ETCS L1 Limited Supervision – szansą na szybką interoperacyjność na polskiej kolei

mgr inż. Dobromir Jasiński – Rail-Mil sp. z o.o.
mgr inż. Łukasz Sitarek – Rail-Mil sp. z o.o.

1. Uwarunkowania wstępne

W przyjętym w Polsce, w czerwcu 2024 r., Krajowym Planie Wdrożenia Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie", zapisano: „W ramach dostępnych interoperacyjnych rozwiązań dla części sieci znajdującej się poza TEN-T można wyróżnić zabudowę systemu ETCS poziom 1 Limited Supervision. Tego typu rozwiązanie jest mniej skomplikowane technicznie niż klasyczny ETCS poziomu 1 lub 2. Specyfikacja tego systemu co do zasady wykazuje ponoszenie mniejszych nakładów finansowych w stosunku do klasycznego systemu, w zakresie wdrażania oraz jego późniejszej eksploatacji". Stwierdzić w tym kontekście trzeba, że idea szerokiego wykorzystania rozwiązania ETCS poziomu 1 Limited Supervision na polskiej sieci kolejowej nie jest koncepcją nową.

Za sprawą prowadzonych przez Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego działań na rzecz wdrażania na polskiej sieci kolejowej systemu ETCS poziomu 1 Limited Supervision, jeszcze w 2020 r. została opracowana przez Ośrodek Certyfikacji Transportu na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej: *Ekspertyza możliwości eksploatacyjno-technicznych wdrożenia w Polsce ETCS poziom 1 LS na liniach kolejowych nieprzewidzianych do wyposażenia w pełną wersję ETCS poziomu 1 lub 2 w obecnym krajowym planie wdrażania TSI Sterowanie*. W ramach tej Ekspertyzy opracowane zostały trzy warianty możliwego wdrożenia ETCS poziomu 1 Limited Supervision w Polsce. Przedmiotowe trzy warianty stanowiły również punkt wyjścia do prowadzonego w 2022 r. przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. dialogu technicznego z producentami urządzeń ETCS w ramach wstępnych konsultacji rynkowych: *Wdrożenie sytemu ETCS L1 Limited Supervision na liniach kolejowych nieobjętych Krajowym Planem Wdrażania TSI „Sterowanie*.

Zdaniem autorów, dla zwiększenia szans na realizację tego przedsięwzięcia, możliwe jest przyjęcie zoptymalizowanych rozwiązań technicznych, które sprawią, że rozwiązania ETCS poziomu 1 Limited Superviosion będą możliwe do szybkiego, niskokosztowego i efektywnego wdrożenia w Polsce.

2. Opis założeń ETCS L1 Limited Supervision

Zgodnie z przywołaną powyżej Ekspertyzą OCT Politechniki Warszawskiej oraz rozwiązaniami wypracowanymi w ramach dialogu technicznego prowadzonego przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. w 2022 r., można wyróżnić następujące założenia dla wdrażania Limited Supervision na polskiej sieci kolejowej:

- Prowadzenie pojazdu przez maszynistę w oparciu o wskazania sygnalizacji przytorowej, z ograniczeniem przez system ETCS L1 LS niebezpiecznych incydentów kolejowych, takich jak SPAD (ang. *signal passed at danger*).
- Funkcjonalność nie gorsza od istniejącego systemu klasy B (SHP).
- Łatwość utrzymania systemu – poprzez standaryzację rozwiązania.
- Znacząco niższe koszty zabudowy w porównaniu do ETCS L1 FS.
- Niskie koszty utrzymania systemu.
- Pełna interoperacyjność – bez zastosowania specyficznych rozwiązań narodowych, takich jak Pakiet 44 (ang. *Data used by applications outside the ERTMS/ETCS system)*.

Rezultatem tych założeń było wypracowanie koncepcji instalacji ETCS L1 Limited Supervision w trzech wariantach:

- wariant 1 jako najprostszy miał funkcjonalnie zastąpić stosowany obecnie w Polsce system SHP. W wariancie tym wykorzystywane są jedynie Eurobalisy, bez koderów LEU;
- warianty 2 i 3 rozszerzone są o wykorzystanie kodera LEU.

W ramach prac badawczo-rozwojowych prowadzonych przez Rail-Mil sp. z o.o., wchodzącą w skład Kombud Group S.A., przeprowadzona została pogłębiona analiza techniczna wyżej wskazanych trzech wariantów. W rezultacie opracowana została koncepcja rozwiązania technicznego, którego celem jest dalsze uproszczenie instalacyjne oraz rozbudowanie funkcjonalności Limited Supervision, określana jako: „Standaryzowany ETCS L1 LS".

Pierwsza wersja niniejszej propozycji została przedstawiona podczas konferencji naukowej *Cyfrowa Kolej – Limited Supervision* zorganizowanej przez Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej w listopadzie 2023 r. W konferencji wzięli udział przedstawiciele środowiska kolejowego, w tym przedstawiciele Komisji Europejskiej, regulatorów rynku oraz przemysłu.

3. „Standaryzowany ETCS L1 LS"

Uproszczenia standaryzowanego systemu ETCS L1 LS pozwalają na redukcję kosztu wdrożenia (projektu i instalacji), w szczególności dzięki mniejszej ilości danych, których należy użyć do skonfigurowania systemu w porównaniu do ETCS L1 FS.

Na szybkość wdrożenia wpływa również długość i złożoność procedur odbiorowych po zakończeniu inwestycji. Aktualnie system ETCS jest testowany i odbierany na podstawie jazd testowych, pojazdem wyposażonym w urządzenia pokładowe, prowadzonych dla weryfikacji spełnienia warunków określonych w scenariuszach operacyjnych. Ujednolicone oprogramowanie urządzeń standaryzowanego ETCS L1 LS pozwala na jednorazowe zweryfikowanie telegramów zawartych w albumie na poligonie, a następnie na powielanie tych konfiguracji na sieci kolejowej w ramach konkretnych instalacji.

Opracowując rozwiązanie „Standaryzowanego ETCS L1 LS" , autorzy przyjęli następujące cele techniczne i organizacyjne:

- Przejście od indywidualnego projektowania, dla jednostkowych przypadków, do przemysłowej obszarowej instalacji predefiniowanych rozwiązań.
- Uniwersalność rozwiązania umożliwiająca przenoszenie urządzeń niezależnie od lokalizacji.
- Brak rygorystycznych wymagań dotyczących dokładności instalacji (zbędne pomiary geodezyjne).
- Wykorzystanie albumu telegramów typowych (ATT).
- Zastosowanie funkcji łączenia grup balis (linking) tylko w newralgicznych lokalizacjach
- Umieszczenie grup Eurobalis w miejscach, gdzie dana funkcjonalność grupy Eurobalis ma zacząć obowiązywać, co ułatwia czytelność rozwiązania.
- Możliwość pełnej obsługi (nadzór, diagnostyka, naprawa usterek, przeprogramowanie) przez personel zarządcy infrastruktury, osiągnięta dzięki powtarzalnym konfiguracjom i sposobie podłączenia LEU do sygnalizatorów.
- Obszarowe i ustandaryzowane podejście do procedury „preautoryzacji" (zharmonizowanego wdrożenia ERTMS).
- Wykorzystanie modułów jakościowych podczas certyfikacji – co ma pozwolić ujednolicić proces certyfikacji poszczególnych instalacji.
- Automatyzacja weryfikacji telegramów Eurobalis i LEU oraz porównywania z elektroniczną wersją dokumentacji albumowej.
- Uproszczenie procesu odbiorowego – brak konieczności realizacji testów pojazdem.

- Wprowadzenie krótkiego odcinka LSTM/L0 na granicy FS z LS, dzięki temu przy instalacji systemu LS nie będzie konieczne wykonywanie zmian w istniejących instalacjach FS.
- Ograniczenie skutków zdarzeń SPAD, takich jak kolizje i wykolejenia (rozwiązanie ma wymusić zatrzymanie przed miejscem niebezpiecznym, np. w drodze ochronnej).
- Ograniczenie negatywnego oddziaływania ETCS na płynne prowadzenie pociągu, obserwowanego w obecnych instalacjach przytorowych ETCS FS.

3.1. Album telegramów typowych (ATT)

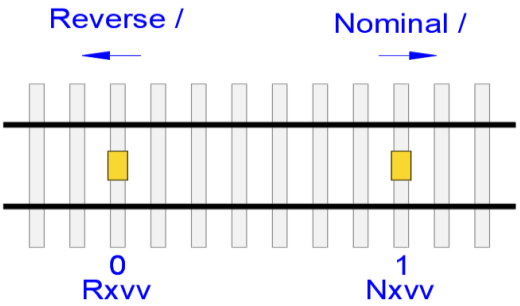
Standaryzacja – jest kluczem do sukcesu wdrożenia Limited Supervision na szeroką skalę. Znacząco może zostać uproszczony proces projektowania, przygotowywania danych i odbiorów. Autorzy proponują wykorzystanie klasycznej idei towarzyszącej sterowaniu ruchem kolejowym od czasu systemów przekaźnikowych. Skoro bowiem w systemach przekaźnikowych projektanci posługują się „albumem schematów typowych", to w przypadku systemu „Standaryzowanego ETCS L1 LS" warto posłużyć się przez analogię „albumem telegramów typowych". W ten sposób, zamiast indywidualnego projektowania, może zostać złożony konkretny projekt zabudowy z odpowiednio dobranych modułów.

Podstawowe założenia ATT

- Wielokrotne wykorzystanie tego samego identyfikatora grupy balis NID_BG.
- Grupy Eurobalis składają się zawsze z dwóch sztuk.
- Pakiety podzielone są w zależności od kierunku obowiązywania:
    - Eurobalisa R (N_PIG=0) zawiera tylko pakiety dla kierunku wstecz (Reverse);
    - Eurobalisa N (N_PIG=1) zawiera tylko pakiety dla kierunku naprzód (Nominal).
- Jednoznacznie określone funkcje telegramów poprzez zastosowanie kodowania numerycznego (Nxvv_hzz, Rxvv_hzz):
    - „x" – funkcja telegramu (np. 1 – ostrzeżenie wymagające potwierdzenia przez maszynistę, 2 – zmiana prędkości itd.)
    - „vv" – obowiązująca dopuszczalna prędkości Vmax, np. "N206 tel." to telegram zmieniający prędkość maksymalną na 60 km/h dla kierunku Nominal.
    - „hzz" – (opcjonalnie) zestandaryzowana długość zezwolenia na jazdę w hektometrach
- Walidacja telegramów odbywa się tylko jeden raz podczas ich tworzenia i dodawania do ATT.
- Optymalizacja w zakresie projektowania. Projektant dobiera zawartość Eurobalis z ATT w zależności od funkcji, jaką w danym miejscu mają spełniać. Na tej podstawie tworzony będzie uproszczony plan schematyczny i zestawienie tabelaryczne konfiguracji Eurobalis.
- ATT zawiera również telegramy do programowania LEU oraz wzorcowe tablice decyzyjne dla LEU.
- Ustandaryzowanie połączenia tablic decyzyjnych z zestawem telegramów.

Przyjęte uproszczenia do ATT

- Na całym obszarze obowiązuje gradient = 0.
- Standardowe Zezwolenie na jazdę na odległość 30 km, jest aktualizowane w momencie odczytu kolejnej grupy Eurobalis.
- Profil prędkości zawiera tylko jedną wartość. Nadzorowanie maksymalnej prędkości obowiązuje do odczytania kolejnej grupy z inną wartością Vmax.
- W przypadku LEU nadzorowanie do 8 lub 16 świateł semafora (taki sam schemat podłączenia dla wszystkich semaforów).



Rys. 1. Standaryzacja nazewnictwa Eurobalis [opracowanie własne]

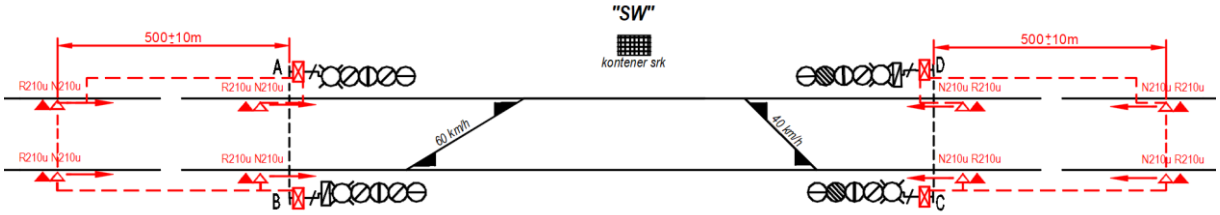
Podstawowym założeniem jest, aby zestaw telegramów ATT był otwarty i dostępny dla wszystkich uczestników rynku. Powinien to być obowiązujący powszechnie standard, być może sformalizowany nawet w ramach dokumentu instrukcji Zarządcy Infrastruktury oraz powinien zawierać telegramy zwalidowane z opisem ich funkcjonalności (wpływu na pojazdowe urządzenia ETCS) i z jasną instrukcją, w jakich lokalizacjach mogą zostać użyte.

3.2. **Standaryzacja danych i procesu projektowego**

Zastosowanie ujednoliconej bazy telegramów i konfiguracji LEU pozwoli na znaczne ograniczenie nakładów poświęconych na inżynierię danych tj. tworzenie mapy trasy i konfiguracji telegramów Eurobalis. Standaryzacja telegramów zapewni również możliwość przenoszenia urządzeń ETCS między poszczególnymi miejscami instalacji. Ponadto, standardowe konfiguracje Eurobalis i LEU pozwolą na zmianę sposobu utrzymania urządzeń ETCS z punktu widzenia Zarządcy Infrastruktury. Zamiast złożonego systemu, użytkownik pracuje na zbiorze indywidualnych urządzeń łatwych do zlokalizowania, naprawy lub modyfikacji. Każda późniejsza modernizacja posterunków ruchu (np. zmiana prędkości, dobudowa rozjazdu itp.) wpłynie wyłącznie na konfigurację kilku najbliższych grup Eurobalis. Oznacza to, że rekonfiguracja systemu będzie mogła być wykonywana nawet przez wykfalifikowany personel Zarządcy Infrastruktury.

Również standaryzacja projektowania stanowi warunek efektywnego wdrożenia systemu ETCS L1 LS z uwagi na znaczny wolumen dokumentacji wymagającej aktualizacji przy ogólnokrajowym wdrożeniu systemu. Należy wziąć pod uwagę, że znaczna część zakresu inwestycji obejmuje linie drugorzędne i linie znaczenia miejscowego, gdzie dokumentacja systemów SRK prowadzona jest w formie niezdigitalizowanej (papierowej), która ponadto może nie odzwierciedlać stanu istniejącego. Wiąże się z tym proces inwentaryzacji stanu istniejącego i aktualizacji dokumentacji obiektowej, co generuje istotne koszty i ryzyka jakościowe, jednocześnie znacząco wydłużając proces implementacji sytemu. Mając to na uwadze, pełna aktualizacja dokumentacji systemów warstwy podstawowej w ramach instalacji systemu ETCS L1 LS jest sprzeczna z dotychczas zakładaną ideą szybkiego i kosztowo efektywnego wdrożenia systemu.

Dlatego rekomenduje się dopuszczenie standaryzowanych arkuszy projektowych stanowiących arkusze nakładkowe na projekty warstwy podstawowej obejmujące zmiany wprowadzone podczas implementacji systemu ETCS. Największy potencjał standaryzacji i arkuszy nakładkowych dotyczy planu schematycznego i schematów obwodów świateł sygnalizatorów. Zastosowanie z góry zdefiniowanego, schematycznego przypisania wejść/wyjść LEU do komór obwodów świateł umożliwia półautomatyczne generowanie arkuszy na podstawie uzgodnionych z Zarządcą Infrastruktury reguł projektowych, przy zachowaniu obowiązkowej walidacji schematów przez projektanta. Efektem będzie znaczne skrócenie procesu projektowego, zwiększenie powtarzalności i spójności dokumentacji oraz redukcja ryzyka rozbieżności pomiędzy danymi systemu ETCS, dokumentacją systemu ETCS i dokumentacją warstwy podstawowej.



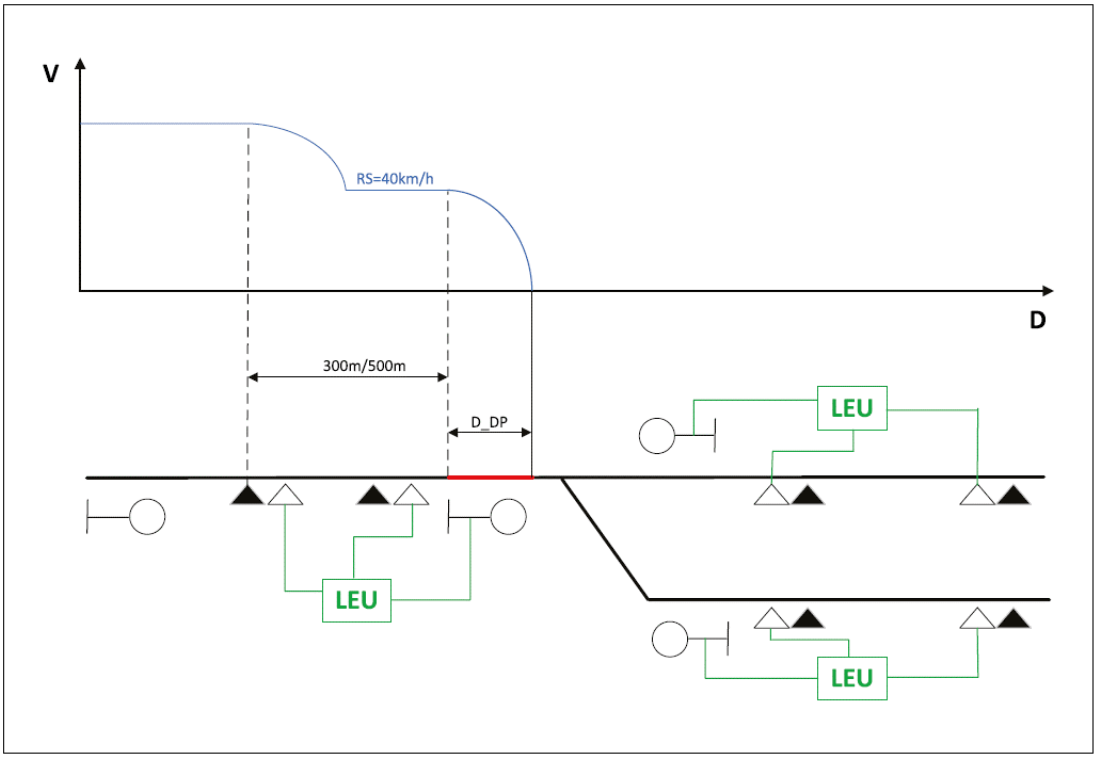
Rysunek 1. Schemat nakładkowy na plan schematyczny posterunku odgałęźnego uwzględniający nazwę posterunku, układ torowy, wskazania sygnalizatorów i konfigurację urządzeń ETCS L1 LS.

3.3. Ograniczenie skutków zdarzeń SPAD

Podstawowa funkcjonalność systemu „Standaryzowany ETCS L1 LS" to wymuszenie hamowania pojazdu przed semaforem wskazującym „stój", ograniczenie prędkości lub sygnał wątpliwy. Jednocześnie, projektując rozwiązanie, autorzy mieli na uwadze dotychczasowe negatywne doświadczenia przewoźników związane ze zbyt wczesnym ograniczaniem prędkości pojazdów przez ETCS FS podczas redukowania prędkości. Przyczyną takich sytuacji są przede wszystkim restrykcyjne (długie) krzywe hamowania, rozmieszczenia grup Eurobalis przy tarczy ostrzegawczej oraz niewykorzystywanie dystansu przed miejscem niebezpiecznym, w którym pojazd może "dokończyć" hamowanie. Wprowadzenie w ramach „Standaryzowany ETCS L1 LS" zoptymalizowanych wartości zmiennych wraz z współczynnikami korekcyjnymi również wpłynie na skrócenie długości krzywych hamowania.

Zaproponowane rozwiązanie jest kompromisem między ograniczeniem skutków SPAD a zbyt wczesnym rozpoczęciem hamowania (w porównaniu z prowadzeniem pojazdu bez nadzoru ETCS) oraz standaryzacją rozwiązania (ograniczenie liczby konfiguracji LEU).

W tym kontekście, jako kompromisowe, uznano umieszczenie grupy zabezpieczającej semafor wjazdowy w odległości wynikającej z dopuszczalnej prędkości z jaką można dojechać do semafora. Zakłada się trzy standardowe odległości . Dla semaforów stacyjnych i semaforów SBL zakłada się więcej standardowych odległości z uwagi na ograniczenie ich długości i obowiązującej na nich prędkości.



Rys. 2. Idea funkcjonalności na układzie torowym [opracowanie własne]

4. Konkluzja

Oczywistym stwierdzeniem jest, że na polskiej sieci kolejowej konieczne jest wdrożenie rozwiązania umożliwiającego rezygnację z przestarzałego systemu klasy B, którym jest obecnie eksploatowany system SHP. Prowadzona od kliku lat na rynku kolejowym dyskusja w tym kierunku, koncentruje się na rozwiązaniach z zakresu ETCS L1 Limited Supervision (jako standardzie interoperacyjnym, a jednocześnie podnoszącym bezpieczeństwo).

Opracowana przez inżynierów wchodzących w skład Kombud Group S.A., koncepcja „Standaryzowany ETCS L1 LS" jest rozwiązaniem powtarzalnym, niskokosztowym (zwłaszcza przy zakładanej skali wdrożenia), a jednocześnie w pełni modułowym i podatnym na rozbudowę do wersji ETCS Full Supervision. Jednocześnie kluczowe znaczenie, z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacyjnego, ma w tym kontekście możliwość ograniczenia skutków zdarzeń typu SPAD.

Uwzględniając powyższe uwarunkowania, stoimy na stanowisku, iż podjęcie działań zmierzających do szerokiego wdrożenia systemu ETCS L1 LS na liniach kolejowych nieujętych w sieci bazowej i kompleksowej TEN-T, stanowi absolutny priorytet w perspektywie zapewnienia bezpieczeństwa oraz pełnej interoperacyjności polskiej sieci kolejowej (postulowana przez Agencję Kolejową Unii Europejskiej szybka likwidacja systemów klasy B). Wdrożenie „Standaryzowany ETCS L1 LS" jest również rozwiązaniem efektywnym od strony finansowej, ponieważ przy relatywnie niskich kosztach instalacji, umożliwia implementację ETCS L1 LS na całej polskiej sieci kolejowej nieujętej w sieci bazowej i kompleksowej TEN-T, w perspektywie nie dłuższej niż 10 lat (przy odpowiedniej alokacji środków finansowych oraz uproszczeniu regulacji).

Źródła:

[1] Ministerstwo Infrastruktury, Krajowy Plan Wdrażania Specyfikacji Interoperacyjności *Sterowanie*, 2024.

[2] Politechnika Warszawska, *Ekspertyza możliwości eksploatacyjno-technicznych wdrożenia w Polsce ETCS poziom 1 LS na liniach kolejowych nieprzewidzianych do wyposażenia w pełną wersję ETCS poziomu 1 lub 2 w obecnym krajowym planie wdrażania TSI Sterowanie*, 2020.
[3] *ETCS L1LS und die Interoperabilität des europäischen Eisenbahnnetzes*, SINGAL + DRAHT (116) 9/2024.