



**Łukasz
Tokarczyk**



**Łukasz
Basiaga**

Rejestratory prawne w pojazdach szynowych

Sygnały bezpieczeństwa i ich interpretacja

Streszczenie

Celem artykułu jest przybliżenie zakresu sygnałów zapisywanych w rejestratorach prawnych używanych w kolejnictwie oraz ich interpretacji. W metodyce badawczej wykorzystano zarówno pomiary sygnałów w ramach testów przed eksploatacyjnych pojazdów kolejowych produkowanych w Newag SA, jak również późniejszą obserwację sygnałów podczas użytkowania. W wyniku finalnych analiz możliwe stało się wyszczególnienie sygnałów kluczowych dla bezpieczeństwa, jak również określenie ich prawidłowej interpretacji w odniesieniu analizowanego zdarzenia.

Słowa kluczowe

Rejestrator prawny, analiza danych, interpretacja danych.

Otrzymano 24 sierpnia 2023 r., zatwierdzono do druku 27 września 2023 r.

DOI 10.4467/15053520PnD.23.008.18666

1. Wstęp

Rejestratory prawne stosowane w niemal każdym pojeździe szynowym są nierozłącznym elementem zarówno podczas analiz powypadkowych, jak również analiz eksploatacyjnych czy statystycznych. Obecnie jako elementy wymienione w TSI LOC&PAS¹ [1] i TSI CCS² [2] muszą spełnić szereg wymagań. Dodatkowo w ostatnim czasie realizują także funkcje nadzorowania czujności maszynisty zgodnie z kartą UIC 641³ [3]. Realizacja wskazanej karty, jak również Listy Pre-

Inż. Łukasz Tokarczyk, Dział Badań i Rozwoju NEWAG IP Management Sp. z o.o., ORCID 0009-0000-9845-7794, **inż. Łukasz Basiaga**, Dział Badań i Rozwoju NEWAG IP Management Sp. z o.o., ORCID 0009-0002-7097-2000.

¹ TSI LOC&PAS – (ang. *Technical Specification for Interoperability*) techniczne specyfikacje interoperacyjności odnoszące się do podsystemu „Tabor – lokomotywy i tabor pasażerski” systemu kolei w Unii Europejskiej.

² TSI CCS – (ang. *Technical Specification for Interoperability*) techniczne specyfikacje interoperacyjności odnoszące się do podsystemu „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej.

³ UIC – (fr. *Union internationale des chemins de fer*) organizacja zrzeszająca przedsiębiorstwa zajmujące się transportem kolejowym i reprezentujące je na arenie międzynarodowej.

zesa UTK⁴ [4], prowadzi do implementacji w produkowanych pojazdach funkcji Czuwaka Aktywnego (CA) lub systemu SIFA⁵ (czuwak pasywny). Oprócz systemu czujności maszynisty pojazdy wyposażone są także w systemy bezpieczeństwa, takie jak ETCS⁶, RadioStop oraz systemy narodowe w zależności od kraju eksploatacji (np. SHP, LS, EVM, PZB, LZB, ECM⁷).

Taki stan rzeczy wymaga rejestracji bardzo wielu sygnałów bezpośrednio lub pośrednio związanych z bezpieczeństwem. O ile część sygnałów opisana jest wprost w przedmiotowych wymaganiach i normach, o tyle znaczna część jest wynikiem zebranego doświadczenia i późniejszych analiz. Duże wyzwanie stanowi także późniejsza analiza sygnałów i prawidłowe ich odniesienie do konkretnej sytuacji. Właściwa interpretacja sygnałów winna być oparta o wiedzę z zakresu specyfiki zapisu, jak również znane zwłoki dostarczania sygnałów od źródła do rejestratora i błędy pomiarowe.

2. Sygnały bezpieczeństwa w pojazdach kolejowych

2.1. Sygnały z urządzeń bezpieczeństwa

W tabeli 1 przedstawiono parametry systemu bezpieczeństwa konieczne do jego prawidłowej diagnostyki wraz z przykładami.

Tabela 1. Diagnostyka systemu bezpieczeństwa.

Sygnal bezpieczeństwa	Przykład (Czuwak Aktywny – CA)
Stan pracy systemu	Błąd rejestratora, izolacja*
Stan ostrzeżenia systemu	Lampa CA, Buczek CA
Stan ingerencji systemu	Hamowanie z czuwaka
Stan interakcji z maszynistą	Kasowanie CA
Stan degradacji	Wdrożona izolacja CA

Do opracowania listy sygnałów zasadne jest stosowanie jako walidacji zestawień określających podstawowe sygnały bezpieczeństwa wraz z ich odniesieniami. Z przyczyn technicznych mogą występować trudności z jednoznacznym przyporządkowaniem sygnału. W przypadku oznaczonym w tabeli 1 „*”, jako stan pracy systemu założyć należy, że system pracuje, gdy nie ma błędu urządzenia wpływającego na jego funkcjonalność oraz nie jest izolowany. Dla prawidłowej diagnostyki stanu pracy systemu należy użyć zatem dwóch sygnałów, z których jeden sy-

⁴ UTK – Urząd Transportu Kolejowego.

⁵ SIFA – (niem. *Sicherheitsfahrerschaltung*) system czujności maszynisty według niemieckich standardów.

⁶ ETCS – (ang. *European Train Control System*) Europejski System Sterowania Pociągami.

⁷ SHP, LS, EVM, PZB, LZB, ECM – narodowe systemy bezpieczeństwa dla poszczególnych krajów europejskich SHP – Polska, LS – Czechy/Słowacja, EVM – Węgry, PZB/LZB – Niemcy/Austria, ECM – Włochy.

gnalizuje pracę wszystkich elementów bezpiecznych rejestratora prawnego, a drugi odpowiada za bezpośrednią izolację systemu z poziomu obsługi.

2.2. Sygnały z pracy maszynisty

Do sygnałów rejestrowanych, wynikających z pracy maszynisty, zaliczyć należy sygnały m.in. z:

- nastawnika hamulca zespolonego PN (hamowanie nagłe, hamowanie służbowe),
- nastawnika jazdy (procent zadanej mocy, luzowanie hamulca utrzymującego, hamowanie nagłe),
- hamulca bezpieczeństwa,
- hamulca postojowego,
- przełączników wyboru kierunku jazdy,
- manipulatora syren pneumatycznych,
- funkcji sygnału alarm A1 (wg Instrukcji Ie-1 [5]),
- układu zadziałania piasecznic,
- układu próby hamulca.

Rejestrowane powinny być wszystkie elementy mające wpływ na bezpieczeństwo i prowadzenie pojazdu. W tym przypadku walidacja odbywa się na zasadzie odwrotności – na wstępie zakłada się rejestrację każdego elementu mającego wpływ na pojazd, a następnie analizuje się każdy jego sygnał pod względem przydatności dla bezpieczeństwa. Nie bez znaczenia jest także przydatność eksploatacyjna i statystyczna. Dopiero kiedy danego sygnału nie można zakwalifikować do żadnej z powyżej wymienionych rezygnuje się z jego rejestracji.

W zależności od wyposażenia i funkcji, jak również zastosowanych interfejsów HMI⁸ (*Human-Machines Interfaces*) liczba sygnałów z samych tylko kabin maszynistów oscyluje w granicach 100.

2.3. Stany urządzeń i informacje z przestrzeni pasażerskiej

Poza stanami urządzeń do rejestracji konieczne są elementy hamulca i napędu. Podstawowe parametry to:

- praca sterowników hamulca,
- izolacja zaworów hamulcowych,
- błędy hamulca,
- poślizgi,
- praca układu napędowego (przekształtniki trakcyjne),
- praca przetwornic pokładowych,
- stan drzwi,
- sygnały pasażerskiego hamulca bezpieczeństwa,
- temperatury.

⁸ HMI – (ang. *Human-Machine Interface*) przemysłowy interfejs między maszyną lub procesem a operatorem, który go obsługuje.

W zależności od ilości członów w pojeździe (np. elektrycznym zespole trakcyjnym) liczba sygnałów zawierać może się w przedziale 30–250 sygnałów. Bardzo ważne jest optymalne dobranie rozdzielczości zapisu⁹, co zostało szerzej poruszone w punkcie 3 artykułu.

2.4. Synchronizacja czasu a dane odniesienia

Konieczne jest zapewnienie synchronizacji czasu pomiędzy rejestratorem prawnym a innymi podzespołami i systemami w pojeździe. Analiza danych z rejestratora i zapisów monitoringu CCTV¹⁰ może stanowić odniesienie i nawzajem się uzupełniać tylko przy identycznym czasie zapisu. Zdecydowana większość obecnie produkowanych pojazdów posiada autosynchronizację czasu z GPS. Różnica pomiędzy czasem rejestratora a czasem GPS powinna być łatwo diagnozowalna zarówno z poziomu oprogramowania serwisowego jak i programu do analizy danych, niosąc informacje o prawidłowej walidacji czasu. Uzależnienie synchronizacji od różnicy czasu (zazwyczaj 1 sekunda) i dostępności dostatecznej ilości satelit niesie za sobą ryzyko utraty synchronizacji czasu podczas jazdy, co potencjalnie może prowadzić do podziału zapisów i braku jednoznaczności.

Aby zapewnić zbieżność danych dobrym rozwiązaniem jest walidacja czasu tylko w sytuacjach, które określone właściwie przez producenta pojazdu, uniemożliwią podział lub niejednoznaczność zapisów.

2.5. Listy parametrów rejestrowanych

Standardowa lista parametrów zawiera 200–250 sygnałów (w tym 50 sygnałów analogowych) w zależności od ilości członów i narodowych systemów bezpieczeństwa. Pojemność pamięci wewnętrznej w rejestratorach zawiera się w przedziale 2–4 GB. Stosowana jest pamięć pierścieniowa, która nadpisuje najstarsze dane najnowszymi. W takim przypadku każdy parametr musi zostać walidowany pod względem przydatności, w pierwszej kolejności dla bezpieczeństwa, a w drugiej dla eksploatacji czy statystyki. Im sygnał ma mniejsze znaczenie tym rzadziej jest rejestrowany. W przypadku sygnałów analogowych dodatkowo ważne jest odpowiednio dobranie rozdzielczości zapisu i rejestracji¹¹. O ile prędkość jazdy czy wartość ciśnienia w przewodzie głównym (hamulcowym) jest parametrem ważnym, który powinien być regularnie i dokładnie rejestrowany, o tyle temperatura czy ciśnienie w przewodzie zasilającym, które również są ważnymi parametrami,

⁹ Rozdzielczość zapisu – najmniejsza zmiana parametru możliwa do rzeczywistego zapisu w rejestratorze z uwagi na ograniczenia. Parametr praktyczny.

¹⁰ CCTV – (ang. *Closed-Circuit TeleVision*) – system monitoringu zamkniętego.

¹¹ Rozdzielczość rejestracji – najmniejsza zmiana parametru, który powinien powodować kolejny zapis w rejestratorze.

mogą być rejestrowane zarówno w mniejszej rozdzielczości, jak i w większym okresie¹².

Pamięć części rejestratorów prawnych podzielona jest na określone partycje jak STM¹³, LTM¹⁴ czy ETCS (dane zgodne z TSI CCS [2]). Dane w pamięci STM mogą mieć inne parametry zapisu (rozdzielczość i okres rejestracji) niż dane w pamięci LTM. Możliwe jest zaimplementowanie pamięci STM, która zapisuje dane bardzo dokładnie, ale zacznie nadpisywać się już po około 2 tygodniach, co jednak wystarcza w przypadku analiz danych z wypadku. Z kolei pamięć LTM może zapisywać dane mniej dokładnie, co pozwala w dłuższym czasie zbierać dane, które będą stanowić materiał analiz eksploatacyjnych i statystycznych. Właściwe dobranie parametrów rejestrowanych pozwala na rejestrację w czasie około 180 dni pojazdu będącego w ciągłej eksploatacji.

3. Interpretacja sygnałów

3.1. Okres¹⁵ i rozdzielczość zapisu sygnałów bezpośrednich

Rejestrator posiada swoje wejścia zarówno analogowe (np. prędkość, ciśnienie), jak i cyfrowe. Z racji na ich ograniczoną liczbę, wykorzystywane są przede wszystkim do sygnałów mających bezpośredni związek z bezpieczeństwem.

Przystępując do analizy zapisanych parametrów należy wziąć pod uwagę rozdzielczość i okres zapisów. Zazwyczaj sygnał podłączony bezpośrednio do rejestratora sprawdzany jest co 20 ms, przy czym musi nastąpić po sobie 5 identycznych próbek, co odpowiada 100 ms czasu trwania impulsu celem jego zapisania. Jeśli sygnały nie zmieniają się przez dłuższy czas to następuje tzw. zapis referencyjny wszystkich parametrów.

Przy sygnałach analogowych ważna jest także rozdzielczość rejestracji, jak również rozdzielczość zapisywania. O ile pomiar może odbywać się w wysoką rozdzielczością rzędu 0,001, o tyle zapis prowadzony musi być co określony czas i/lub zmianę wartości. Dynamicznie zmieniający się parametr bez wskazanego filtrowania powodowałby szybkie zapełnianie pamięci, a co za tym idzie, znaczne ograniczenia czasowe dostępnego materiału do analizy.

Na ryc. 1 pokazano zrzut z programu analizującego EVA+ Desktop pojazdu podczas wewnętrznych testów z sygnałem „Pred_SYS” odpowiadającym prędkości, która jest określana przez rejestrator i przekazywana do innych systemów. Z kolei parametry „Speed_1” oraz „Speed_2” odpowiadają wartościom z czujni-

¹² Okres rejestracji – czas pomiędzy kolejnymi zapisami niezależnie od zmiany parametru.

¹³ STM – (ang. *Short Time Memory*) pamięć krótkotrwała.

¹⁴ LTM – (ang. *Long Time Memory*) pamięć długotrwała.

¹⁵ Okres zapisu – czas pomiędzy kolejnymi zapisami wynikły zaistniałych zmian parametru, okresu rejestracji, opóźnień i ograniczeń przesyłu danych. Parametr praktyczny.

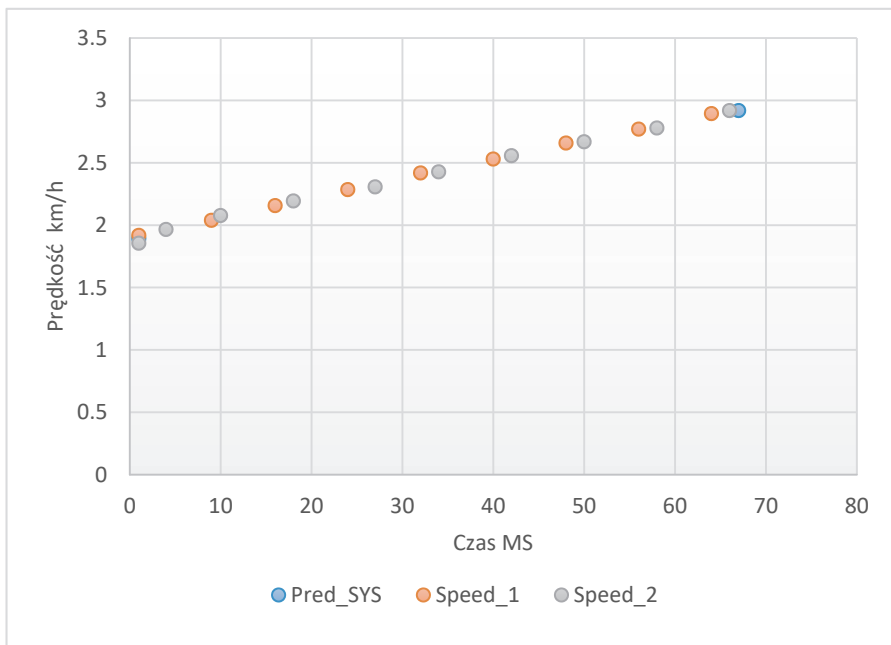
ków prędkości umieszczonych na osiach zestawów kołowych. Wartości pogrubione odpowiadają zapisowi w danej chwili, zaś pozostałe to przepisane wartości parametru do czasu zapisu nowej wartości, ewentualnie wartości z zapisu referencyjnego. Parametr „Pred_SYS” zapisuje się z dokładnością +/- 1 km/h oraz nie rzadziej aniżeli 2 razy na sekundę. Tak określona rozdzielczość rejestracji powoduje, że 2 zapisy na sekundę z racji na specyfikę ruchu składu występują stosunkowo rzadko, a zmiana o 1 km/h staje się decydująca. Z kolei w przypadku sygnałów „Speed_1” oraz „Speed_2”, posiadających rozdzielczość rejestracji 0,1 km/h oraz czas minimalny pomiędzy zapisami 100 ms, otrzymujemy znacznie bardziej dokładny obraz prędkości. Odbywa się to jednak kosztem miejsca w pamięci, gdyż w analogicznym czasie parametr „Pred_SYS” zajmie 2 jednostki miejsca podczas gdy parametr „Speed_1” zajmie tych miejsc aż 8.

Podgląd danych						
Central European Time (Europe/Warsaw)						
Id rekordu	Data	Czas	Odległość (km)	Pred_SYS (km/h)	Speed_1 (km/h)	Speed_2 (km/h)
186558	29.03.22	08:55:58.710	1 408,4085	1,892	1,918	1,855
186559	29.03.22	08:55:58.740	1 408,4086	1,892	1,918	1,966
186560	29.03.22	08:55:58.770	1 408,4086	1,892	1,918	1,966
186561	29.03.22	08:55:58.780	1 408,4086	1,892	1,918	1,966
186562	29.03.22	08:55:58.790	1 408,4086	1,892	2,038	1,966
186563	29.03.22	08:55:58.800	1 408,4086	1,892	2,038	2,077
186564	29.03.22	08:55:58.850	1 408,4086	1,892	2,038	2,077
186565	29.03.22	08:55:58.860	1 408,4086	1,892	2,157	2,077
186566	29.03.22	08:55:58.880	1 408,4086	1,892	2,157	2,194
186567	29.03.22	08:55:58.910	1 408,4087	1,892	2,157	2,194
186568	29.03.22	08:55:58.940	1 408,4087	1,892	2,285	2,194
186569	29.03.22	08:55:58.950	1 408,4087	1,892	2,285	2,194
186570	29.03.22	08:55:58.970	1 408,4087	1,892	2,285	2,307
186571	29.03.22	08:55:59.020	1 408,4087	1,892	2,419	2,307
186572	29.03.22	08:55:59.030	1 408,4087	1,892	2,419	2,307
186573	29.03.22	08:55:59.040	1 408,4088	1,892	2,419	2,427
186574	29.03.22	08:55:59.060	1 408,4088	1,892	2,419	2,427
186575	29.03.22	08:55:59.070	1 408,4088	1,892	2,419	2,427
186576	29.03.22	08:55:59.100	1 408,4088	1,892	2,530	2,427
186577	29.03.22	08:55:59.110	1 408,4088	1,892	2,530	2,427
186578	29.03.22	08:55:59.120	1 408,4088	1,892	2,530	2,557
186579	29.03.22	08:55:59.180	1 408,4089	1,892	2,658	2,557
186580	29.03.22	08:55:59.200	1 408,4089	1,892	2,658	2,669
186581	29.03.22	08:55:59.210	1 408,4089	1,892	2,658	2,669
186582	29.03.22	08:55:59.260	1 408,4089	1,892	2,770	2,669
186583	29.03.22	08:55:59.280	1 408,4089	1,892	2,770	2,799
186584	29.03.22	08:55:59.310	1 408,4090	1,892	2,770	2,799
186585	29.03.22	08:55:59.340	1 408,4090	1,892	2,894	2,799
186586	29.03.22	08:55:59.360	1 408,4090	1,892	2,894	2,919
186587	29.03.22	08:55:59.370	1 408,4090	2,919	2,894	2,919

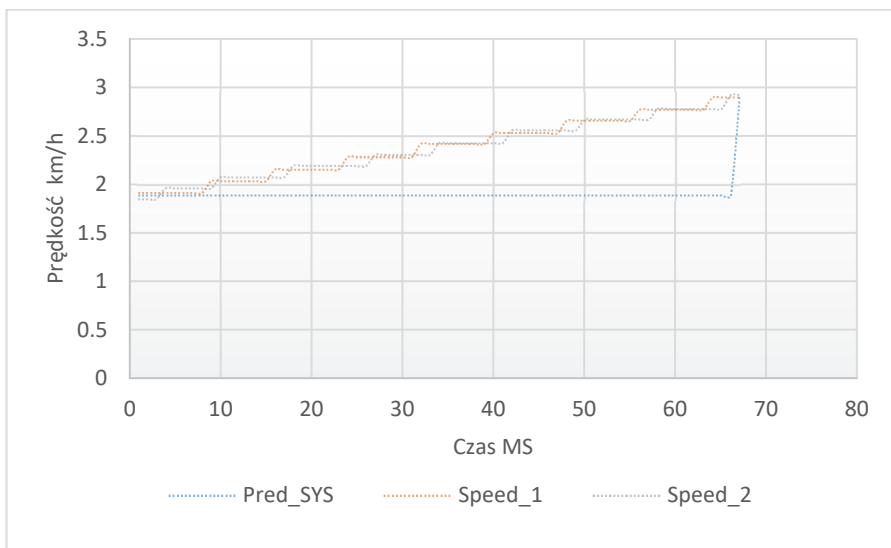
Ryc. 1. Sygnały o różnych rozdzielczościach.

Podczas analizy i późniejszej oceny należy uwzględnić specyfikę i popełniany błąd. Na ryc. 2 pokazano zestawienie prędkości na podstawie samych punktów. Przy znacznym uproszczeniu dla bieżącej analizy możemy przyjąć, że prędkość

zwiększa się liniowo, co pokrywa się z prezentowanym wykresem. Na ryc. 3 pokazano natomiast zestawienie prędkości w sposób zgodny z programami do analizy danych, w których wartość jest przepisywana do czasu pojawienia się następczej.



Ryc. 2. Zestawienie prędkości na podstawie zarejestrowanych wartości.



Ryc. 3. Zestawienie prędkości przy kopiowaniu ostatniej wartości do czasu pojawienia się następczej.

Na prezentowanych wykresach można zaobserwować, jak specyfika zapisu wpływa na wiarygodność końcowych wyników. W większości przypadków nie niesie to za sobą błędów mogących wypaczyć końcowy wynik, jednak w sytuacjach granicznych pod uwagę należy wziąć prezentowaną specyfikę rejestracji.

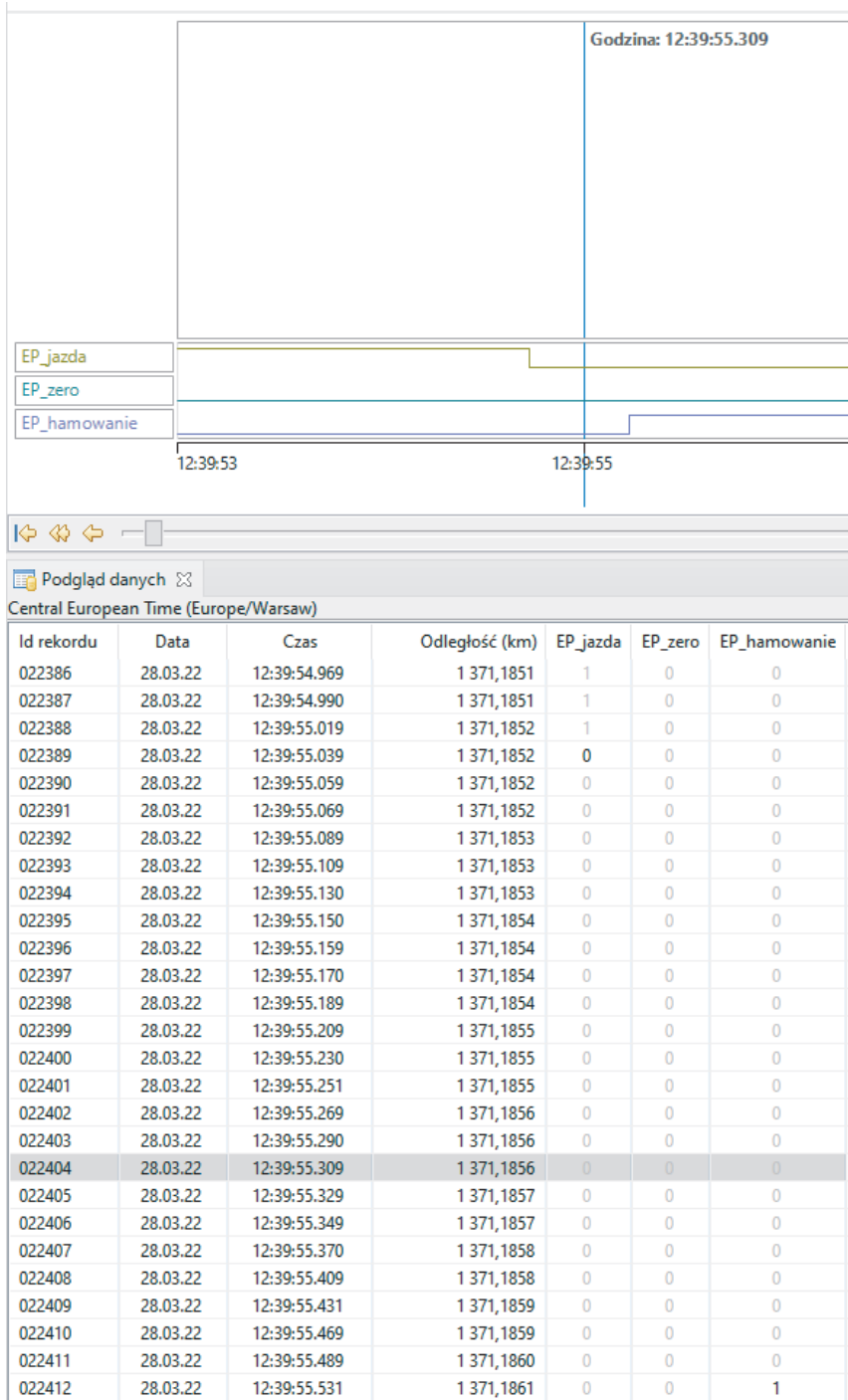
3.2. Okres i rozdzielczość zapisów sygnałów z magistrali

Zdecydowana większość sygnałów pochodzi z innych urządzeń i wysyłana jest z magistrali komunikacyjnej CAN¹⁶, nierzadko przechodząc przez bramki pomiędzy kanałami. W takim przypadku nachodzi na siebie kilka opóźnień. Czas zapisany w rejestratorze prawnym jest sumą następujących czasów: wystąpienia, pomiaru przez urządzenie, wysłania informacji kanałem X, przetworzenia przez bramkę, wysłania informacji kanałem Y oraz (ewentualne) zwłoki wynikłej z specyfikacji rejestracji danej informacji. Czas zapisany w rejestratorze nie jest tożsamy z czasem wystąpienia.

Podgląd danych ⓘ					
Central European Time (Europe/Warsaw)					
Id rekordu	Data	Czas	Odległość (km)	Pred_SYS (km/h)	Cisnienie_PG_A_bar (bar)
345153	18.10.21	21:35:24.307	26 160,2415	0,000	5,020
345154	18.10.21	21:35:24.407	26 160,2415	0,000	3,216
345155	18.10.21	21:35:24.547	26 160,2415	0,000	3,216
345156	18.10.21	21:35:24.587	26 160,2415	0,000	3,216
345157	18.10.21	21:35:24.778	26 160,2415	0,000	3,216
345158	18.10.21	21:35:24.787	26 160,2415	0,000	3,216
345159	18.10.21	21:35:24.917	26 160,2415	0,000	1,882
345160	18.10.21	21:35:25.027	26 160,2415	0,000	1,882
345161	18.10.21	21:35:25.207	26 160,2415	0,000	1,882
345162	18.10.21	21:35:25.257	26 160,2415	0,000	1,882
345163	18.10.21	21:35:25.417	26 160,2415	0,000	0,824
345164	18.10.21	21:35:25.727	26 160,2415	0,000	0,824
345165	18.10.21	21:35:25.737	26 160,2415	0,000	0,824
345166	18.10.21	21:35:25.817	26 160,2415	0,000	0,824
345167	18.10.21	21:35:25.917	26 160,2415	0,000	0,471
345168	18.10.21	21:35:25.968	26 160,2415	0,000	0,471
345169	18.10.21	21:35:26.247	26 160,2415	0,000	0,471
345170	18.10.21	21:35:26.417	26 160,2415	0,000	0,471
345171	18.10.21	21:35:26.427	26 160,2415	0,000	0,471
345172	18.10.21	21:35:26.517	26 160,2415	0,000	0,471
345173	18.10.21	21:35:26.927	26 160,2415	0,000	0,353
345174	18.10.21	21:35:27.287	26 160,2415	0,000	0,353

Ryc. 4. Parametr analogowy z sieci CAN.

¹⁶ CAN – (ang. *Controller Area Network*) – szeregowo magistrala komunikacyjna.



Ryc. 5. Zmiana parametrów dyskretnych.

Zachowanie przykładowego interfejsu z magistrali CAN, w przypadku danych wysyłanych co 500 ms, przedstawiono na ryc. 4. Parametr „Cisnienie_PG_A” odpowiada wartości ciśnienia w przewodzie głównym, a jego źródłem jest sterownik hamulca. Wdrożenie hamowania nagłego cechuje się szybkim spadkiem ciśnienia, co powoduje, że parametr potrafi zmienić się między kolejnymi zapisami o dużą wartość.

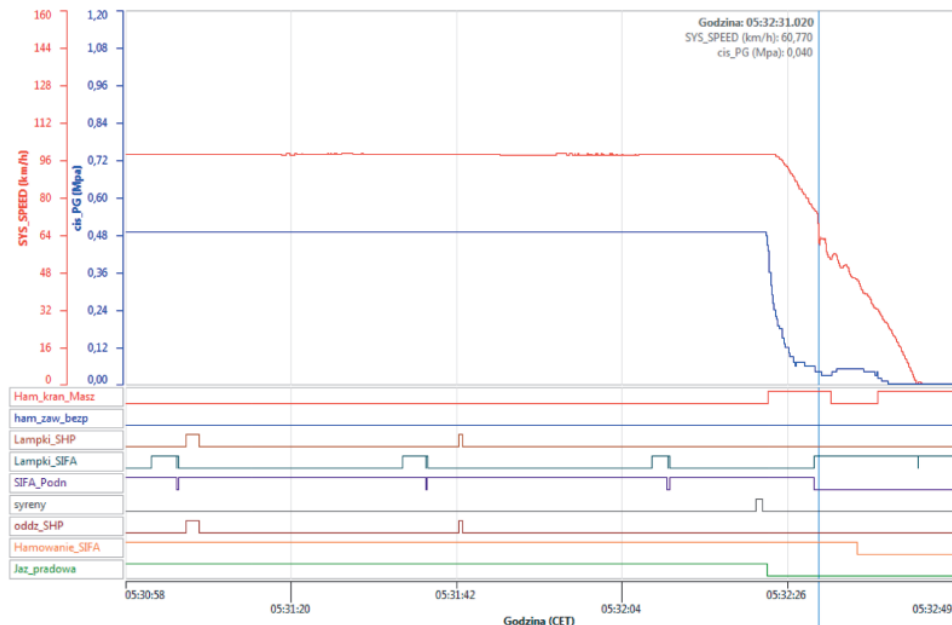
Na ryc. 5 pokazano zapis sygnałów z nastawnika jazdy i hamowania. Rejestrowane są sygnały wychylenia nastawnika w kierunku jazdy „EP_jazda”, pozycji zero „EP_zero” oraz wychylenia w pozycji hamowania „EP_hamowanie”. Sygnał pochodzi z sterownika głównego, który informację o położeniu nastawnika wysyła kanałem komunikacyjnym co 500 ms i tak jest rejestrowany w rejestratorze prawnym. W prezentowanej sytuacji ewidentnie nastąpiła dynamiczna zmiana nastawnika z pozycji jazdy w pozycję hamowania. Oczywiście jest zatem, że nastawnik przez pewien czas znajdował się w pozycji zero jednak nie zostało to zarejestrowane, gdyż zmiana zawarła się w czasie pomiędzy kolejnymi paczkami informacji wysyłanych magistralą komunikacyjną.

3.3. Odniesienie do reszty zapisów

Właściwa interpretacja zapisów powinna być także powiązana z możliwie dużą liczbą sygnałów, które stanowią dla siebie redundancję. Część sygnałów w normalnych warunkach zapisywana jest jako stany wysokie, inne jako niskie, a dodatkowa zmiana logiki mogłaby spowodować trudności w prawidłowym powiązaniu sygnału ze schematem elektrycznym. Ważnym elementem jest znajomość pojazdu i zasad działania taboru kolejowego. Uzależnienie danej sytuacji od konkretnych sygnałów z pominięciem innych źródeł może przekłamać obraz analizy.

Za przykład z analiz eksploatacyjnych może posłużyć hamowanie nagłe i poszukiwanie jego źródła. Uzależnienie go tylko od użycia hamulca bezpieczeństwa, czy nastawników pulpitu, może przesłonić sytuacje, kiedy np. faktycznym powodem wdrożenia hamowania było uderzenie w zwierzynę i ubytek powietrza przewodu głównego na skutek jego uszkodzenia, a reakcją obciążoną zwłoką reakcji maszynisty, było wdrożenie hamowania nagłego, które w przypadku obserwacji ciśnienia przewodu głównego zainicjowane zostało samoczynnie wcześniej aniżeli użycie nastawnika w pozycji hamowania nagłego.

W zakresie danych z wypadków kolejowych można przywołać Raport Państwowej Komisji Badania Wypadków Kolejowych – PKBWK 02/2022 [6] i wskazanie danych z rejestratora TELOC 3000, opracowanych w programie do analizy danych.

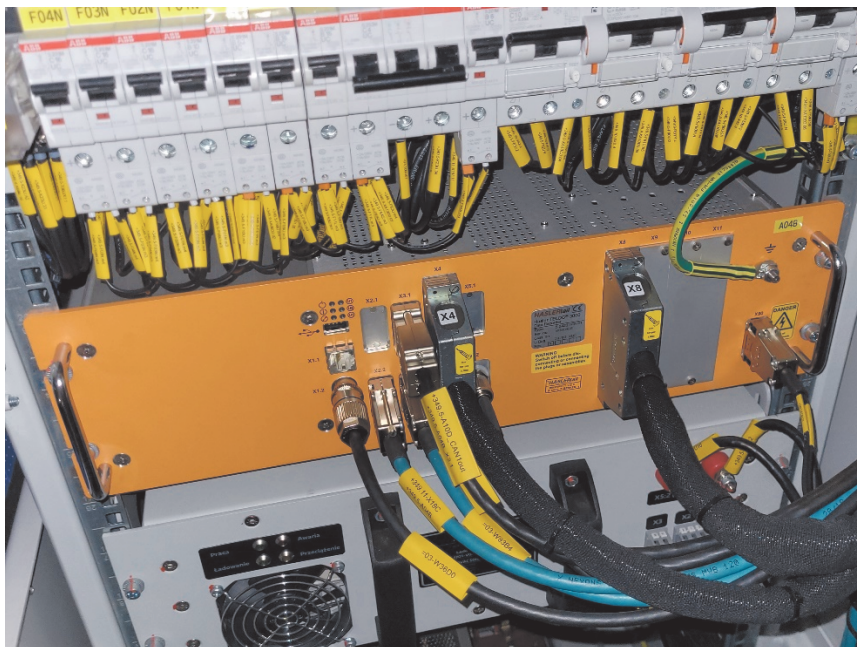


Ryc. 6. Wykres parametrów jazdy z raportu [6].

Na ryc. 6 przedstawiona została sytuacja, w której maszynista wdraża hamowanie nagłe (sygnał „Ham_kran_Masz”), po czym na określony czas przestaje je inicjować, by je ponownie wdrożyć. Ciśnienie w przewodzie głównym (sygnał „cis_PG”) podczas braku hamowania wskazuje minimalny przyrost. W czasie odpuśczenia hamowania nagłego przy ciśnieniu w przewodzie głównym poniżej 0,1 MPa, obserwowane jest szybkie wytracanie prędkości i jej późniejszy przyrost. Przy braku doświadczenia oraz znajomości systemów w kolejnictwie nasuwa się powiązanie sygnału braku hamowania z wzrostem prędkości, podczas gdy prawdziwą przyczyną było wprowadzenie lokomotywy w poślizg i działanie systemu przeciwpoślizgowego na osiach, które zawierają czujniki prędkości. Z kolei zasada działania hamulca pneumatycznego wskazuje, że spadek ciśnienia znacznie poniżej 0,35 MPa powoduje wdrożenie pełnego hamowania.

Przykładem analizy eksploatacyjnej może być temperatura wewnątrz konkretnego członu. Gdy temperatura mierzona we wnętrzu nie pokrywa się z temperaturą zadaną, możliwe jest błędne działanie układu regulacji temperatury lub jego usterka. Możliwe jednak będzie to do potwierdzenia, kiedy zweryfikowana zostanie temperatura zewnętrzna i ilość oraz czas otwarcia drzwi w członie.

Przykładem analizy statystycznej jest używanie hamulca elektrodynamicznego (ED) rekuperacyjnego przez maszynistów. Do prawidłowej oceny należy zweryfikować oprócz udziału tego hamowania sprawność elementów za niego odpowiedzialnych.



Ryc. 7. Przykładowy rejestrator prawny w pojeździe [7].

4. Konkluzje

W tekście przedstawiono wyzwania ze strony prawidłowego doboru i interpretacji sygnałów rejestrowanych w rejestratorach prawnych. Pomimo znacznego zaawansowania urządzeń, jakimi są rejestratory prawne, dane z nich pochodzące nie odzwierciedlają w pełni stanu faktycznego, a właściwa analiza powinna uwzględniać takie niedoskonałości przy ocenie materiału. Oprócz uznanych zasad działania bardzo ważne jest zbieranie doświadczenia zarówno w ramach testów, jak i sytuacji wypadkowych zawartych w stosownych raportach. Do właściwej analizy wskazana jest także przynajmniej podstawowa znajomość zasad działania danego pojazdu.

Bibliografia

1. Rozporządzenie komisji (UE) nr 1302/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor – lokomotywy i tabor pasażerski” systemu kolei w Unii Europejskiej.
2. Rozporządzenie komisji (UE) nr 2016/919 z dnia 27 maja 2016 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej.
3. Karta UIC 641 „Warunki dla urządzeń czuwaka automatycznego stosowanych w ruchu międzynarodowym”.

4. Lista Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego w sprawie właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwia spełnienie zasadniczych wymagań systemu kolei z 23 grudnia 2021 r.
<https://bip.utk.gov.pl/bip/interoperacyjnos/lista-prezesa-utk/818,Lista-Prezesa-UTK-instalacje-stale-z-23-grudnia-2021-r.html>
5. Instrukcja sygnalizacji Ie-1 (E1) – PKP Polskie Linie Kolejowe SA.
https://www.plk-sa.pl/files/public/user_upload/pdf/Akty_prawne_i_przepisy/Instrukcje/Wydruk/Ie-1__E-1__2020_WCAG_PDF
6. Raport nr PKBWK 02/2022 Państwowej Komisji Badań Wypadków Kolejowych.
<https://www.gov.pl/web/mswia/raporty>
7. Zbiory własne Newag IP Management Sp. z o. o.
8. Dokumentacja wewnętrzna Newag IP Management Sp. z o. o.
9. Wewnętrzne raporty z badań Newag IP Management Sp. z o. o.

* * *

Event and data recorders in rail vehicles – safety signals and their interpretation

Abstract

The aim of the article is to present the scope of signals recorded in event and data law recorders in railways and their interpretation. In the research methodology both signal measurements as part of pre-operational tests of railway vehicles manufactured by Newag SA as well as the subsequent observation of signals during operation were employed. The final analyses enabled the specification of safety-critical signals and determination of their correct interpretation relative to the analyzed event.

Key words

Event recorder, data recorder, data analysis, data interpretation.