present and the Future of ATO in Russia, prezentacja wygłoszona w trakcie 1st UIC Global Conference on Signalling, The Evolution of ERTMS, Mediolan, marzec 2018

## TRANSITIONS IN ERTMS/ETCS SYSTEM

**Summary:** The article concerns the issue of transition in ERTMS/ETCS system. The document discusses the selection and distribution of balises relevant for transition. The possibilities and limitations resulting from the selected configuration of the system in the scope of balises are presented. General principles of transition execution were also presented and a unified description of transitions between ERTMS/ETCS levels was proposed. The article describes balis groups important from the point of view of transition and telegrams exchanged in the process of transition. The selected example shows a description of transitions, including specified functional steps, their variants and an analysis of hazards for particular stages. The article highlights the complexity of the transition process and the fact that the issue of transition between the levels of ERTMS/ETCS system will be a real challenge for the railway industry in the upcoming years.

**Keywords:** ERTMS/ETCS system, transitions, balise