SYSTEM AUTOMATYCZNEGO PROWADZENIA POCIĄGU SOP-3 WERSJA 0

CZĘŚĆ POJAZDOWA

7 maja 2012

© Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie bez zgody Bombardier Transportation (ZWUS) Polska zabronione

SPIS TREŚCI

1. HISTORIA DOKUMENTU 3
2. DEFINICJE I SKRÓTY 3
3. PODSTAWOWE DANE 4
3.1. Charakterystyka produktu 4
3.2. Przeznaczenie produktu 7
3.3. Zakres stosowania 7
4. OPIS TECHNICZNY 7
4.1. Budowa i konfiguracja 7
4.1.1 System SOP-3 7
4.1.2 Część pojazdowa systemu SOP-3 8
4.2. Dane techniczne 17
4.3. Warunki pracy 18
4.4. Działanie 19
4.4.1 Podsystem ATP 19
4.4.2 Konfiguracja systemu ATP 21
4.4.3 Podsystem ATO 21
4.4.4 Tryby pracy 23
4.5. Odmiany 24
5. ZASADY BEZPIECZNEGO STOSOWANIA 24
6. PAKOWANIE, SKŁADOWANIE I TRANSPORT 24
7. LIKWIDACJA I USUNIĘCIE (UTYLIZACJA) 25
8. DOKUMENTY I NORMY ZWIĄZANE 26
8.1. Dokumenty związane z obsługą systemu 26
8.2. Pozostałe dokumenty związane 26
9. DANE PRODUCENTA 27

1. HISTORIA DOKUMENTU

KOREKTA	DATA	AUTOR	POWÓD I ZAKRES KOREKTY	KARTA ZMIAN
0	2012.05.07	Witold Bryła	Utworzenie dokumentu	E378/2012
a	2012.09.20	Maciej Łakomski	Dokument uzupełniony o dodatkowe informacje	E754/2012
b	2013.08.08	Maciej Łakomski	Dokument uzupełniony o opis interfejsów	E744/2013
c	2015.10.12	Maciej Łakomski	Aktualizacja dokumentu	E931/2015

2. DEFINICJE I SKRÓTY

ATP (aop)	ang. Automatic Train Protection (automatyczne ograniczenie prędkości pociągu)
ATC (app)	ang. Automatic Train Control (automatyczne prowadzenie pociągu)
ATO (ajp)	ang. Automatic Train Operation (automatyczna jazda pociągu)
TIU	ang. Train Interface Unit (blok sprzęgający)
Srk	System Sterowania Ruchem Kolejowym (system zależnościowy)
KTR	Urządzenia dwukierunkowej transmisji radiowej tor-pojazd
HMI	ang. Human Machine Interface (interfejs maszynisty)
CBTC	ang. Communication Based Train Control (automatyczne prowadzenie pociągów (metra), wykorzystujące dwukierunkową transmisję radiową lub dwukierunkową transmisję za pośrednictwem obwodów przewodowych, dla przekazywania pomiędzy urządzeniami stacjonarnymi i pojazdowymi informacji (sygnałów), wykorzystywanych do automatyzacji prowadzenia pociągów w szerokim zakresie funkcji)
PAO	Antena przeznaczona do obioru informacji z pętli transmisyjnych systemu SOP-3
BLD	Układy sprzętowe na pociągu odpowiedzialne za blokowanie drzwi
HN	Hamowanie nagłe (awaryjne)
REJ	Rejestrator pociągowy („czarna skrzynka”)
PRP	Przełącznik trybów pracy systemu ATC
ZTG	Zespół generatorów tachometrycznych – dwa lub trzy generatory impulsów tachometrycznych zainstalowane na osiach pociągu i służące do pomiaru drogi

3. PODSTAWOWE DANE

3.1. Charakterystyka produktu

System SOP-3 jest systemem ATC przeznaczonym dla linii metra oraz linii kolei aglomeracyjnych jako podstawowy system prowadzenia ruchu. Składa się on z dwóch części.

System SOP-3 składa się z:

- Urządzeń części stacjonarnej systemu SOP-3,
- Urządzeń pojazdowych SOP-3 instalowanych na wagonach czołowych pociągów składających się z dwóch podsystemów:
  - podsystemu aop (ATP) odpowiedzialnego za bezpieczeństwo jazdy pociągu,
  - podsystemu ajp (ATO) realizującego funkcje automatycznej jazdy pociągu pod kontrolą podsystemu ATP.

Część stacjonarna systemu przesyła do części pojazdowej informacje za pośrednictwem pętli transmisyjnych.

System SOP-3 działa na zasadzie kontroli kaskady stopni prędkości dozwolonej (patrz Rys. 1) i umożliwia zastosowanie do piętnastu stopni prędkości pociągów (zgodnie z Tabela 4), co pozwala na optymalny dobór stopni prędkości w zależności od charakterystyki taboru, długości odcinków torowych oraz charakterystyki linii (nachylenia, stałe ograniczenia prędkości, pojemność linii).

Stopnie prędkości projektowane są w celu zapewnienia bezpieczeństwa jazdy pociągów eksploatowanych na danej linii metra, a jednocześnie determinują parametry eksploatacyjne danej linii określone przez czas następstwa ruchu pociągów i prędkość handlową). Stopnie prędkości a tym samym wspomniane właściwości eksploatacyjne linii metra zależą od następujących parametrów taboru eksploatowanego na tej linii:

Tabela 1

Parametr	Wpływ na bezp.	Wpływ na przepust.
maksymalny czas zwłoki rozwinięcia pełnego hamowania służbowego		TAK
minimalne opóźnienie [m/s^2] rozwiniętego pełnego hamowania służbowego		TAK
maksymalny czas zwłoki rozwinięcia hamowania awaryjnego	TAK	TAK
minimalne opóźnienie [m/s^2] rozwiniętego hamowania awaryjnego	TAK	TAK
charakterystyka rozruchu F=f(v)		TAK

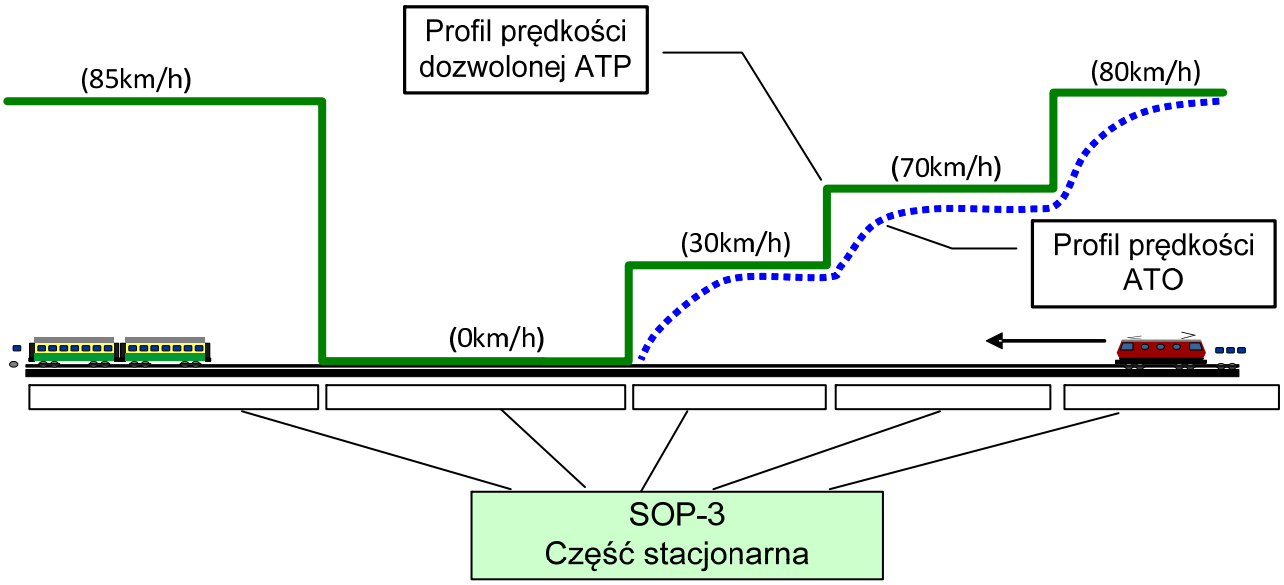
Dla przypadku, kiedy modernizowana lub instalowana jest tylko część pojazdowa np. zakup nowego typu taboru dla eksploatacji na linii metra gdzie jest już zainstalowana część stacjonarna SOP-3, parametry taboru, na którym część

pojazdowa systemu SOP-3 ma być zainstalowana muszą spełniać wymagania określone przez parametry graniczne zawartych w Tabela 2.

Tabela 2

Oznaczenie parametru	*Opis*	*Jednostka*	*Wartość*
ahs	Gwarantowane min. opóźnienie, z jakim pociąg hamuje za pomocą pełnego hamowania służbowego	m/s^2	Minimalnie **1,2**
Ths	Maksymalny czas potrzebny na osiągnięcie opóźnienia „ahs" od chwili pojawienia się sygnału załączenia hamowania służbowego wystawionego przez system SOP-3 do układów pociągowych	s	Maksymalnie: Dla przejścia z wybiegu: **1,5s** Dla przejścia z trakcji: **3s**
ahn	Gwarantowane min. opóźnienie, z jakim pociąg hamuje za pomocą hamowania awaryjnego	m/s^2	Minimalnie **1,2**
Thn	Maksymalny czas potrzebny na rozwinięcie pełnego hamowania awaryjnego tj. czas potrzebny na osiągnięcia opóźnienia ahn od chwili wystawienia przez system SOP-3 sygnału załączenia hamowania awaryjnego	s	Maksymalnie **1,5**

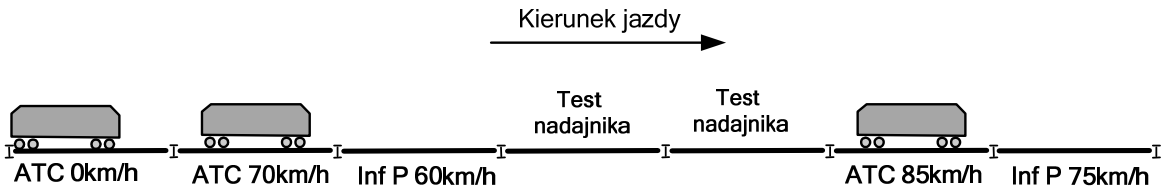
Część stacjonarna systemu SOP-3 za pośrednictwem pętli transmisyjnych wysyła do części pojazdowej systemu stopień prędkości dozwolonej, którego wartość zależy od sytuacji ruchowej przed danym pociągiem (patrz Rys. 1). Maszynista (w trybie jazdy ręcznej) lub podsystem ATO (w trybie jazdy automatycznej) prowadzi pociąg na tzw. „widoczność elektroniczną", czyli na podstawie informacji o prędkości kontrolowanej wypracowanej przez systemu SOP-3. Prędkość pociągu jest regulowana przez maszynistę w taki sposób, aby nie przekroczyć tej prędkości. W wypadku jej przekroczenia system SOP-3 oddziałuje na układ napędowo-hamujący pociągu, powodując automatyczne ograniczenie jego prędkości lub zatrzymanie przed przeszkodą sygnalizowaną przez urządzenia systemu sterowania ruchem pociągów.



Rys. 1 Kaskada stopni prędkości systemu SOP-3 – przykład.

W celu uniknięcia przesłuchów pomiędzy sąsiednimi pętlami transmisyjnymi wzdłuż toru, zastosowany został znacznik modyfikacji przesyłanego sygnału (cztery wartości). Pętle transmisyjne należące do następujących po sobie odcinków torowych nie mogą mieć tej samej modyfikacji, w przeciwnym razie generowany jest błąd w części pojazdowej systemu SOP-3.

Jeżeli dany odcinek torowy jest niezajęty a poprzedni odcinek torowy jest zajęty przez pociąg, w pętli transmisyjnej przypisanej do niezajętego odcinka torowego wysyłana jest informacja „P" oznaczająca „pierwszy pociąg na odcinku". Po zajęciu odcinka torowego przez pociąg, informacja „P" przestaje być generowana i wysyłany jest tzw. telegram ATC. Kiedy pociąg wjedzie na odcinek torowy, którego pętla transmisyjna nie wysyła informacji „P" (co odpowiada wjazdowi na odcinek zajęty przez inny pociąg) generowany jest błąd, a informacje o prędkości dozwolonej odbierane z pętli transmisyjnej nie są akceptowane ponieważ oznacza to, że stopień prędkości dozwolonej nie jest adresowany do tego pociągu, lecz wyłącznie do pociągu, który wjechał pierwszy na ten odcinek torowy. Pętle transmisyjne pozostałych odcinków torowych nie wysyłają telegramów, a skojarzone z nimi nadajniki przeprowadzają autotest (patrz Rys. 2).



Rys. 2 Telegramy systemu SOP-3

W niniejszym dokumencie DTR opisano urządzenia odbiorcze (pojazdowe) systemu SOP-3. Urządzenia stacjonarne podsystemu SOP-3 są opisane w dokumencie [10].

3.2. Przeznaczenie produktu

System SOP-3 jest przeznaczony do zapewnienia bezpiecznego ruchu pociągów na torach jednokierunkowych i banalizowanych. Podstawowym zadaniem systemu jest automatyczne ograniczanie prędkości pociągów w zależności od sytuacji ruchowej i reakcji maszynisty (funkcja ATP). System realizuje ponadto funkcje automatycznego prowadzenia pociągu opisane w rozdziale 4.4.3.

Część pojazdowa systemu SOP-3 jest przygotowana do implementacji w przyszłości funkcjonalności CBTC z wykorzystaniem zewnętrznego systemu dwukierunkowej transmisji radiowej.

3.3. Zakres stosowania

Część pojazdowa systemu SOP-3 realizuje różne funkcje w zależności od tego, z jakiej części stacjonarnej odbiera dane. Część pojazdowa SOP-3 jest przystosowana do jazdy po obszarze wyposażonym w:

- Urządzenia części stacjonarnej systemu SOP-3 opisanej w dokumencie [10] oraz
- Urządzenia części stacjonarnej systemu SOP-2 opisanej w dokumencie [11] i eksploatowanej na linii 1 Metra Warszawskiego.

Szczegółowe informacje nt. funkcji są opisane w rozdziałach 4.4.1, 4.4.3 oraz 4.4.4.

Część pojazdowa systemu SOP-3 może być dostosowana dla dowolnego typu pociągu za pomocą dedykowanego interfejsu TIU przy spełnieniu Warunków Bezpiecznego Stosowania (SRAC) zawartych w Instrukcjach obsługi [4], utrzymania [3] oraz wytycznych projektowania [1], [2].

4. OPIS TECHNICZNY

4.1. Budowa i konfiguracja

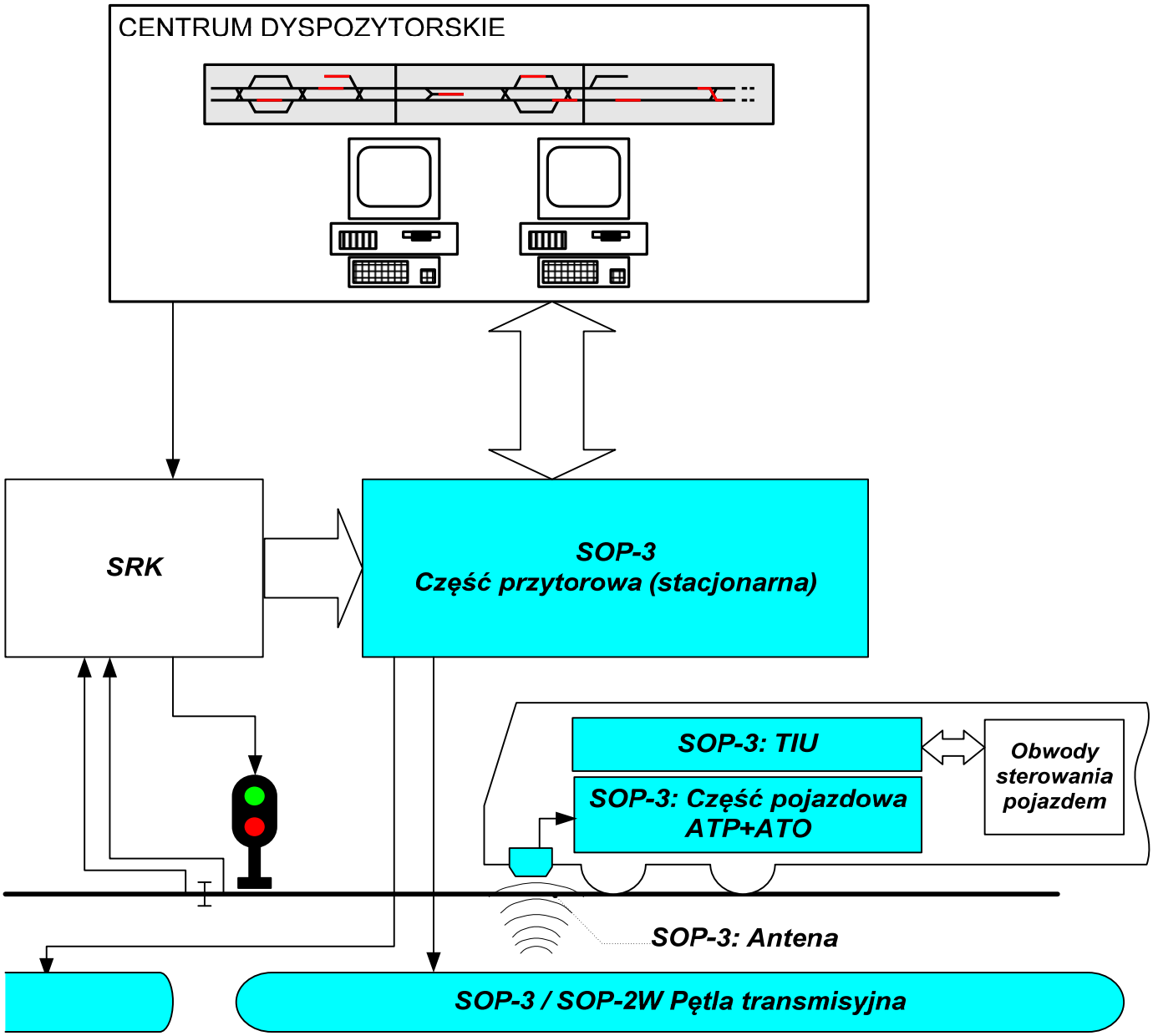
4.1.1 System SOP-3

Ogólną strukturę systemu SOP-3 przedstawia Rys. 3.

Część stacjonarna (przytorowa) otrzymuje informacje ze współpracujących systemów i urządzeń stacyjnych oraz liniowych i po ich przetworzeniu wysyła je do części pojazdowej w postaci telegramów zawierających m.in. stopnie prędkości.

Część pojazdowa na podstawie informacji odebranych z części stacjonarnej systemu oraz informacji o stanie pojazdu realizuje funkcje ATP (ograniczanie prędkości pociągu) oraz funkcje ATO.

Medium transmisyjne pomiędzy częścią przytorową i pojazdową stanowią pętle transmisyjne ułożone pomiędzy tokami szyn.



Rys. 3 Struktura ogólna systemu SOP-3

4.1.2 Część pojazdowa systemu SOP-3

Część pojazdowa systemu SOP-3 (jeden komplet urządzeń przypadający na jeden wagon czołowy) składa się z:

1. Kasety odbiornika ELF-2 (patrz rozdz. 4.1.2.1) – 1 szt. zawierającej podsystemy ATP i ATO oraz elementy bloku sprzęgającego TIU pośredniczącego między urządzeniem SOP-3 a urządzeniami pojazdowymi, struktura i budowa TIU zależy od typu pojazdu, na którym zamontowane są urządzenia SOP-3.
2. Anten odbiorczych PAO – 2 szt. (patrz rozdz. 4.1.2.2),
3. Przełącznika trybów pracy PRP – przełącznika montowanego w kabinie maszynisty, pozwalającego na wybór jednego z trybów pracy części pojazdowej systemu SOP-3 (patrz rozdz. 4.4.4),

4. Urządzenia Interfejsu ITR do wykorzystania w przyszłości dla połączenia z kanałem transmisji radiowej KTR dla realizacji w przyszłości bezpiecznej, dwukierunkowej transmisji radiowej przy implementacji funkcjonalności CBTC
5. Urządzenia Interfejsu IDIAG do podłączenia urządzeń pokładowych systemu SOP-3 do zewnętrznego systemu diagnostyki.

Część pojazdowa systemu SOP-3 współpracuje z następującymi urządzeniami pojazdowymi niebędącymi elementami systemu (patrz Rys 4):

6. Komputer pokładowy (opcjonalnie) – główny komputer sterujący układem napędowym oraz hamulcowym pociągu połączony z systemem SOP-3 za pomocą interfejsu szeregowego i/lub równoległego,
7. Układy sterowania pociągu – w zakresie bezpiecznego sterowania hamowaniem awaryjnym i blokowaniem otwarcia drzwi,
8. Rejestrator pokładowy („czarna skrzynka”) – urządzenie rejestrujące podstawowe parametry jazdy pociągu, w tym parametry systemu SOP-3,
9. Generatory impulsów tachometrycznych – czujniki zamontowane na osiach pociągu dostarczające impulsy wykorzystywane do pomiaru prędkości pociągu i przejechanej drogi,
10. Interfejs (pulpit, HMI) maszynisty – urządzenie służące do zobrazowania maszyniście podstawowych parametrów (wartości nadzorowanych, reakcji) systemu SOP-3 oraz do przekazywania reakcji maszynisty do systemu SOP-3 (przyciski, dźwignie),
11. Kanał transmisji radiowej (KTR) – opcjonalne połączenie ethernetowe interfejsu ITR z transmisją radiową (WLAN) pociągu, które będzie aktywowane przy implementacji przyszłej funkcjonalności CBTC,
12. System diagnostyki – zewnętrzne urządzenia zapewniające diagnostykę działania urządzeń pokładowych systemu SOP-3.

W każdym wagonie czołowym pociągu montowany jest jeden komplet urządzeń części pojazdowej systemu SOP-3 wymienionych w pkt 1-5.

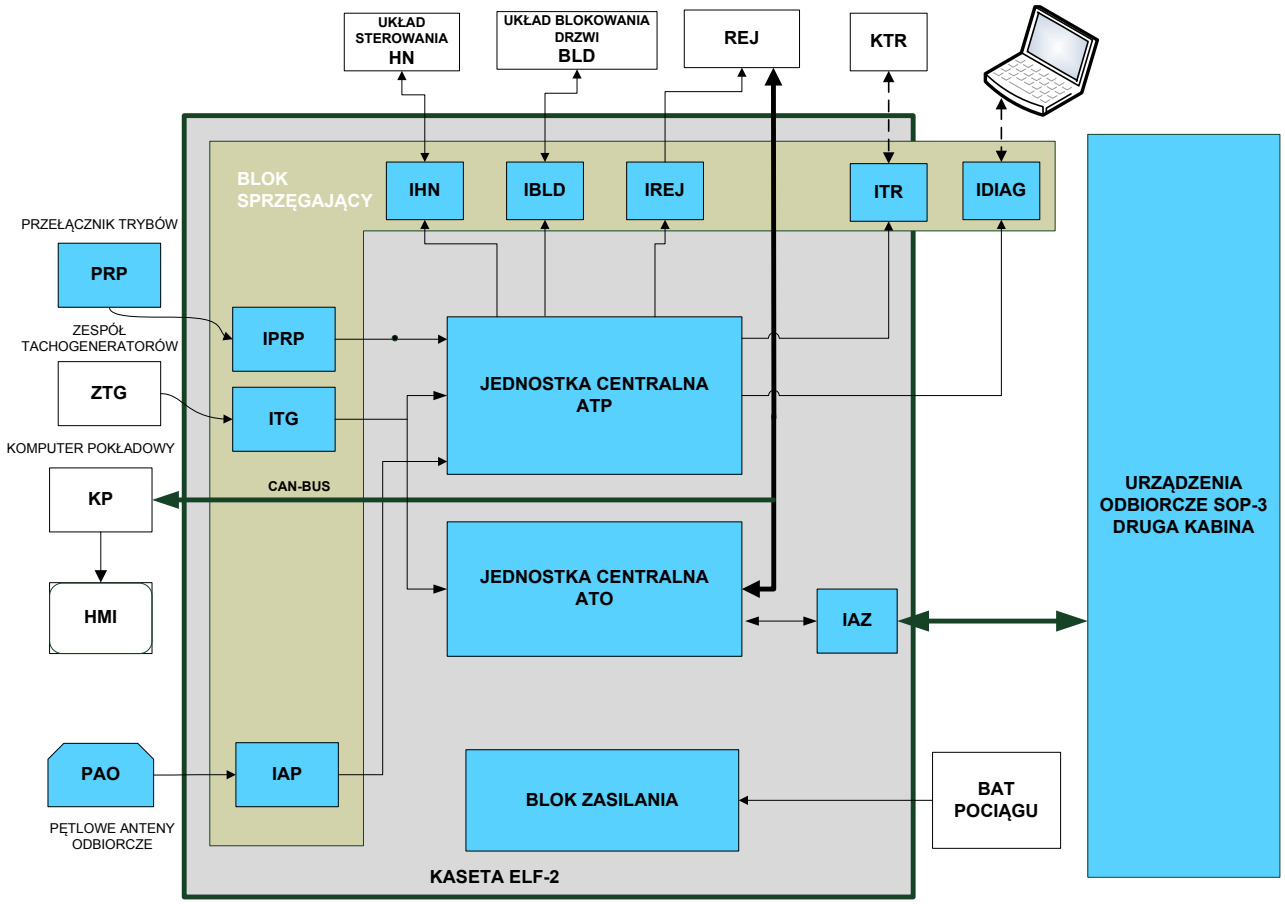
Urządzenia pojazdowe systemu zapewniają odbiór i dekodowanie telegramów odebranych z pętli transmisyjnych (jednokierunkowa komunikacja z częścią stacjonarną systemu SOP-3 oraz SOP-2) przez anteny odbiorcze mocowane na przednim i tylnym wózku jezdnym wagonu czołowego. Współpracę urządzeń odbiorczych z układami wykonawczymi pociągu (obwody hamowania, sterowania napędem, otwierania drzwi itd.) zapewnia blok sprzęgający. Zakres i sposób połączenia z układami na pociągu w dużej mierze zależy od tych układów np. w pociągach gdzie stosowany jest komputer pokładowy większość informacji jest wymieniana i realizowana poprzez interfejs szeregowy łączący jednostki centralne ATP oraz ATO z tymże komputerem. Nie dotyczy to interfejsów, które muszą być realizowane w sposób bezpieczny tj.

- Blokowanie otwarcia drzwi lewych,
- Blokowanie otwarcia drzwi prawych,
- Załączenie hamowania awaryjnego.

Te dwa interfejsy są zawsze realizowane przez bezpieczny moduł sterowania wyjściami znajdujący w kasecie ELF-2 zawierający kontakty przekaźników.

Dla bezpiecznej pracy części pojazdowej systemu SOP-3 wymagana jest współpraca z minimum dwoma niezależnymi elektrycznie generatorami impulsów tachometrycznych, które muszą być mocowane na różnych osiach wagonu czołowego (lub pierwszych dwóch wagonów). System umożliwia także wykorzystanie trzeciego generatora tachometrycznego (który musi być mocowany na innej osi niż pozostałe dwa czujniki), przy czym źródłem informacji o aktualnej prędkości, z jaką porusza się pociąg są w danym momencie dwa generatory impulsów tachometrycznych a trzeci jest wykorzystywany jako zapasowy, na który system automatycznie przełącza się w przypadku awarii, któregoś z dwóch podstawowych czujników tachometrycznych. Takie rozwiązanie zwiększa dostępność systemu. Wartości prędkości odczytanej z podstawowych generatorów impulsów tachometrycznych są porównywane, w przypadku wystąpienia różnicy, jako wartość aktualnej prędkości przyjmowana jest wartość wyższa. Szczegółowe wymagania na czujniki tachometryczne, które muszą być spełnione dla zapewnienia bezpiecznej pracy systemu SOP-3 są zawarte w dokumencie [1].

Urządzenia części pojazdowej montowane są na obydwu wagonach czołowych i dla potrzeb realizacji funkcji bezobsługowego nawrotu urządzenia SOP-3 zamontowane na danym wagonie czołowym potrzebują informacji odebranych przez układy znajdujące się w przeciwnym wagonie czołowym, co realizowane jest za pomocą interfejsu IAZ (patrz Rys. 4).



Kolorem niebieskim zaznaczono urządzenia systemu SOP-3

Połączenia opcjonalne zaznaczone są linią przerywaną

Rys. 4 Struktura części pojazdowej systemu SOP-3

Opis interfejsów zewnętrznych systemu SOP-3:

Tabela 3

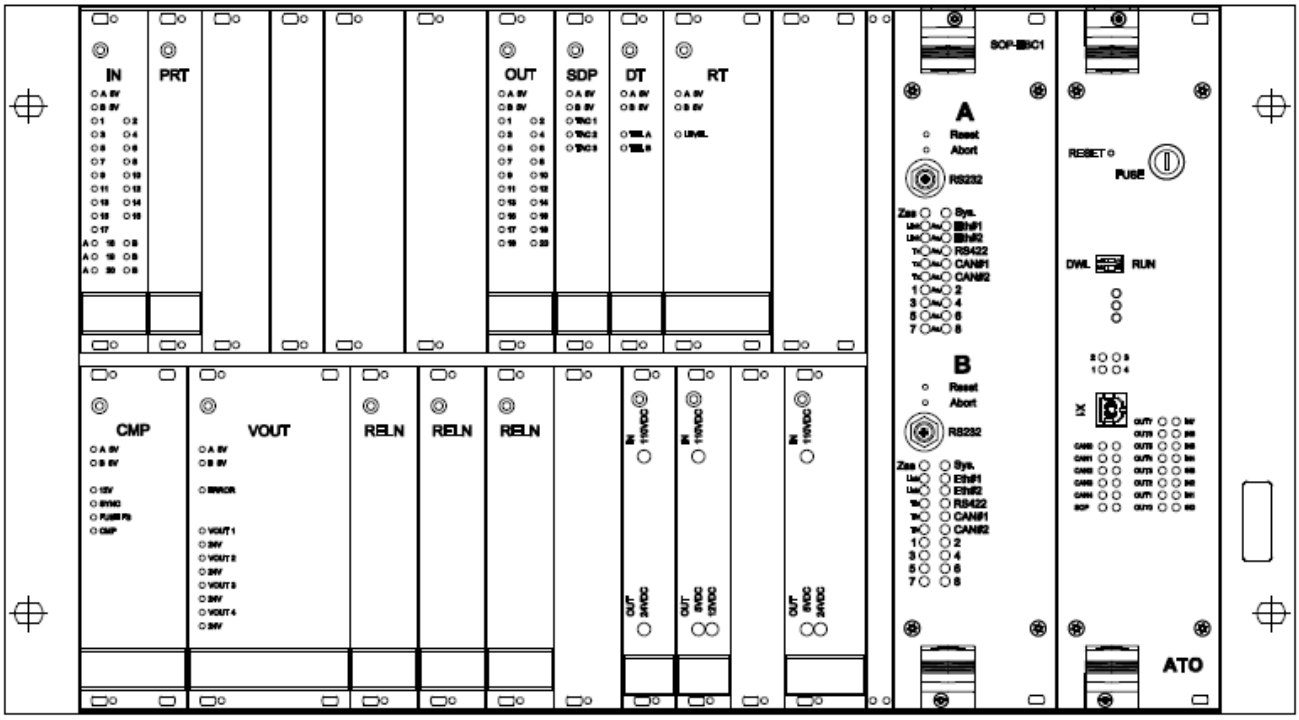
Skrót	Znaczenie	Opis
IHN	Interfejs do hamowania nagłego	Załączanie HN: wyjścia fail-safe karty VOUT sterują przekaźnikami bezpiecznymi RELN i rozwierają pętlę hamowania awaryjnego na pociągu. Potwierdzenie załączenia HN: karty VOUT czytają styki przekaźnika RELN oraz styki powtarzacza otwarcia pętli hamowania awaryjnego
IBLD	Interfejs do blokowania otwarcia drzwi na stronie lewej lub prawej	Blokowanie drzwi: odpowiednie dla danej strony wyjścia fail-safe karty VOUT sterują przez styki przekaźnika bezpiecznego RELN obwodami blokowania otwarcia drzwi na pociągu. Potwierdzenie blokowania: karty VOUT czytają styki przekaźnika RELN
IREJ	Interfejs sygnałów	Większość sygnałów z systemu SOP-3 (ATP

	napięciowych do „czarnej skrzynki”	i ATO) jest rejestrowana poprzez magistralę szeregową CAN BUS, jednak sygnały istotne dla bezpieczeństwa są rejestrowane „sprzętowo”. Są to sygnały: • blokowanie drzwi lewych (styk przekaźnika RELN), • blokowanie drzwi prawych (styk przekaźnika RELN), • załączenia HN (styk przekaźnika RELN), • aktywnego trybu odcięcia TN (przełącznik PRP), • wciśnięcia przycisku P20 (styk P20)
ITR	Interfejs do transmisji radiowej	Przełącznik Ethernet zapewniający niezależne połączenie do pociągowych urządzeń transmisji radiowej. Przeznaczony do wykorzystania w przyszłości w przypadku rozszerzenia funkcjonalności CBTC
IDIAG	Interfejs do diagnostyki	Przełącznik Ethernet, przez który jest możliwe podłączenie do zewnętrznego systemu diagnostyki
IPRP	Interfejs do przełącznika trybów PRP	Interfejs napięciowy - styki przełącznika PRP są czytane przez kartę IN
ITG	Interfejs do czujników tachometrycznych	Interfejs zapewniający zasilanie maks. trzech czujników tachometrycznych z systemu SOP-3 oraz odczyt przez kartę SDP (ATP) oraz podsystem ATO impulsów generowanych przez te czujniki podczas jazdy pociągu.
IAP	Interfejs do anteny pętlowej przedniej	Interfejs zapewniający odczyt telegramów odebranych przez antenę z pętli transmisyjnych zainstalowanych w torze.
IAZ	Interfejs do anteny pętlowej tylnej	Interfejs zapewniający odczyt telegramów odebranych z pętli transmisyjnych zainstalowanych w torze przez antenę zamontowaną w przeciwnej kabinie. Informacje te wykorzystywane są w czasie realizacji nawrotu bezobsługowego (jazda do tyłu)
CAN BUS	Interfejs szeregowy CAN	Magistrala komunikacyjna łącząca systemy ATP, ATO, KP oraz REJ. Za pomocą tej magistrali systemy ATP i ATO wysyłają rozkazy sterowanie pociągiem, które nie muszą być realizowane w sposób bezpieczny np. załączenie HS, odłączenie napędu. Urządzenia rejestratora „podsłuchują” i rejestrują zmiany informacji przesyłanych po magistrali CAN. Poprzez tę magistralę są również wysyłane informacji dla zobrazowania na panelu maszynisty HMI

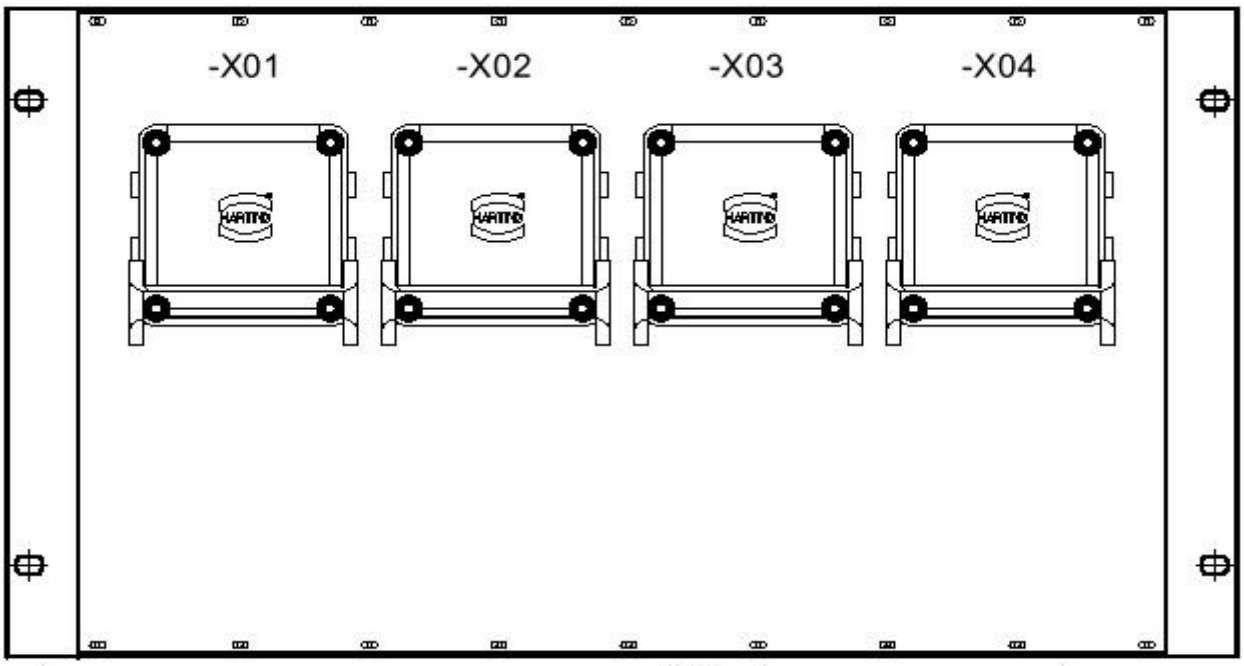
4.1.2.1 Kaseta odbiornika ELF-2

Kaseta odbiornika ELF-2 składa się z następujących komponentów:

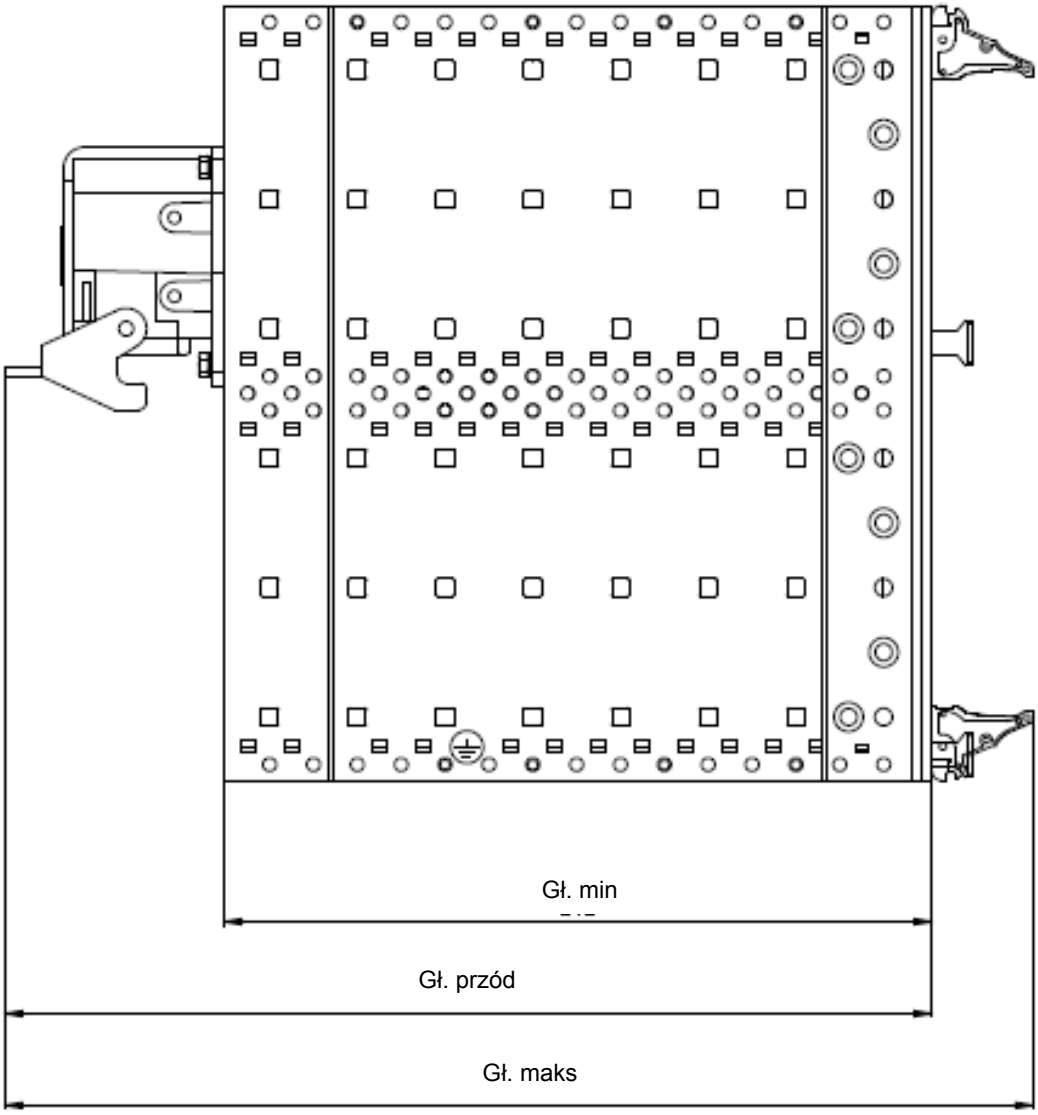
- Modułu odbiornika telegramów (RT) MER-221172;
- Modułu dekodera telegramów (DT) MER-221175;
- Modułu komparatora bezpiecznego (CMP) MER-221174;
- Modułu pomiaru drogi i prędkości (SDP) MER-221173;
- Modułu wejść cyfrowych (IN) MER-221169;
- Modułu wyjść cyfrowych (OUT) MER-221170;
- Modułu wyjść bezpiecznych (VOUT) MER-221193;
- Modułu przekaźników klasy C (RELC) MER-221195;
- Modułu przekaźników bezp. klasy N (RELN) MER-221187;
- Modułu ochrony przeciwprzepięciowej (PRT) MER-221196;
- Modułu magistrali wewnętrznych MER-130601;
- Modułów magistral odbiornika MER-324301 i MER-324302;
- Modułu jednostki centralnej ATP EBC;
- Modułu jednostki centralnej ATO ACBM4W;
- Przetwornice napięcia przetwarzających napięcie baterii pokładowej pociągu na napięcia stałe 5, 12 i 24V.
- Złącza X01, X02, X03, X04 – fizyczna realizacja wszystkich interfejsów opisanych na Rys. 4



Rys. 5 Widok kasety odbiornika – przód (panele czołowe modułów)



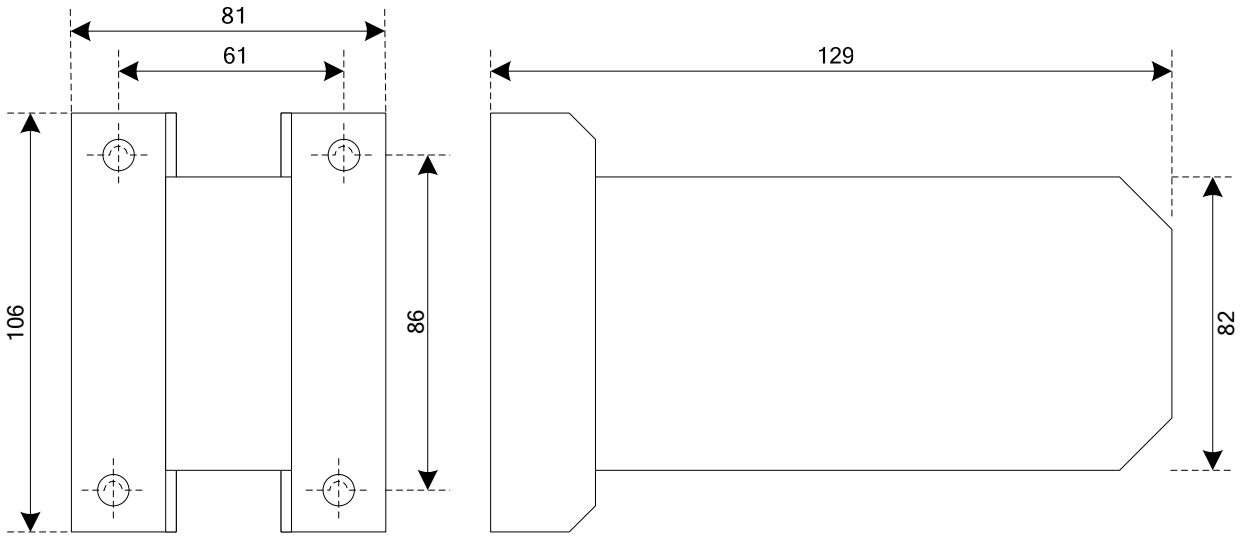
Rys. 6 Widok kasety odbiornika – tył (złącza przyłączeniowe)



Rys. 7. Widok kasety odbiornika – bok

4.1.2.2 Anteny odbiorcze ELT-132

Na każdym wagonie czołowym pociągu montowane są dwie anteny odbiorcze ELT-132, które przy pomocy specjalnych uchwytów mocowane są do przedniego wózka wagonu czołowego. Anteny te odbierają sygnały z pętli transmisyjnych ułożonych w torach, zasilanych sygnałami z urządzeń nadawczych systemów SOP-2 lub SOP-3. Sygnał wzbudzony w antenach przekazywany jest do kasety odbiornika ELF-2 zamontowanej wewnątrz pociągu.



Rys. 8. Wymiary anteny ELT-132

4.2. Dane techniczne

Dane techniczne części pojazdowej systemu SOP-3:

Tabela 4

Napięcie zasilania na zaciskach kasety ELF-2	• 24V DC (-30%, +25%), • 72V DC (-30%, +25%), • 110V DC (-30%, +25%)
Pobór mocy	• 3,5A dla 24V DC, • 1,17A dla 72V DC, • 0,77A dla 110V DC
Wymiary zewnętrzne kasety odbiornika ELF-2	Wysokość: 265mm ±5mm Szerokość: 480mm ±5mm Głębokość min. (sama kaseta): 242mm ±5mm Głębokość przód (ze złączami): 317mm ±5mm Głębokość maks. (kaseta ze złączami oraz modułami): 352mm ±5mm
Masa kompletnej kasety ELF-2	Około 16,9kg
Maksymalna liczba cyfrowych sygnałów wejściowych	40
Maksymalna liczba obsługiwanych cyfrowych sygnałów wyjściowych	20
Maksymalna liczba obsługiwanych wyjść bezpiecznych	4
Długość telegramów odbieranych od części stacjonarnej	47 bitów (w przypadku odbioru telegra-mów z części stacjonarnej systemu SOP-3) lub 37 bitów (w przypadku odbioru telegramów z części stacjonarnej systemu SOP-2)
Liczba nadzorowanych stopni prędkości	15 stopni (w przypadku odbioru telegramów z części stacjonarnej systemu SOP-3): 0n, 0p, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85 km/h lub 6 stopni (w przypadku odbioru telegramów z części stacjonarnej systemu SOP-2): 0, 20, 35, 58, 76, 85 km/h
Odstęp Hamminga	$D_{min} = 4$
Prędkość transmisji w pętlach transmisyjnych	1200 bodów
Stopień ochrony kaseta ELF-2 Stopień ochrony antena ELT-132	IP20 IP54

Zasada zachowania bezpieczeństwa	Dwa niezależne kanały przetwarzania informacji porównywane w bezpiecznym komparatorze
Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa	Podsystem ATP: SIL4 (wg norm [5], [6], [7]) Podsystem ATO: nie jest systemem bezpiecznym (SIL0) – działania ATO w systemie SOP-3 nadzoruje podsystem ATP
Niepalność	Przewody bezhalogenowe i niepalne zgodnie z normą [12] Elementy z tworzyw sztucznych niepalne klasy V0 wg UL94
Niezawodność (dla temp. pracy +40°C)	Dla podsystemu ATO: MTBF = 40 000 [h] Dla podsystemu ATP: MTBF = 37 500 [h] Dla części pojazdowej SOP-3 wraz z ATO MTBF = 19 500 [h]
Średni czas do naprawy	$MTTR_{śr.}$ = 0,24 [h] (ok. 15min)
Dostępność	$A_{śr.}$ = 99,9988 %

4.3. Warunki pracy

Zestawienie warunków pracy części pojazdowej systemu SOP-3:

Tabela 5

Parametr	Wartość parametru	Uwagi
Temperatura otoczenia	-40°C ÷ +70°C	Wg [8]
Wilgotność	5% ÷ 95% przy temp. +40°C	Wg [8]
Dopuszczalna emisja promieniowana od obudowy	40 dB (μV/m) w zakresie 30MHz ÷ 230MHz 47 dB (μV/m) w zakresie 230 MHz ÷ 1000 MHz	Wg [9]
Dopuszczalna emisja przewodzona do sieci zasilania AC	79 (66) dB (μV/m) w zakresie 0,15MHz ÷ 0,5MHz 73 (60) dB (μV/m) w zakresie 0,5 MHz ÷ 30 MHz	Wg [9]
Odporność obudowy na pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej z modulowaną amplitudą	Zakres częstotliwości: 80 MHz ÷ 1000 MHz Głębokość modulacji: 80% AM Częstotliwość modulacji: 1 kHz Poziom probierczy: 10 V/m	Wg [9]
Odporność obudowy na pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej pochodzące od cyfrowych telefonów komórkowych	Zakres częstotliwości: 800 MHz ÷ 1000 MHz i 1,4 GHz ÷ 2,5 GHz, Głębokość modulacji: 80% AM Częstotliwość modulacji: 1 kHz Poziom probierczy: • 20 V/m dla zakresu 800 MHz ÷ 1000 MHz • 10 V/m dla zakresu 1,4 GHz ÷ 2,1 GHz • 5 V/m dla zakresu 2,1 GHz ÷ 2,5 GHz	Wg [9]
Odporność obudowy na wyładowania elektrostatyczne	Wyładowania dotykowe: ±6 kV Wyładowania pojemnościowe: ±8 kV	Wg [9]

Parametr	Wartość parametru	Uwagi
Odporność portów WE/WY na zaburzenia przewodzone, indukowane przez pola o częstotliwości radiowej	Zakres częstotliwości: 0,15 MHz ÷ 80 MHz Głębokość modulacji: 80% AM Częstotliwość modulacji: 1 kHz Poziom probierczy: 10 V/m	Wg [9]
Odporność portów WE/WY na szybkie elektryczne stany przejściowe (burst)	Amplituda impulsów: ±2 kV Typ impulsu: 5/50 ns, Częstotliwość powtórzeń: 5 kHz	Wg [9]
Odporność portów WE/WY na udary dużej energii (surges)	Amplituda impulsów do ekranu kabla: ±2 kV Amplituda pomiędzy żyłami kabla: ±1 kV Typ impulsu: 1,2/50 µs	Wg [9]

4.4. Działanie

Część pojazdowa systemu SOP-3 realizuje dwie zasadnicze funkcje:

1. Automatycznego ograniczenia prędkości pociągu (ATP),
2. Automatycznego prowadzenia pociągu (ATO).

4.4.1 Podsystem ATP

Funkcje realizowane przez część pojazdową systemu SOP-3 zależą od tego, z jakiej części stacjonarnej są odbierane dane poprzez pętlę transmisyjne: z systemu SOP-3, czy z systemu SOP-2 zainstalowanego na Linii 1 Metra Warszawskiego. W ramach funkcji ATP część pojazdowa systemu SOP-3 realizuje następujące funkcje podstawowe:

Tabela 6

Funkcja	Jazda na linii z SOP-3	Jazda na L1
Autotest urządzeń części pojazdowej SOP-3 oraz współpracujących istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa układów na pojeździe (w zakresie, który umożliwia konstrukcja danego pojazdu)	TAK	TAK
Pomiar rzeczywistej prędkości, z jaką porusza się pociąg - część pojazdowa systemu na podstawie niezależnych informacji z dwóch niezależnych generatorów impulsów tachometrycznych zamontowanych na różnych osiach pociągu w sposób ciągły oblicza parametry jazdy pociągu: odległość przebytą, kierunek jazdy, prędkość oraz przyspieszenie. Odczyty z generatorów impulsów tachometrycznych są porównywane i w sposób bezpieczny jest obliczana rzeczywista prędkość pociągu (uwzględniane są efekty buksowania lub zablokowania kół)	TAK	TAK
Kontrola prędkości dozwolonej - część pojazdowa systemu odbiera za pomocą anten ELT-132 informacje o prędkości dozwolonej w danym miejscu linii wysyłane z części stacjonarnej poprzez pętle transmisyjne. Prędkość dozwolona jest w sposób ciągły porównywana z prędkością rzeczywistą i w przypadku przekroczenia prędkości rzeczywistej system inicjuje reakcję mająca na celu powrót do stanu bezpiecznego, w którym prędkość rzeczywista jest mniejsza od prędkości dozwolonej. Reakcja systemu jest stopniowa tj. najpierw odłączany jest	TAK	TAK

napęd, jeżeli prędkość nadal wzrasta system wdraża hamowanie służbowe, a jeżeli prędkość pociągu nadal wzrasta włączane jest hamowanie awaryjne. W niektórych trybach pracy urządzeń części pojazdowej lub przy odbieraniu niektórych stopni prędkości reakcją systemu w przypadku przekroczenia prędkości dozwolonej jest natychmiastowe załączenie hamowania awaryjnego		
Kontrola efektywności hamowania pociągu po wydaniu polecenia hamowania służbowego. Część pojazdowa systemu sprawdza, czy w założonym czasie pociąg hamuje zgodnie z oczekiwaną efektywnością. Jeżeli nie, część pojazdowa systemu SOP-3 załącza hamowanie awaryjne	TAK	TAK
Nadzór pociągu na stacji – zezwolenie na otwarcie drzwi pociągu po określonej stronie peronu w miejscu zatrzymania na stacji, kontrola warunków odjazdu ze stacji	TAK	NIE
Kontrola cofania	TAK	NIE
Kontrola staczania	TAK	TAK
Zabezpieczenie jazdy pociągu podczas realizacji bezobsługowego nawrotu	TAK	NIE
Wysyłanie informacji ATP dla zobrazowania na panelu maszynisty HMI: – Gotowość urządzeń części pojazdowej do pracy, – Awaria urządzeń części pojazdowej, – Status autotestu urządzeń części pojazdowej, – Prędkość rzeczywista pociągu, – Prędkość kontrolowana na danym odcinku torowym, – Stan transmisji z pętli transmisyjnych, – Wyłączenie / zezwolenie na włączenie napędu, – Włączenie / wyłączenie hamowania systemowego,	TAK	TAK
Wypracowywanie informacji dla rejestratora pokładowego (czarnej skrzynki)	TAK	TAK
Zabezpieczenie jazdy pociągu podczas realizacji automatycznej dyspozytorskiej jazdy pociągu	TAK	NIE
Samoczynne przełączanie między obszarami wyposażonymi w urządzenia stacjonarne SOP-3 i SOP-2	TAK	TAK
Możliwość przejęcia prowadzenia pojazdu przez maszynistę z kontrolowaną prędkością bezpieczną 20km/h i naciśniętym przyciskiem P20	TAK	TAK
Możliwość przejazdu bez interwencji systemu przez odcinki bez transmisji na długości maksymalnie 25m	TAK	TAK
Możliwość diagnostyki pracy urządzeń pojazdowych SOP-3	TAK	TAK

Bezwarunkowe zatrzymanie pociągu po wjechaniu na odcinek zajęty	TAK	TAK
Bezwarunkowe zatrzymanie pociągu po wjechaniu za semafor wskazujący sygnał Stój	TAK	NIE

4.4.2 Konfiguracja systemu ATP

System posiada możliwość konfigurowania jego działania poprzez:

- Oprogramowanie bazowe systemu – zawiera główny algorytm działania systemu ATP; oprogramowanie jest zabezpieczone przed nieautoryzowaną zmianą a jego **aktualizacja może być wykonana tylko przez producenta**
- Tekstowy plik konfiguracyjny *sopConf* – zawiera definicje wartości parametrów systemu związanych z typem pociągu oraz linią metra, na której pociąg będzie eksploatowany za pomocą; plik jest zabezpieczony przed nieautoryzowaną zmianą i jego **aktualizacja może być wykonana tylko przez producenta**; zmiana tego warunku jest możliwa po uzgodnieniu z producentem systemu;
- Tekstowy plik konfiguracyjny ***sopParams*** – zawiera definicje wartości średnicy kół wykorzystywana przez system do pomiaru odległości oraz prędkości; plik jest zabezpieczony przed nieautoryzowaną zmianą i jego aktualizacja **może być wykonana przez Użytkownika systemu po uprzednim przeszkoleniu za pomocą dedykowanego narzędzia**;

4.4.3 Podsystem ATO

Wymienione poniżej funkcje ATO są realizowane wyłącznie, jeżeli są odbierane informacje z części stacjonarnej systemu SOP-3.

Podczas jazdy na Linii 1 Metra Warszawskiego jedyną realizowaną przez urządzenia pojazdowe SOP-3 funkcją ATO jest „automatyczne zatrzymanie w miejscu zatrzymania pociągu przy peronie” z dokładnością ±2m, którą maszynista może anulować.

W ramach funkcji ATO część pojazdowa systemu SOP-3 realizuje następujące funkcje na linii, gdzie zainstalowana jest cześć stacjonarna systemu SOP-3:

- Automatyczny dojazd pociągu do stacji
  - Umożliwia zatrzymanie w miejscu zatrzymania przy peronie stacji z dokładnością ±20cm,
  - Przed wjazdem na stację inicjuje w komputerze pokładowym pociągu KP uruchomienie komunikatu głosowego informującego o nazwie stacji,
  - Umożliwia przejazd przez stację bez zatrzymania po odebraniu rozkazu wysłanego przez dyspozytora,
  - Po zatrzymaniu się pociągu w dedykowanym miejscu zatrzymania przy peronie stacji otwiera automatycznie drzwi pociągu (przy czym maszynista ma także możliwość ręcznego sterowania otwarciem drzwi).
- Automatyczny odjazd ze stacji

  - Po naciśnięciu przycisku ODJAZD przez maszynistę i po zakończeniu emisji głosowego komunikatu ostrzegającego zamyka drzwi i realizuje automatyczny odjazd ze stacji,
  - Po odjeździe ze stacji inicjuje w komputerze pokładowym pociągu KP uruchomienie komunikatu głosowego informującego o nazwie następnej stacji,
  - Umożliwia blokowanie automatycznego odjazdu ze stacji przez dyspozytora.
- Regulator prędkości jazdy pociągu:
  - Reguluje prędkość z dokładnością ±1 km/h,
  - Respektuje prędkość dozwoloną kontrolowaną przez ATP,
  - Umożliwia ręczne zadawanie przez maszynistę następujących ograniczeń prędkości: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 i 85km/h,
  - Umożliwia wymuszenie wybiegu lub hamowania służbowego nastawnikiem przez maszynistę bez konieczności wyłączenia trybu automatycznego zabezpieczonego TA (patrz rozdz. 4.4.4).
- Regulator hamowania docelowego:
  - Realizuje płynne zmniejszanie prędkości pociągu do miejsca z ograniczeniem prędkości lub do miejsca zatrzymania (krzywa hamowania),
  - Respektuje prędkość dozwoloną kontrolowaną przez ATP
  - Przy jeździe przez odcinek z ograniczoną prędkością np. przez zwrotnice, system utrzymuje prędkość na całej długości pociągu
  - Umożliwia automatyczny dojazd pociągu z prędkością bezpieczną tj. 20km/h do semaforów zabraniających lub ograniczających jazdę oraz innych punktów chronionych (system ATP umożliwia dojazd do ww. punktów przy użyciu przycisku czujności)
- Regulator czasu jazdy:
  - Określa strategię jazdy tak, aby zatrzymanie pociągu na następnej stacji nastąpiło o godzinie określonej przez rozkład jazdy przy minimalnym zużyciu energii trakcyjnej,
  - Umożliwia zadawanie korekcji czasu przyjazdu przez maszynistę lub dyspozytora,
  - Umożliwia indywidualne zadawanie czasu przyjazdu do następnej stacji przez dyspozytora.
- Sterowanie urządzeniami pociągu
  - W wybranych miejscach linii synchronizuje zegar wewnętrzny z czasem dyspozytorskim,
  - W wybranych miejscach linii przełącza światła pociągu na „długie”, podczas jazdy pociągu wzdłuż krawędzi peronu przełącza światła pociągu na „krótkie”,

  - Ogranicza powstawanie łuków elektrycznych podczas przejazdu pociągu przez przerwy międzysekcyjne poprzez wyłączanie napędu w poszczególnych wagonach pociągu
  - Inicjuje nadawanie komunikatów głosowych jak opisano w sekcjach „Automatyczny dojazd pociągu do stacji” oraz „Automatyczny odjazd ze stacji”
- Zobrazowanie (HMI)
  - Wyświetla nazwę następnej stacji oraz czas przyjazdu z uwzględnieniem korekty,
  - Wyświetla stronę otwarcia drzwi,
  - Wyświetla czas odjazdu,
  - Wyświetla rozkazy sterowania pociągiem (jazda, wybieg, hamowanie)
  - Wyświetla informacje o sytuacji ruchowej (m.in. stopnie prędkości dozwolonej) przed pociągiem.
- Automatyczny nawrót pociągu na stacjach odstawczych
- Automatyczna jazda dyspozytorska pociągu do najbliższej stacji

4.4.4 Tryby pracy

Urządzenia części pojazdowej systemu SOP-3 podczas jazdy po obszarze wyposażonym w urządzenia stacjonarne SOP-3 mogą pracować w jednym z następujących trybów aktywowanych przez maszynistę przy pomocy przełącznika trybów PRP:

- **TN** (tryb neutralny) – urządzenia części pojazdowej SOP-3 są zasilane, ale odcięte od układów sterowania pociągu tzn. nie oddziałują na jazdę pociągu, przy czym fakt ten jest rejestrowany w rejestratorze pokładowym. Tryb ten jest używany głównie w przypadku wystąpienia usterki części pojazdowej systemu SOP-3 uniemożliwiającej kontynuowanie jazdy pociągu np. permanentne załączenie hamowania awaryjnego,
- **TB** (tryb bezpieczny ograniczony) – tryb jazdy na odpowiedzialność maszynisty (przy użyciu przycisków czujności z ograniczoną prędkością kontrolowaną). W trybie tym nie są respektowane restrykcje odbierane z pętli transmisyjnej, a system hamuje wdrażając hamowanie awaryjne po przekroczeniu prędkości kontrolowanej lub po zwolnieniu przycisku czujności,
- **TR** (tryb ręczny zabezpieczony) – tryb jazdy manualny (bez kontroli systemu ATO) w pełni zabezpieczony przez ATP,
- **TA** (tryb automatyczny zabezpieczony) – tryb jazdy automatyczny – pociąg jest prowadzony automatycznie przez ATO w pełni zabezpieczony przez ATP,
- **TBN** – tryb automatycznego nawrotu pociągu na stacji końcowej

Urządzenia części pojazdowej systemu SOP-3 podczas jazdy po obszarze wyposażonym w urządzenia stacjonarne SOP-2 mogą pracować w jednym z następujących trybów aktywowanych przez maszynistę przy pomocy przełącznika trybów PRP:

- **TN** (tryb neutralny) – urządzenia części pojazdowej SOP-3 są zasilane, ale odcięte od układów sterowania pociągu tzn. nie oddziałują na jazdę

pociągu, przy czym fakt ten jest rejestrowany w rejestratorze pokładowym. Tryb ten jest używany głównie w przypadku wystąpienia usterki części pojazdowej systemu SOP-3 uniemożliwiającej kontynuowanie jazdy pociągu np. permanentne załączenie hamowania awaryjnego,

- **TR** (tryb ręczny zabezpieczony) – tryb jazdy manualny w pełni zabezpieczony przez ATP,

Przy czym ustawienie przełącznika w pozostałych trybach tj. TB, TA, TBN oznacza pracę urządzeń pojazdowych w trybie TR.

4.5. Odmiany

Odmiany części pojazdowej systemu SOP-3 wynikają z rodzaju (typu) pociągu, na jakim część pojazdowa jest instalowana:

ELF-2/1 (lub ELF-2) – odmiana dla pociągu INSPIRO

5. ZASADY BEZPIECZNEGO STOSOWANIA

Producent zapewnia, że część pojazdowa systemu SOP-3 zachowuje parametry techniczne, parametry bezpieczeństwa i bierze za nie odpowiedzialność jedynie w przypadku, gdy postępowanie z nim jest zgodne z warunkami bezpiecznego stosowania określonymi w niniejszym dokumencie oraz w:

- Wytycznych projektowania i montażu (patrz dokumenty [1] i [2]),
- Instrukcji obsługi (patrz dokument [4]),
- Instrukcji utrzymania (patrz dokument [3]).

Prace przy urządzeniach w zakresie obsługi eksploatacyjnej i obsługi technicznej może wykonywać pracownik po przeszkoleniu, posiadający ważne świadectwo wystawione przez producenta.

Obowiązek zapewnienia przeszkolenia ciąży na użytkowniku.

Naprawy urządzeń może wykonywać pracownik serwisu producenta lub punktu serwisowego, autoryzowanego przez producenta.

Zmiany w konfiguracji urządzeń oraz w oprogramowaniu są dozwolone w zakresie opisanym w rozdziale 4.4.2.

Bombardier Transportation (ZWUS) Polska Sp. z o.o. w Katowicach wyłącza swoją odpowiedzialność za skutki niewłaściwego działania urządzeń, jeżeli nie będą stosowane zasady, o których mowa w niniejszym punkcie.

6. PAKOWANIE, SKŁADOWANIE I TRANSPORT

Urządzenia części pojazdowej systemu SOP-3 można transportować dowolnymi środkami transportu, zabezpieczając je przed bezpośrednimi wpływami warunków atmosferycznych. Sugeruje się umieszczanie pudeł kartonowych w większych skrzyniach drewnianych na czas transportu.

Skrzynie powinny być układane zgodnie ze znakami umieszczonymi na skrzyniach.

Dopuszczalna do transportu ilość warstw dla wszystkich urządzeń zależy od konstrukcji skrzyń. Urządzenia na czas transportu należy zabezpieczyć przed przesuwaniem się i wzajemnym obijaniem.

7. LIKWIDACJA I USUNIĘCIE (UTYLIZACJA)

Po zakończeniu eksploatacji, urządzenie lub poszczególne jego elementy należy zdemontować i poddać likwidacji.

Należy postępować zgodnie z zapisami:

- ustawy o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz.U. 2013 nr 0 poz. 21)
- ustawy o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym z dnia 29 lipca 2005 r. (Dz.U. 2005 nr 180 poz. 1495).

8. DOKUMENTY I NORMY ZWIĄZANE

8.1. Dokumenty związane z obsługą systemu

[1]	Wytyczne projektowania i montażu części pojazdowej SOP-3	X-4-02970 kor.c
[2]	Instrukcja instalacji anteny odbiorczej ELT-132	X-4-03016 kor.b
[3]	Instrukcja utrzymania części pojazdowej systemu SOP-3	X-4-03007 kor.d
[4]	Instrukcja obsługi części pojazdowej systemu SOP-3	X-4-02985 kor.h

8.2. Pozostałe dokumenty związane

[5]	Norma: „Zastosowania kolejowe – Specyfikacja niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa”	PN-EN 50126:2002E
[6]	Norma: „Zastosowania kolejowe – Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem – Oprogramowanie kolejowych systemów sterowania i zabezpieczenia”	PN-EN 50128:2011E
[7]	Norma: „Zastosowania kolejowe – Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem - Elektroniczne systemy sterowania ruchem związane z bezpieczeństwem”	PN-EN 50129:2007P
[8]	Norma: „Zastosowania kolejowe – Warunki środowiskowe stawiane urządzeniom – Część 3: Wyposażenie dla sygnalizacji i telekomunikacji”	PN-EN 50125-3:2003E
[9]	Norma: „Zastosowania kolejowe – Kompatybilność elektromagnetyczna – Część 4: Emisja i odporność urządzeń sterowania ruchem kolejowym i urządzeń telekomunikacyjnych”	PN-EN 50121-4:2008P
[10]	Dokumentacja Techniczno-Ruchowa Część stacjonarna systemu SOP-3	DTR-2011/SOP-3 wersja 0/1
[11]	Dokumentacja Techniczno-Ruchowa systemu Automatycznego Ograniczania Prędkości SOP-2, urządzenia nadawcze	DTR-94/SOP-2/1

[12]	Badania palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych - Część 1-2: Sprawdzanie odporności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia - Metoda badania płomieniem mieszankowym 1 kW	PN-EN 60332-1-2:2010P

9. DANE PRODUCENTA

Bombardier Transportation (ZWUS) Polska Sp. z o.o.
ul. Modelarska 12
40-142 Katowice
tel.: (+48) 32 730 50 00
fax: (+48) 32 204 22 44

– K O N I E C –

Opracował: Maciej Łakomski

Weryfikował: Witold Bryła

Zatwierdził: Alfred Kurkowski

Elektronicznie podpisany przez ALFRED KURKOWSKI
Data: 2015.10.22 15:32:05 +02'00'