



Jarosław Czerwiński, Mirosław Łastowski, Stanisław Krajewski, Janusz Szymczak

## Modernizacja lokomotywy serii EU07

***W artykule zaprezentowano nowe rozwiązania w lokomotywie typu 303Ea, powstałej w wyniku modernizacji lokomotywy typu 4E/303E serii EU07. Przedstawiono zakres wykonanych prac oraz parametry lokomotywy, jakie osiągnie po modernizacji. Przedsięwzięcie zrealizowano wspólnie w Instytucie Pojazdów Szynowych TABOR i ZNTK Oleśnica S.A. na podstawie projektu celowego, dofinansowanego przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego decyzją nr 04490/C.ZR6-6/2009.***

Lokomotywa EU07 (typ 4E) powstała na bazie konstrukcji angielskiej lokomotywy EU06. Produkowana była przez wrocławski „Pafawag” z przeznaczeniem do prowadzenia pociągów pasażerskich i towarowych. W latach 1965–1974 wyprodukowano 240 lokomotyw. Zakładaną produkcję 300 szt. przerwano na rzecz nowej lokomotywy – ET22. W 1983 r. Fabryka Wagonów HCP, zamiast dotychczas produkowanej ET41, rozpoczęła produkcję nowych EU07 typu 303E. Pojazdy te nieznacznie zmodyfikowano. Odróżniały się od wcześniejszych lokomotyw przystosowaniem do zabudowy sprzęgu samoczynnego oraz ryflowanym poszyciem ścian bocznych. Produkcja trwała do 1992 r. Łącznie powstało około 480 szt. lokomotyw EU07. Część eksploatowanych lokomotyw została w różnym zakresie zmodernizowana, jednak były to modernizacje kosmetyczne. Nigdy nie zdecydowano o wymianie

podstawowych podzespołów na urządzenia i podzespoły nowej generacji. Wyjątkiem była modernizacja dwóch lokomotyw, przeprowadzona przez ZNTK Oleśnica S.A. w 2008 r., w których wymieniono przetwornice wirujące na statyczne, sprężarki tłokowe na śrubowe i zastosowano zintegrowany układ hamulca z tablicą pneumatyczną produkcji IPS TABOR.

Modernizacja zrealizowana wspólnie przez Instytut Pojazdów Szynowych TABOR i ZNTK Oleśnica S.A. jest największą z dotychczasowych. W pudle pojazdu wymieniono wszystkie urządzenia, zastosowano nowoczesną aparaturę. Układy biegowe z nowymi asynchronicznymi silnikami trakcyjnymi o większej mocy przystosowano do zwiększonej prędkości 160 km/h. Lokomotywę wyposażono w mikroprocesorowy system sterowania i diagnostyki. Wszystkie zmiany w konstrukcji lokomotywy wykonano na podstawie przeprowadzonych symulacji, analizy wytrzymałościowej i dynamicznej pojazdu oraz wykonanych prób i badań stanowiskowych podzespołów.

### **Przewidywane parametry lokomotywy po modernizacji**

Lokomotywa po modernizacji przewidziana jest do prowadzenia pociągów w ruchu pasażerskim i towarowym. Charakterystykę trakcyjną, wynikającą z zastosowanych silników asynchronicznych, oraz zmiany przełożenia przekładni trakcyjnej, przedstawiono na rysunku 1. Podstawowe dane lokomotywy, które uległy zmianie w wyniku modernizacji, podano w tabeli 1.



## Zakres prac modernizacyjnych

Zakres prac modernizacyjnych, badań przemysłowych i prac wdrożeniowo-inwestycyjnych zaplanowano wspólnie w Instytucie Pojazdów Szynowych TABOR i ZNTK Oleśnica S.A.

Modernizacja zapewni, oprócz zmiany parametrów technicznych lokomotywy, poprawę warunków pracy maszynisty, zmniejszy koszty eksploatacji, zwiększy współczynnik gotowości technicznej lokomotywy i zniweluje przepaść technologiczną między lokomotywami obecnie eksploatowanymi na PKP PLK a lokomotywami współcześnie produkowanymi na świecie.

## Pudło lokomotywy

W samonośnym pudle lokomotywy wymieniono ryflowane poszycie na gładką blachę o zwiększonej odporności na korozję. Zmniejszono liczbę, układ i wielkość żaluzji, usunięto zewnętrzne drzwi do przedziału maszynowego. Dla umożliwienia montażu wyposażenia zmieniono długości dachów odejmowalnych oraz usunięto dotychczasowe przegrody wewnątrz pudła, zastępując je belką wzmacniającą. Czło lokomotywy przystosowano do zabudowy dwóch szyb czołowych, stałych i opuszczanych okien bocznych, tablicy kierunkowej oraz nowych reflektorów świateł głównych i sygnałowych. W ostoi lokomotywy wykonano kanały, umożliwiające wentylację falowników i rezystorów hamowania. Wszystkie zmiany wprowadzone w konstrukcji pudła lokomotywy zweryfikowano obliczeniami wytrzymałości MES. Zmodernizowana konstrukcja spełnia kryteria wytrzymałości statycznej i zmęczeniowej, wymagane normą PN-EN 12663-1.

## Dach lokomotywy

Na dachu lokomotywy zabudowano nowe urządzenia związane z poborem energii z sieci trakcyjnej, obsługą tych urządzeń oraz łącznością:

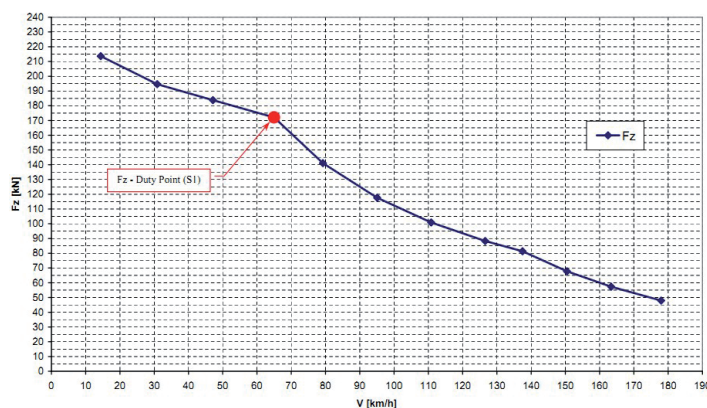
- jednoramienne odbieraki prądu,
- elektrycznie sterowane odłączniki odbieraków,
- odgromnik,
- izolator przepustowy,
- antena radiotelefonu,
- antena GPS/GSM.

## Przedział maszynowy

Wyposażenie przedziału maszynowego rozmieszczono wzdłuż ścian bocznych (fot. 1 i 2). Środkiem, wzdłuż osi lokomotywy na podłodze przebiegają kanały kablowe WN i kanał pneumatyczny, przykryte podestem, stanowiącym przejście między kabinami, natomiast pod dachem są poprowadzone podwieszane kanały kablowe instalacji obwodów pomocniczych i sterowania. Układ wyposażenia przedstawiono na rysunku 2. W środkowej części, po przekątnej zabudowano wieżę z rezystorami hamowania. Do chłodzenia rezystorów, wymaganą dużą ilość powietrza i jego swobodny przepływ zapewniają pionowe kanały, wykonane w ostoi, w miejscu dotychczasowej zabudowy boczników. Gorące powietrze jest wyrzucane kanałem zabudowanym w dachu odejmowalnym. Obok, po prawej stronie rezystora, zabudowano tablicę pneumatyczną, sprężarkę pomocniczą zasilaną z baterii i szafę niskiego napięcia. Lewą stronę środkowej części zabudowano szafą rozdzielnicą wysokiego napięcia. Szafy są chłodzone powietrzem w obiegu wewnętrznym przedziału. W skrajnych częściach przedziału maszynowego, nad wózkami po przekątnej rozmieszczono zestawy falowników trakcyjnych. Falowniki chłodzone

## Dane lokomotywy po modernizacji

Parametr	Przed modernizacją	Planowany po modernizacji
Moc znamionowa lokomotywy	2000 kW	3200 kW
Maksymalna prędkość eksploatacyjna	125 km/h	160 km/h
Napęd trakcyjny	silniki prądu stałego	silniki prądu przemiennego zasilane z falowników IGBT
Układ sterowania	przełącznikowy	mikroprocesorowy
Układ hamulca	tradycyjny	zintegrowany, z tablicą pneumatyczną i hamulcem postojowym sprężynowym, współpracujący z hamulcem elektrodynamicznym
Układ przeciwpoślizgowy	sygnalizacja	automatyczny dla rozruchu i hamowania
Napędy pomocnicze	silniki prądu stałego	silniki prądu przemiennego
Przeniesienie napędu i zawieszenie silników trakcyjnych	za pośrednictwem wału łozyskowanego ślizgowo, zawieszenie za pośrednictwem podkładek gumowo-parciany	wał drażony z łożyskowaniem tocznym, zawieszenie za pośrednictwem elementów elastomerowo-stalowych
Warunki pracy maszynistów	wysoki poziom hałasu, duże drgania, mały komfort	zgodne z obowiązującymi normatywami
Energochłonność	duża	optymalna
Wskaźnik gotowości technicznej	≤0,8	ok. 0,95



Rys. 1. Podstawowa charakterystyka trakcyjna lokomotywy 303Ea – rozruch

są powietrzem dostarczonym z zewnątrz lokomotywy poprzez żaluzje na ścianie bocznej, a wydmuchiwanym układem kanałów pod lokomotywą. Od strony kabiny 1, naprzeciw falownika, znajdują się dwa śrubowe główne agregaty sprężarkowe z układem uzdatniania powietrza. Po przekątnej od strony kabiny 2 zabudowano przetwornicę statyczną, która chłodzona jest powietrzem z wnętrza lokomotywy, wyrzucanym następnie na zewnątrz poprzez żaluzje na ścianie bocznej. Nad wlotem do kanałów wentylacyjnych silników trakcyjnych zamontowano promieniowe wentylatory. Nad nimi umieszczono klimatyzatory, których – z uwagi na ograniczoną przestrzeń – nie można było zabudować pod pulpitem, jak w dotychczas modernizowanych lokomotywach. Nad klimatyzatorem kabiny 2 umieszczono szafę na sterowniki, radiotelefon, prędkościomierz, generatory SHP i CA, a nad klimatyzatorem kabiny 1 – szafę monitoringu GPS. W przedziale zamontowano również zbiorniki układu smarowania obrzeży kół, stanowisko do ładowania lamp końcowych pociągu i czujniki wykrywania pożaru.

Przedział maszyn wyposażono w energooszczędne oświetlenie typu LED, które zapewnia odpowiednią ekspozycję poszczególnych podzespołów.

## Kabina maszynisty

Kabina maszynisty została w pełni zmodernizowana. W miejsce dotychczasowych trzech okien czołowych wklejone są nowe dwa okna czołowe, wykonane z wielowarstwowych szyb elektrogrzejnych. W ścianie bocznej kabiny, od strony pulpitu maszynisty, zabudowano dwa okna: stałe, wklejane i opuszczane.

Od strony pulpitu pomocnika maszynisty znajduje się jedno okno opuszczane oraz drzwi wejściowe do lokomotywy.

Wymieniono wszystkie izolacje termiczne, akustyczne i wyłotzenia. Zamontowano nowe, ergonomiczne fotele, wyposażone w mechaniczny system tłumienia drgań.

Zabudowany pulpit, przedstawiony na fot. 3, podzielono na dwie zasadnicze części, tj. pulpit:

- maszynisty,
- pomocnika maszynisty.

Konsole pulpitu wykonano z laminatu poliestrowego, w którym zabudowano urządzenia służące do sterowania lokomotywą i pociągiem oraz przekazywania maszyniście potrzebnych informacji. Urządzenia te zamontowano na tablicach pulpitowych o nowoczesnym wzornictwie i ergonomii, mających podświetlane napisy. Na pulpicie znajdują się również urządzenia łączności radiowej, a także monitory kamer, kanały nawiewne klimatyzatora i inne urządzenia, zwiększające komfort pracy maszynisty i jego pomocnika.

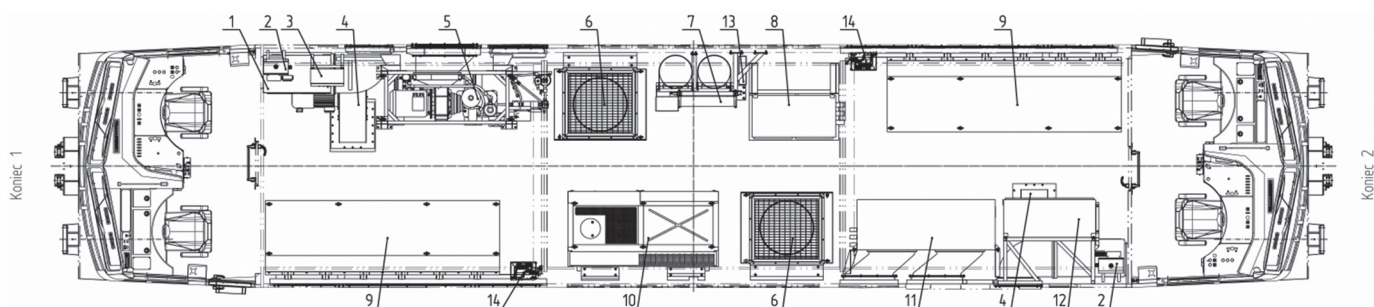
W ścianie tylnej kabiny umieszczono wlot poboru powietrza z kabiny do klimatyzatora.



Fot. 1. Przedział maszynowy - widok od strony kabiny 1



Fot. 2. Przedział maszynowy - widok od strony kabiny 2



Rys. 2. Rozmieszczenie wyposażenia lokomotywy

- 1 - klimatyzator, 2 - sterownik klimatyzatora, 3 - monitoring GPS, 4 - wentylator silników trakcyjnych, 5 - sprężarki z układem uzdatniania powietrza, 6 - rezystor hamowania RH, 7 - tablica pneumatyczna, 8 - szafa NN, 9 - falownik, 10 - szafa RWN, 11 - przetwornica, 12 - szafa elektroniki, 13 - stanowisko ładowania lamp końcowych, 14 - zbiornik układu smarowania obrzeży



Drzwi prowadzące z kabiny maszynisty do przedziału maszynowego wyposażono w zamek antypaniczny (fot. 4).

W kabinach zastosowano energooszczędne oświetlenie LED z funkcją płynnego przyciemnienia oraz możliwością przełączenia na oświetlenie nocne (niebieskie).

### Układy biegowe

Zmodernizowane wózki lokomotywy 303Ea przystosowano do jazdy z prędkością 160 km/h. Do napędu zastosowano silniki asynchroniczne o mocy 800 kW, które Zakład Maszyn Elektrycznych EMIT S.A. zamontował w przebudowanych przez ZNTK Oleśnica S.A. korpusach silników EE541. Moment obrotowy z silnika trakcyjnego przenoszony jest na koła zestawu kołowego poprzez przekładnię o przełożeniu  $i = 3,62$  i zespół drążonego wału napędowego oparty na łożyskach tocznych walcowych.

W maźnicach osiowych zestawów kołowych zastosowano łożyska walcowe o większej nośności oraz wyższych obrotach granicznych.

Przebudowano układ odsprężynowania i tłumienia wózków. Zabudowano tłumiki wężykowania między ramą wózka a ostoją pudła lokomotywy.

Wprowadzono nowy, sterowany elektronicznie układ smarowania obrzeży kół.

### Układ pneumatyczny i hamulca

Nowy system zasilania sprężonego powietrza, opracowany przez IPS TABOR obejmuje tablicę pneumatyczną, manipulatory i zawory, hamulec postojowy typu sprężynowego, sprężarki śrubowe oraz osuszacz. Wprowadzono automatyczny układ wykrywania i likwidacji poślizgu. Hamulec elektropneumatyczny współpracuje z hamulcem elektrodynamicznym. Badania stanowiskowe przeprowadzone w Laboratorium Badań Pojazdów Szynowych IPS TABOR potwierdziły skuteczność hamulca do prędkości 160 km/h.

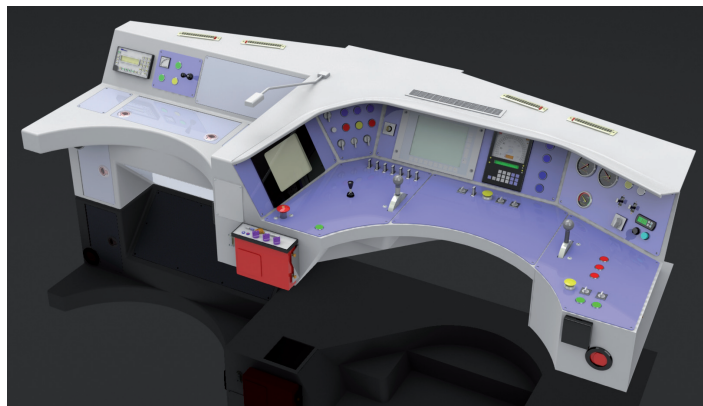
### Obwód główny

Zastosowano jednoramienne odbieraki prądu, odłączniki odbieraków z napędem elektrycznym, nowoczesny elektromagnetyczny wyłącznik szybki, falowniki w technologii IGBT i asynchroniczne silniki trakcyjne.

Falowniki trakcyjne FT-1600-3000, firmy MEDCOM, umożliwiają rozruch, jazdę z zadaną siłą trakcyjną, wybieg oraz hamowanie lokomotywy. Falowniki trakcyjne zapewniają przetwarzanie napięcia wejściowego 3000 V DC na regulowane wyjściowe napięcie przemiennie w zakresie od 0 do napięcia znamionowego silników trakcyjnych. Układ napędowy umożliwia odzysk energii hamowania, a w razie braku możliwości odbioru energii przez sieć zasilającą – hamowanie na opornik.

Każdy zestaw FT-1600-3000 zawiera dwa niezależne falowniki trakcyjne. Cechą charakterystyczną układu napędowego lokomotywy jest pełna niezależność i indywidualność zasilania każdego z silników trakcyjnych. W obwodzie napędowym wyróżniamy cztery niezależne układy napędowe. Doprowadzenie zasilania do każdego z falowników trakcyjnych odbywa się poprzez niezależny stycznik liniowy z obwodem wstępnego ładowania. Każdy falownik ma indywidualny wyłącznik w szafie NN, umożliwiający odłączenie uszkodzonego układu napędowego.

Rozdział energii WN następuje w szafie RWN. Zabudowane tam są styczniki liniowe, styczniki zataczające przetwornicę po-



Fot. 3. Pulpit maszynisty i pomocnika



Fot. 4. Kabina maszynisty

mocniczą oraz obwody zasilania pociągu. W szafie tej są także odłączniki umożliwiające odłączenie uszkodzonego gniazda zasilania pociągu. W prawej części szafy zamontowano wyłącznik szybki.

### Obwody pomocnicze

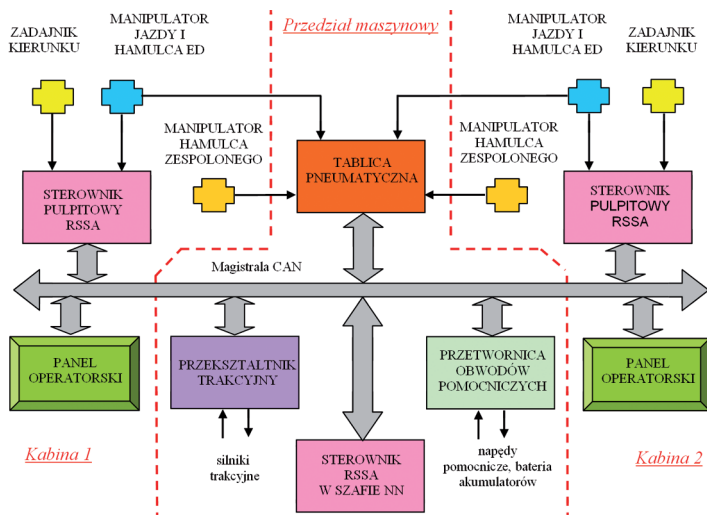
Napięcie zasilania obwodów pomocniczych i sterowania wynosi 24 V DC, 3 × 400 V AC, 230 V AC, 110 V AC. Wszystkie napięcia wytwarzane są w przetwornicy statycznej ENI-PL3000/130/S firmy ENIKA. Rozdział energii na poszczególne obwody następuje w szafie NN (fot. 5). Frontowa część szafy podzielona jest na dwie części: z aparatami na napięcie 24 V DC oraz z aparatami na 400, 230 i 110 V AC. W szafie zastosowano nowoczesne aparaty modułowe. Za przeszklonymi drzwiami umieszczone są:

- wyłączniki nadprądowe poszczególnych obwodów;
- tablica z wyłącznikami falowników, układu detekcji i likwidacji poślizgu, odłączników pantografów, przełącznikiem jazdy awaryjnej oraz łącznikiem testowania układu przeciwpożarowego;
- ładowarka lamp końca pociągu.

W tylnej części szafy znajdują się układy sterowania lokomotywą oraz układ wykrywania pożaru. Ta część szafy ma indywidualne oświetlenie typu LED. Wszystkie połączenia elektryczne szafy z pozostałą częścią pojazdu wykonano za pomocą złączy wtykowych firmy Harting, co umożliwia szybki demontaż szafy i zachowanie prawidłowości połączeń (eliminacja pomyłki przy ponownym podłączeniu).



Fot. 5. Szafa NN



Rys. 3. Koncepcja układu sterowania zmodernizowanej lokomotywy

Wprowadzono napędy maszyn pomocniczych z wykorzystaniem silników asynchronicznych, zasilanych z wielowyjściowej przetwornicy ENI-PL3000/130/S z rozruchem częstotliwościowym. Możliwe jest sterowanie obrotami poszczególnych silników w zależności od potrzeb – np. napęd wentylatorów silników trakcyjnych uzależniony jest od temperatury ich uzwojeń.

Napięcie 230 V AC służy do zasilania dodatkowego ogrzewania kabin oraz gniazd zamontowanych w kabinach, służących do zasilania, np. czajnika, laptopów lub ładowarek telefonów komórkowych. Napięciem 110 V AC zasilane jest ogrzewanie szyb czelustych.

Układy elektroniczne, takie jak detekcja i likwidacja poślizgu podczas hamowania i rozruchu umieszczono w szafie elektroniki (SE). Tam również umieszczono jednostkę centralną prędkościomierza elektronicznego, aparaty SHP i CA oraz odpowiednie sterowniki lokomotywy. Zastosowany prędkościomierz firmy Unicontrols przygotowany jest do współpracy z systemem ETCS, jaki ewentualnie może być zabudowany w przyszłości na zmodernizowanej lokomotywie.

### Obwody sterowania i diagnostyki

Mikroprocesorowy system sterowania i diagnostyki, opracowany i wykonany w IPS TABOR, realizuje funkcje sterowania napędem, hamowaniem i obwodami pomocniczymi oraz funkcje monitorowania parametrów lokomotywy. Zastosowany modem GSM umożliwia zdalną rejestrację wybranych parametrów w czasie rzeczywistym, która może być wykorzystana w celach serwisowych i statystycznych. Schemat sterowania lokomotywą przedstawiono na rysunku 3.

### Podsumowanie

Przedstawiona konstrukcja zmodernizowanej lokomotywy po zakończeniu prób fabrycznych poddana będzie próbom, badaniom stanowiskowym i ruchowym oraz próbom eksploatacyjnym, na podstawie których zweryfikowane zostaną zakładane parametry lokomotywy.

mgr inż. Jarosław Czerwiński  
Instytut Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu  
mgr inż. Mirosław Łastowski  
Instytut Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu  
inż. Stanisław Krajewski  
ZNTK Oleśnica S.A.  
mgr inż. Janusz Szymczak  
ZNTK Oleśnica S.A.



Instytut Pojazdów Szynowych TABOR  
ul. Warszawska 181, 61-055 Poznań  
tel. 61 653 40 01, fax 61 653 40 02  
www.tabor.com.pl



ZAKŁADY NAPRAWCZE TABORU KOLEJOWEGO  
W OLEŚNICY SPÓŁKA AKCYJNA  
ul. Moniuszki 20, 56-400 Oleśnica  
tel. 71 39 95 100, fax 71 39 95 106  
info@zntkolesnica.com.pl www.zntkolesnica.com.pl