



Adam Wawrzyniak

# Elektryczne pociągi zespołowe ETR610 serii ED250 dla PKP Intercity S.A.

Fot. 1. Pociąg ED250-001 na torze testowym Instytutu Kolejnictwa w Żmigrodzie

Fot. B. Banaszak

**11 maja 1994 r., o godz. 13.14 na Centralnej Magistrali Kolejowej (CMK) pobito polski kolejowy rekord prędkości. Skład „Pendolino” ETR 460 wyprodukowany przez Fiat Ferroviaria osiągnął prędkość 250,1 km/h. Przedsięwzięcie było elementem prezentacji możliwości szybkich pociągów produkowanych przez zlokalizowaną we włoskim Savigliano fabrykę Fiat Ferroviariów drugiej połowie lat 90., po rozpoczęciu modernizacji Centralnej Magistrali Kolejowej (CMK), Polskie Koleje Państwowe postanowiły zamówić pociągi dużych prędkości z wychylnym pudłem i w 1997 r. rozpięły przetarg na dostawę składów. Oferty złożyły Siemens, ADtranz oraz Fiat Ferroviaria. Przetarg wygrał Fiat, który zaoferował 16 pociągów serii ETR460 Pendolino. Z uwagi na problemy z finansowaniem projektu przetarg unieważniono z końcem 1999 r.**

Niespełna 12 lat później, już po restrukturyzacji Polskich Kolei Państwowych, spółka PKP Intercity S.A. podpisała z konsorcjum Alstom umowę na dostawę i utrzymanie składów zespolonych dużej prędkości typu ETR610. Umowa podpisana 30 maja 2011 r. dotyczy budowy i homologacji 20 pociągów, budowy centrum serwisowego oraz utrzymania składów przez 17 lat.

Kolejno w lipcu i sierpniu 2011 r. podpisano następne kontrakty z Europejskim Bankiem Inwestycyjnym i Centrum Unijnych Projektów Transportowych na kredytowanie i dofinansowanie realizacji przedsięwzięcia ze środków Unii Europejskiej. Ponadto Uchwałą Rady Ministrów projekt uzyskał gwarancje rządowe na zaciągnięcie zobowiązań w zakresie przedmiotowej inwestycji.

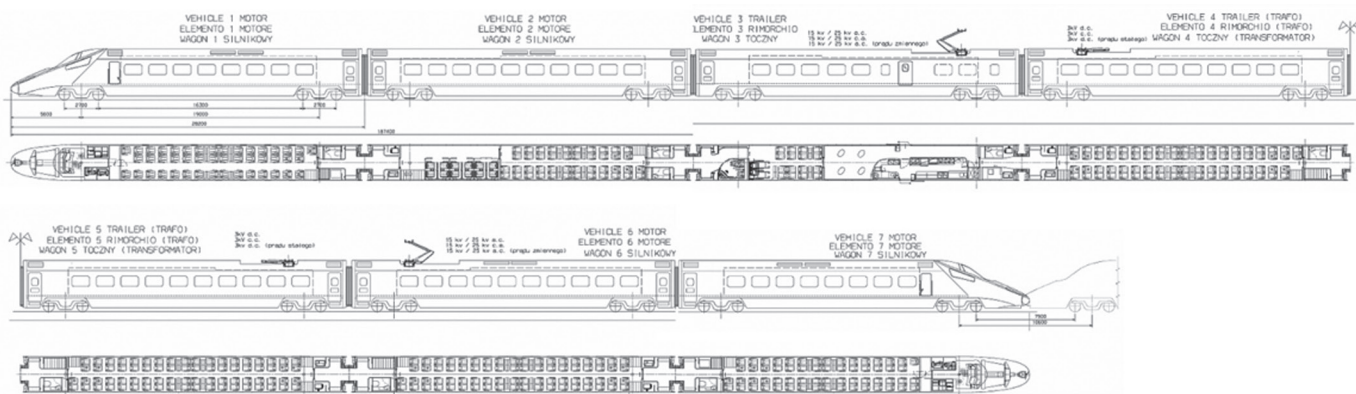
Pociągi z rodziny ETR mają swoje początki jeszcze w latach 70. XX w. Kolejne modernizacje konstrukcji i zastosowanie coraz nowszych technologii pozwalało rozwijać coraz lepsze generacje pociągów. Obecnie pierwsze pociągi rodziny ETR można już podziwiać w muzeach, a najnowsze obsługują jedno z najszybszych połączeń zarówno w Europie, jak i na innych kontynentach. Międzynarodowa popularność pociągów ETR znajduje swoje odzwierciedlenie w seriach zamówień z wielu krajów (m.in. Niemcy, Finlandia, Rosja, Szwajcaria, Czechy, Portugalia, Hiszpania, Słowenia, Włochy, Wielka Brytania, Chiny). Ponad 400 pociągów należących do tej rodziny przejechało już ponad 0,5 mld kilometrów w eksploatacji komercyjnej, część z nich ma mechanizm wychylnego pudła.

Obecnie budowane dla PKP Intercity pociągi typu ETR610 stanowią najnowocześniejszą generację opartą na dziesięcioleciach doświadczeń konstrukcyjnych i eksploatacyjnych oraz wykorzystującą nowoczesne materiały i technologie. Miejscem głównego montażu składów jest – należąca na konsorcjum Alstom – fabryka we włoskim Savigliano (dawniej Fiat Ferroviaria). Poszczególne komponenty i materiały są także wytwarzane przez firmy z innych krajów, między innymi Niemiec (np. osprzęt hamulca), Francji (np. wózki i tapicerka) i Szwajcarii (np. aluminiowe profile pudła).

## Konfiguracja pociągu

Każdy skład ETR610 dla PKP Intercity składa się z siedmiu wagonów bezprzedziałowych, z wyjątkiem miejsc biznesowych, w konfiguracji:

- wagon silnikowy z kabiną maszynisty – wagon klasy pierwszej z 45 miejscami do siedzenia;



Rys. 1. Konfiguracja składu

Materiały Alstom

- środkowy wagon silnikowy ze strefą klasy biznes (łącznie 12 miejsc), 44 miejsca w otwartej strefie klasy drugiej;
- środkowy wagon doczepny klasy drugiej z 18 miejscami, z czego dwa mogą zostać zajęte przez osoby na wózkach inwalidzkich; w wagonie tym znajduje się również część barowa, z obszarem przeznaczonym na konsumpcję (z 20 miejscami stojącymi) oraz przedział kierownika pociągu;
- środkowy wagon doczepny z jednym głównym transformatorem, wewnątrz 74 miejsca klasy drugiej;
- środkowy wagon doczepny z jednym głównym transformatorem, wewnątrz 74 miejsca klasy drugiej;
- środkowy wagon silnikowy z 74 miejscami klasy drugiej;
- wagon silnikowy z kabiną maszynisty i z 61 miejscami klasy drugiej.

Rozplanowanie składu pociągu przedstawiono rysunku 1.

## Podstawowe parametry techniczne

|   |   |
|---|---|
| Szerokość toru  | 1435 mm                                     |
| Maksymalna prędkość eksploatacyjna                          | 250 km/h                                    |
| Moc ciągła silników trakcyjnych całego składu               | 5,664 MW                                    |
| Napięcie zasilające   | 3 kV DC,                                    |
|   | 15 kV AC, 16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> Hz |
|   | 25 kV AC, 50 Hz                             |
| Maksymalna szerokość pudła wagonu                           | 2830 mm                                     |
| Maksymalna wysokość pojazdu (nad główką szyny)              | 4100 mm                                     |
| Wysokość poziomu podłogi (nad główką szyny)                 | 1260 mm                                     |
| Całkowita długość wagonu skrajnego                          | 28 200 mm                                   |
| Całkowita długość wagonu środkowego                         | 26 200 mm                                   |
| Rozstaw czopów skrzyt                                       | 19 000 mm                                   |
| Wysokość sprzęgu przedniego (nad główką szyny)              | 1025 mm                                     |
| Skład pociągu   | S-S-D-D-D-S-S                               |
| Szacowana masa pociągu w stanie gotowości operacyjnej       | 395,5 t                                     |
| Szacowana masa pociągu przy normalnym obciążeniu            | 427,7 t                                     |
| Minimalny promień łuku na stacji postojowej ( $v < 8$ km/h) | 100 m                                       |
| Minimalny promień łuku na linii                             | 250 m                                       |
| Liczba miejsc do siedzenia                                  | 402   |

Pociąg zaprojektowano do wsiadania i wysiadania na stacjach o wysokości peronu 550 i 760 mm nad główką szyny. Ponadto dzięki zastosowaniu dodatkowych wysuwanych stopni oraz platform dla osób niepełnosprawnych, skład może być także eksploatowany na stacjach, których perony zbudowano na wysokości od 250 do 550 mm nad główką szyny.

## Konstrukcja pudeł

Samonośne pudła pociągów wykonane są z profili wykonanych z lekkich stopów aluminiowych. Profile są zsuwane ze sobą na złącza typu „jaskółczy ogon”, a miejsca łączenia spawane przez roboty spawalnicze. W pierwszej kolejności oddzielnie, jako osobne elementy, produkowane są podłoga, ściany boczne, ściany czołowe i dach. Następnie na portalowej frezarce CNC wycinane są w elementach wszystkie wymagane otwory, takie jak drzwi, okna i przepusty dla instalacji. Na końcowym etapie wszystkie elementy składa się i spawa przy użyciu robotów na tzw. „katedrze”, czyli regulowanym szablonie spawalniczym. Znakomita większość prac spawalniczych jest zrobotyzowana. Wyjątkiem są jedynie krótkie spoiny kładzione w trudno dostępnych miejscach takich jak np. przedsionki wagonów. Po spawaniu, najpierw oddzielne elementy, a następnie całe pudła każdorazowo przechodzą złożoną procedurę pomiarów odbiorczych, wykonywanych przy użyciu teodolitu cyfrowego. Przebieg produkcji pudeł ilustrują fotografie 2–6.

## Układ biegowy i napędy trakcyjne

Pociąg wyposażono w 8 sześciobiegowych silników trakcyjnych, asynchronicznych, trójfazowych o mocy ciągłej 708 kW każdy. Silniki razem z wentylatorami (obce chłodzenie) zamocowane są pod pudłami wagonów na specjalnych ramach. Między ramą napędu a pudłem wagonu zastosowano sprężyny spiralne łączące siły działające na napęd w szczególności podczas rozruchu i hamowania elektrodynamicznego. Każdy silnik napędza jeden zestaw kołowy. Moc przenoszona jest za pomocą wałów napędowych z przegubami Cardana oraz kątowych przekładni osiowych (przełożenie  $62/27 = 2,296$ ).

Wózek napędny wyposażony jest w oś toczną z trzema tarczami hamulcowymi oraz oś napędową z kątową przekładnią osiową i dwiema tarczami hamulcowymi. Rozstaw osi we wszystkich wózkach wynosi 2700 mm. Bardzo niska wartość mas oraz zastosowane tłumiki skrzyt mają za zadanie zapewnić poprawne zachowanie dynamiczne składu dla prędkości eksploatacyjnej do 250 km/h przy niskim poziomie dynamicznych sił pionowych i bocznych na łukach.

Zawieszenie pierwszego stopnia składa się z dwóch zestawów bliźniaczych sprężyn śrubowych, dwóch cięgieł łączących ramę wózka z maźnicą oraz jednego tłumika drgań. Odsprężynowanie zestawu kołowego pokazano na fotografii 7.

Zawieszenie drugiego stopnia obejmuje cztery zestawy sprężyn w każdym wózku, każdy z trzema sprężynami współosiowymi

i dwiema gumowymi podkładkami. Górna poprzecznicza wózka jest bezpośrednio połączona z konstrukcją podłogi wagonu. Zawieszenie drugiego stopnia uzupełniają dwa tłumiki skrętu wózka.

Rama wózka jest konstrukcją stalową, całkowicie spawaną. Składa się z dwóch ram bocznych połączonych dwoma poprzecznymi wykonanymi z rur grubościennych.

Na system hamowania mechanicznego wózka składają się zespoły tarcz hamulcowych: na osiach napędowych znajdują się dwie tarcze wentylowane, a na osiach tocznych – trzy. Niektóre jednostki hamulca tarczowego wyposażone są w funkcję hamulca postojowego. Ponadto wózki wyposażone są

w hamulec elektromagnetyczny. Z uwagi na zróżnicowanie funkcji (wózki napędne skrajne – 2 szt., napędne wewnętrzne – 6 szt. i toczne – 6 szt.) masy wózków różnią się i zawierają się w przedziale od 8800 kg do 9100 kg. Układ osi całego pociągu wygląda następująco:

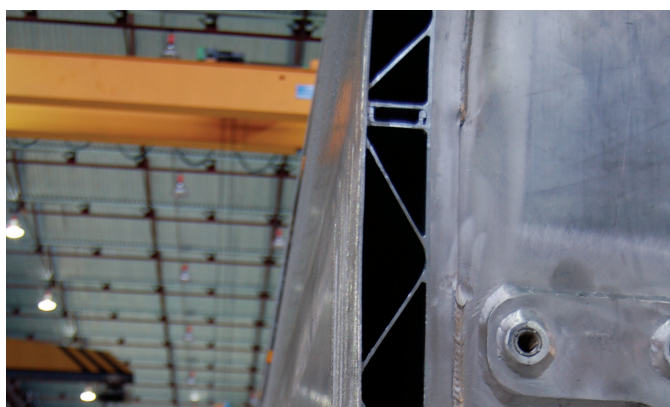
1'A1' + 1'A1' + 2'2' + 2'2' + 2'2' + 1'A1' + 1'A1'

Silniki trakcyjne przed montażem pod pudłem zaprezentowano na fotografii 8.



Fot. 2. Profile aluminiowe dla pociągu ETR610 dla PKP Intercity S.A.

Fot. A. Wawrzyniak



Fot. 3. Łączenie profili

Fot. A. Wawrzyniak



Fot. 4. Podłoga w trakcie frezowania otworów przepustowych dla instalacji

Fot. A. Wawrzyniak



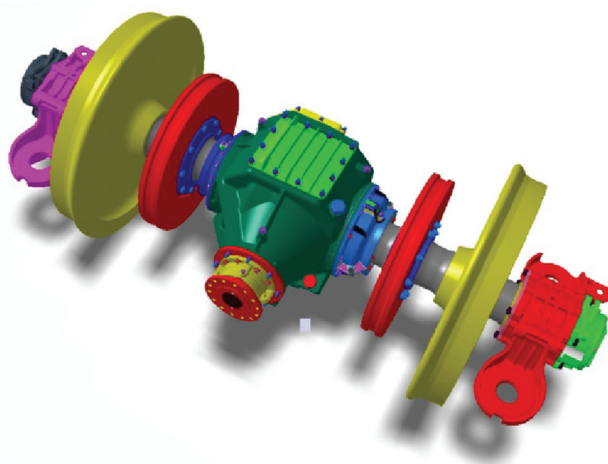
Fot. 5. Ściany boczne po frezowaniu otworów drzwiowych i okiennych

Fot. A. Wawrzyniak



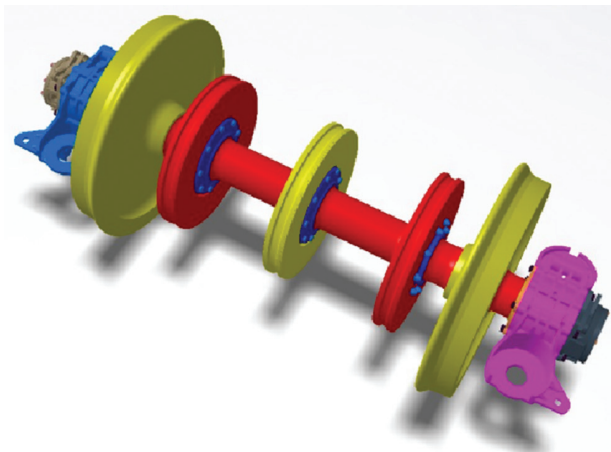
Fot. 6. Elementy składowe na tzw. „katedrze” przygotowane do spawania w pudło wagonu. Wewnątrz pudła widoczne krzyżowe rozporry zapobiegające odkształceniom pod wpływem naprężeń spawalniczych

Fot. A. Wawrzyniak



Rys. 2. Zestaw kołowy napędny

Źr. Alstom.



Rys. 3. Zestaw kołowy toczny

Źr. Alstom

Zasilanie silników trakcyjnych i obwodów pomocniczych zapewnia obwód główny, w skład którego wchodzi:

- 2 pantografy AC (dach pojazdu),
- 2 pantografy DC (dach pojazdu),
- zestaw odłączników (dach pojazdu),
- 2 transformatory główne chłodzone olejem wraz z szafami rozrządczymi, sterującymi konfiguracją załączenia poszczególnych odczepów (pod pudłem),
- 4 przekształtniki IGBT chłodzone cieczą – przekształtniki wstępne zintegrowane z dwoma falownikami trakcyjnymi każdy (pod pudłem),
- 4 przetwornice pomocnicze 3×400 VAC o mocy ciągłej 300 kVA każda (pod pudłem),
- 7 przetwornic pomocniczych 24 VDC o łącznej mocy ciągłej 105 kW (pod pudłem).

Rozmieszczenie wybranych urządzeń przedstawiono na rysunku 4.

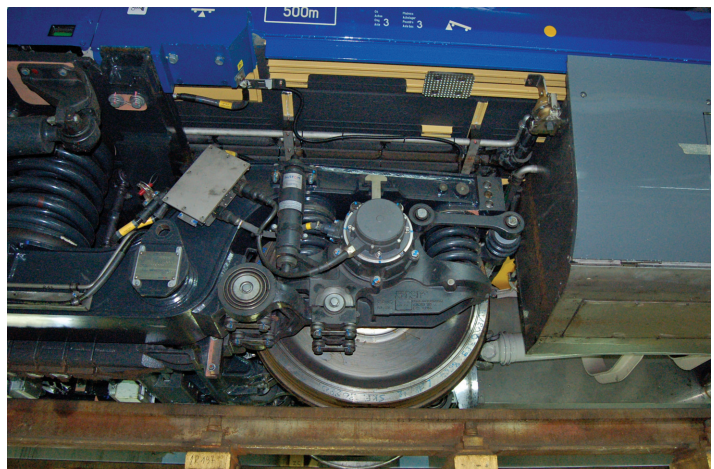
Na pokładzie znajdują się dwie instalacje pomocnicze o napięciach 3×400 VAC i 24 VDC. Każdy skład wyposażono w 6 zestawów baterii akumulatorów 24 V NiCd o łącznej pojemności 2760 Ah. Pojemność akumulatorów spełnia wymagania specyfikacji TSI dla taboru kolei dużych prędkości, w zakresie zasilania funkcji awaryjnych, dla sytuacji gdy pociąg jest zatrzymany na linii bez zasilania z sieci trakcyjnej. Całkowita pojemność baterii jest wystarczająca do zasilania przez 3 godz. oświetlenia awaryjnego, systemu informacji pasażerskiej, toalet, oraz wentylacji awaryjnej i niezbędnych urządzeń bezpieczeństwa.

Sekwencja rozładowywania przewiduje dwa okresy:

- pierwsze 10 min, podczas których wszystkie odbiory są zasilane;
- kolejne 170 min, w trakcie których zasilane są tylko funkcje awaryjne, a wszystkie pozostałe obciążenia są wyłączone (takie jak np. pełne oświetlenie wnętrza, system audiowizualny itp.).

Przyspieszenia składu na prostym i poziomym torze, dla pociągu z normalnym obciążeniem i 100% dostępnej mocy trakcyjnej wynoszą:

- średnie przyspieszenie od 0 do 40 km/h – 0,49 m/s<sup>2</sup>,



Fot. 7. Odsprężynowanie zestawu kołowego

Fot. A. Wawrzyniak



Fot. 8. Silniki trakcyjne pierwszego pociągu przed montażem; widoczna rama napędu i odsprężynowanie

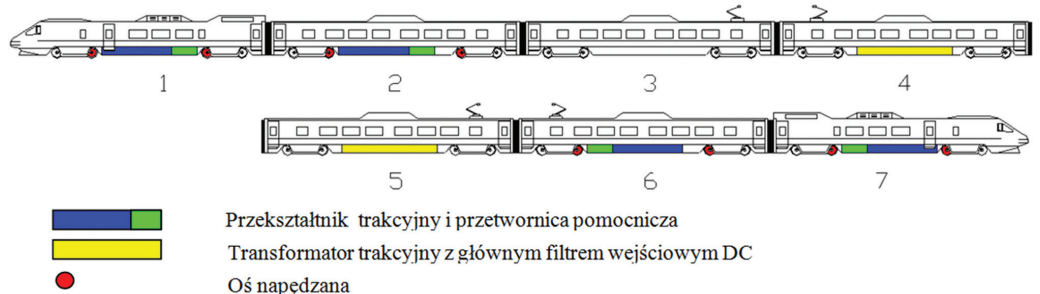
Fot. A. Wawrzyniak

- średnie przyspieszenie od 0 do 120 km/h – 0,42 m/s<sup>2</sup>,
- średnie przyspieszenie od 0 do 160 km/h – 0,36 m/s<sup>2</sup>,
- przyspieszenie resztkowe przy 250 km/h – 0,07 m/s<sup>2</sup>.

### Układ pneumatyczny

Pociąg wyposażono w dwa agregaty sprężarkowe ze sprężarkami śrubowymi, zabudowane na wagonach tocznych w pobliżu transformatorów trakcyjnych. Obok sprężarek głównych zabudowane są sprężarki pomocnicze służące wyłącznie do sprężania powietrza niezbędnego do podniesienia pantografów na postoju w sytuacji braku powietrza w zbiornikach głównych.

Na składzie zabudowano przewód główny z ciśnieniem roboczym 5 bar i przewód zasilający z ciśnieniem roboczym w zakresie 8–10 bar.



Rys. 4. Rozmieszczenie wybranych urządzeń

Materiały Alstom

Z przewodu zasilającego zasilane są następujące urządzenia:

- układ hamulcowy,
- sprzęg samoczynny,
- system smarowania obrzeży kół,
- piasecznice,
- syreny,
- klimatyzacja,
- toalety.

Pociąg wyposażono w trzy systemy hamowania:

- system hamulca elektrodynamicznego (hamowanie odzyskowe i rezystancyjne),
- system hamowania pneumatycznego, z tarczami stalowymi montowanymi na osiach oraz klockami ze spieku,
- elektromagnetyczne hamulce szynowe na 8 z 14 wózków.

Rozbudowane systemy diagnostyczne umożliwiają przeprowadzenie próby hamulca z pulpitu maszynisty.

Siła hamowania jest proporcjonalna do wychylenia dźwigni hamowania na pulpicie maszynisty. System działa z priorytetem dla hamulca elektrodynamicznego. Możliwe jest stopniowe hamowanie i odhamowanie. Układ hamulcowy jest sterowany tak, że przy obniżonej sile hamowania wykorzystywane jest wyłącznie hamowanie elektrodynamiczne, oddziałujące na osie napędowe. W przypadku, gdy wymagana jest większa siła hamowania, oprócz siły elektrodynamicznej również uaktywniany jest mechaniczny hamulec tarczowy na osiach wagonu tocznego.

W przypadku wystąpienia awarii w jednej części hamulca elektrodynamicznego następuje uaktywnienie hamowania mechanicznego na odpowiednich osiach napędowych, tak aby utrzymać te same wartości siły hamującej.

Dla uproszczenia, w warunkach awaryjnych na wszystkich osiach uaktywniany jest tylko hamulec pneumatyczny z maksymalną siłą, a napęd trakcyjny zostaje odcięty.

Hamulec bezpieczeństwa może zostać uaktywniony poprzez:

- nastawnik hamulca
- przycisk awaryjny na pulpicie maszynisty
- systemy bezpieczeństwa (SHP, LZB, PZB, Mirel, ETCS)
- hamulec bezpieczeństwa dla pasażerów (przy czym maszynista może przerwać hamowanie wdrożone przez pasażerów).

Pociąg wyposażono w hamulec postojowy, na który składa się 20 siłowników postojowych hamulców sprężynowych zainstalowanych na wózkach. Włączanie i zwalnianie jest kontrolowane przełącznikiem w kabinie maszynisty. Podczas jazdy pociągu, włączenie hamulca postojowego jest uniemożliwione. Hamulec postojowy gwarantuje utrzymanie pociągu na wzniesieniu 35‰.

Stan hamulca zasadniczego i postojowego każdego wagonu (hamulec uruchomiony/nieuruchomiony) jest ciągle monitorowany za pośrednictwem przetworników ciśnienia zainstalowanych na tablicy pneumatycznej każdego wagonu, a informacja o stanie hamulców jest na bieżąco prezentowana na monitorze umieszczonym na pulpicie maszynisty.

## Pozostałe układy

Pociąg wyposażono w wiele dodatkowych systemów i urządzeń, zapewniających odpowiedni poziom bezpieczeństwa oraz komfortu jazdy.

- Systemy ATP:
  - międzynarodowy europejski system ETCS,
  - SHP (dla polskiej sieci kolejowej),

- Mirel (dla czeskiej sieci kolejowej),
- LZB/PZB (dla austriackiej i niemieckiej sieci kolejowej).

Przy czym należy nadmienić, że system ETCS jest systemem nadrzędnym, pracującym stale i korzystającym z systemów narodowych za pośrednictwem modułu STM, zgodnie z TSI.

- System wykrywania i automatycznego gaszenia pożarów, którym objęte są następujące podzespoły:
  - skrzynki z wyłącznikiem obwodu głównego prądu stałego,
  - szafy rozdzielcze wysokiego napięcia,
  - przekształtniki trakcyjne i pomocnicze,
  - szafy rozdzielcze średniego napięcia;
- W przestrzeni dostępnej dla pasażerów pociąg wyposażono w system wykrywania pożaru, dzięki 33 czujnikom pożarowym, zlokalizowanym w tych rejonach wewnątrz pociągu, gdzie występuje większe ryzyko powstania pożaru; obejmują one:
  - kanały powietrzne wszystkich urządzeń klimatyzacyjnych, w tym urządzeń kabiny maszynisty;
  - wszystkie miejsca w obrębie szaf rozdzielczych;
  - wszystkie toalety;
  - obszar kuchni należącej do baru;
 w przypadku wykrycia pożaru automatycznie:
  - aktywowany zostanie sygnał akustyczny i wizualny na pulpicie maszynisty oraz w przedziale kierownika pociągu;
  - w danym wagonie zostanie wyłączona klimatyzacja;
  - w danym wagonie oraz w wagonach przylegających zamykają się drzwi w przejściach międzywagonowych.
- Klimatyzację.
- System informacji pasażerskiej oraz system przywołania obsługi.

## Podsumowanie

Ukończono montaż pierwszego składu i w sierpniu 2013 r. rozpoczęły się jazdy testowe na torze doświadczalnym Instytutu Kolejnictwa w Żmigrodzie, a jesienią planowane są testy liniowe na Centralnej Magistrali Kolejowej oraz na linii Działdowo – Olsztyn (w celu sprawdzenia wpisywania się w odwrotne łuki) oraz Grybów – Ptaszkowa (jazda po torach o dużych pochyleniach). Zgodnie z harmonogramem ostatni pociąg ma zostać oddany do końca 2014 r. Po przeprowadzeniu wszystkich wymaganych testów, od rozkładu jazdy 2014/2015 pociągi typu ETR610 serii ED250 będą eksploatowane na kluczowych połączeniach prowadzonych przez PKP Intercity S.A.



## Literatura

- [1] Materiały spółki PKP Intercity S.A. i konsorcjum Alstom.

*mgr inż. Adam Wawrzyniak  
Biuro Taboru PKP Intercity S.A.  
doktorant w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej  
Zakład Transportu i Przetwarzania Energii*