

MARCINIAK Józef<sup>1</sup>

## WSPÓŁCZESNE ELEKTRYCZNE ZESPOŁY TRAKCYJNE ED74 I FLIRT

*Intensywność przewozów pasażerskich w ostatnich latach spowodowała potrzebę posiadania lekkich pojazdów trakcyjnych o dużych możliwościach przewozu podróźnych.*

*Pojazdy te powinny charakteryzować się wysokim komfortem podróży, być niezawodne i funkcjonalne. Warunki takie spełniają elektryczne pojazdy trakcyjne ED74 oraz pojazdy FLiRT.*

## MODERN ED74 AND STADLER FLIRT ELECTRIC MULTIPLE UNITS

*Intensity of passenger transport in recent years generated the necessity of owning light multiple units with large passenger transport capability. These units should be characterized by high level of travel comfort, be dependable and functional. These conditions are fulfilled by ED74 and FLIRT electric multiple units.*

### 1. WSTĘP

Intensyfikacja pasażerskich przewozów regionalnych PKP, w ostatnich latach, spowodowała konieczność posiadania nowoczesnych środków transportu – elektrycznych zespołów trakcyjnych – ezt. Elektryczne zespoły trakcyjne zdobyły sobie w Polsce prawo obywatelstwa, bowiem poczynając już od roku 1932 ezt były eksploatowane. Pierwsze serie EW51; EW52; EW53; EW54; EW55 oraz EN56 były eksploatowane, jak już wspomniano, z przerwami do 1976r.

Przewozy regionalne w ostatnich latach 1980÷2000 zwiększyły swój zasięg przy wzroście liczby przewożonych pasażerów.

Dotychczas tj. do roku 2000 przewozy te były realizowane z wykorzystaniem bądź trójwagonych zespołów trakcyjnych EN57 o konstrukcji z lat sześćdziesiątych bądź pociągami składającymi się z lokomotywy spalinowej, najczęściej serii SM42 bądź SP42 i kilku wagonów pasażerskich (od 2÷4). Pojazdy te wyróżniały się dużą energochłonnością, zawodnością eksploatacyjną, niewielkim przyspieszeniem ( $1\div 1,2 \text{ m/s}^2$ ), brakiem spokojności biegu, drganiami w czasie biegu oraz hałasem. Komfort podróży był także niewielki, z powodu słabego oświetlenia, ogrzewania oraz mało wydolnych i najczęściej niesprawnych urządzeń sanitarnych oraz trudnościami w utrzymaniu czystości tych

<sup>1</sup> Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Instytut Systemów Transportowych i Elektro-techniki, Zakład Eksploatacji i Diagnostyki Środków Transportu, 26-600 Radom, ul. Malczewskiego 29, tel. (48) 361 77 43, e-mail: j.marciniak@pr.radom.pl

urządzeń. W procesie eksploatacji starszych serii ezt tj. od 1959r. do 2000r., ujawniły się liczne uszkodzenia i niesprawności, których przyczynami były:

- zmęczenie materiałów,
- niewłaściwa konstrukcja,
- błędy eksploatacji,
- brak odporności na warunki atmosferyczne,
- niewłaściwie użyte materiały,
- niskiej jakości zastosowane materiały elektroizolacyjne,
- niedopracowane procesy obsługi i napraw.

Wymienione rodzaje uszkodzeń i niesprawności ezt poddane były analizie i badaniom, a wynikiem tego były liczne modernizacje ezt.

W początkowym okresie eksploatacji ezt występowały także poważne kłopoty z jakością i niezawodnością elektrycznych maszyn trakcyjnych – silników LKa450 i przetwornic LKPa330. W silnikach LKa450 nagminnymi uszkodzeniami były przebicia do masy izolacji głównej cewek wirnikowych, przebicia do masy izolacji cewek uzwojeń stojana, przebicia do masy izolacji komutatora, zwarcia między zwojowe uzwojeń wirnika, pęknięcia bandaży utrzymującego uzwojenia wirnika. Natomiast typowymi uszkodzeniami przetwornic LKPa330 – silnika przetwornicy WN – były przebicia do masy oraz zwarcia międzyzwojowe cewek wirnikowych. Często występowały także uszkodzenia szczotko trzymaczy silnika WN. Stosunkowo często występowała „owalizacja” komutatora silnika trakcyjnego typu LKa450, iskrzenie pod szczotkami i nadmierne zużycie szczotek.

Zdarzały się też przypadki poluzowania cewek biegunów głównych lub komutacyjnych na pieńkach biegunowych. Efektem tego zjawiska było przetarcie izolacji głównej i zwarcie do masy w obwodzie głównym oraz działanie przekaźników nadmiarowych a w skrajnym przypadku pożar uszkodzonej maszyny i ezt. Wymienione rodzaje uszkodzeń praktycznie zostały zlikwidowane po roku 2000 po przejściu PKP na nowe rodzaje taboru – głównie ezt ED74 oraz ezt „Flirt”.

## **2. WYBRANE ELEMENTY NOWOCZESNEGO WYPOSAŻENIA ELEKTRYCZNYCH ZESPOŁÓW TRAKCYJNYCH**

Wybrane elementy nowoczesnego wyposażenia ezt przedstawione zostaną na przykładzie ezt ED74. Prędkość pojazdu wynosi 160 km/h, pojazd jest czterowagonowy, posiada dwa wagony motorowe znajdujące się na czołach pociągu. Pojazd został przystosowany do podróżowania osób niepełnosprawnych, poruszających się na wózkach inwalidzkich. Wyposażony jest w windy ułatwiające wsiadanie i wysiadanie osób niepełnosprawnych. Pojazd posiada 200 miejsc siedzących z podziałem na przedziały I i II klasy.

Na trasę wyjeżdżać mogą po dwa pojazdy złączone ze sobą, co oznacza, że podróżni będą mieli do dyspozycji około 400 miejsc siedzących. Zespół ten jest przeznaczony do jazdy dwukierunkowej po torze o szerokości 1435 mm.

Pojazd zasilany jest z sieci trakcyjnej napięciem 3 kVDC i napędzany jest asynchronicznymi klatkowymi silnikami trakcyjnymi prądu przemiennego i falownikami wykonanymi w technologii IGBT. Przekształtniki znajdują się w skrajnych wagonach

motorowych. Dynamika pojazdu pozwala na dystansie 0÷50 m uzyskać przyspieszenie  $1\text{m/s}^2$ .

Zespół trakcyjny ED74 wyposażony jest w 5 wózków jezdnych przystosowanych do rozwijania prędkości 160 km/h. Wózki napędowe znajdują się w członach skrajnych pod kabinami sterowniczymi i mocowane są do ostoi wagonu obrotowo za pośrednictwem czopów skrętu w wyniku czego możliwe jest ich obracanie zgodne z krzywizną toru. Wózki toczne w liczbie 3 szt., znajdują się na łącznikach członów. Wszystkie wózki posiadają podwójne sprężynowanie. Pierwszym stopniem odsprężynowania są gumowe wkładki amortyzacyjne umieszczone pomiędzy ramą wózka a maźnicami zestawów kołowych.

Po zewnętrznej stronie maźnic znajdują się szczotki metalowo-grafitowe typu FROST, które służą do odprowadzania prądów powrotnych z pojazdu do szyny z pominięciem łożysk osi. Tor prądowy obejmuje urządzenia elektryczne EZT przez szczotki osiowe na zestawy kołowe z pominięciem łożysk tocznych w maźnicach.

Rama każdego wózka posiada dwie poduszki powietrzne. Każdy wózek napędowy wyposażony jest w dwa indywidualne zespoły napędowe. Każdy zespół napędowy składa się z elektrycznego, asynchronicznego silnika klatkowego typu DKLBZ o mocy 500 kW, przekładni głównej jednostopniowej typu VOJTH SZH 535 oraz zestawu kołowego. Silniki trakcyjne chłodzone są powietrzem zasysanym przez wentylatory umieszczone na ich wałach.

### **3. ROZPLANOWANIE WNEȦRZ ELEKTRYCZNEGO ZESPOŁU TRAKCYJNEGO ED74**

Wnętrza zespołu trakcyjnego ED74 jest w pełni bezprzedziałowe. Łącznie w zespole ED74 może się zmieścić 310 osób w tym jest 200 miejsc siedzących. Jeden z członów skrajnych przeznaczony jest dla klasy 1 z rozmieszczeniem siedzeń 1+2. Siedzenia posiadają miękkie podłokietniki.

Pomiędzy 1 i 2 korytarzem drzwiowym, znajduje się toaleta bez przystosowań dla osób niepełnosprawnych. Pozostałe człony zespołu ED74 to klasa 2, a fotele usytuowane są w układzie 2 + 2 i nie posiadają podłokietników z miękkim wyłożeniem. W każdym członie znajdują się 2 pary drzwi, co łącznie daje 16 wejść (po 8 na stronę).

Wszystkie drzwi są dwuskrzydłowe, odskokowo-przesuwne o prześwicie 1300 mm i sterowaniu automatycznym.

Drzwi wyposażone są w przyciski do indywidualnego sterowania. Po użyciu drzwi, pozostają one otwarte przez kilka sekund a następnie uruchamia się sygnał ostrzegawczy i następuje zamykanie drzwi.

Ponad siedzeniami, nad linią okien usytuowane są półki na bagaż ręczny. W suficie zamontowane są kratki nawiewne systemu klimatyzacji oraz oświetlenie wnętrza wagonu. Przy krawędzi ścian bocznych i podłogi biegną ogrzewacze wnętrza zespołu trakcyjnego.

Wnętrze ezt wyposażone jest w wizualną tablicę informacyjną dotyczącą trasy jazdy w postaci trójkolorowych wyświetlaczy diodowych, które znajdują się przy suficie na końcach członów ezt. Poszczególne wagony posiadają wieszaki dla garderoby pasażerów. Część pasażerska ezt jest monitorowana za pośrednictwem kamer przemysłowych. Obrazy z kamer są rejestrowane i wyświetlone na ekranie monitora kabinie maszynisty.

Pudła wagonów są konstrukcjami samonośnymi całkowicie spawanymi przenoszącymi wszystkie obciążenia bez trwałych odkształceń. Pudła wagonów silnikowych i środkowych są do siebie podobne i składają się z ostoi i ścian bocznych, ścian czołowych i dachu. Wagony silnikowe w części przedniej wyposażone są w kabiny sterownicze, w których znajdują się dwa miejsca – dla maszynisty i pomocnika, zgodnie z wymaganiami odnośnych przepisów.

Pomieszczenia pasażerskie wyposażone są w siedzenia, półki bagażowe, stoliki podokienne oraz uchwyty i poręcze. W pomieszczeniach tych zainstalowane są tablice informacyjne oraz urządzenia do przekazywania komunikatów do obsługi dotyczących przystanków.

Konstrukcja wejść i wyjść umożliwia dogodne wsiadanie i wysiadanie inwalidów na wózkach inwalidzkich. Każdy wagon wyposażony jest w zamknięte układy WC.

#### Zespół trakcyjny ED74

Zespół ten składa się z pojazdów o konfiguracji s+d+d+s. W pojeździe zabudowane są fotele w układzie szeregowym i naprzeciw siebie w klasie I i II. Na obu końcach pociągu znajdują się kabiny dla maszynisty i jego pomocnika.

Do napędu zastosowano 4 silniki trakcyjne asynchroniczne typu TMF 59-39-4 o łącznej mocy  $P = 2000$  kW. Silniki sprzężone są z przekładniami osiowymi typu SZH 595 i zabudowane są na dwóch wózkach napędowych.

Nagrzewanie wnętrza zespołu zrealizowano nagrzewnicami z wentylatorami. W zespole zastosowano system pełnej diagnostyki technicznej oraz system wykrywający pożar we wnętrzu pojazdu.

Z obu stron pojazdu zastosowano drzwi wejściowe odskokowo-przesuwne. Na dwu wózkach oparto skrajne wagony motorowe oraz na pozostałych trzech wózkach wagony toczne.

#### Parametry techniczno-eksploatacyjne ezt ED74

Szerokość toru	1435 mm
Max prędkość	160 km/h
Przyspieszenie rozruchu	1,0 m/s <sup>2</sup>
Napięcie zasilania	3000 V DC
Układ osi	Bo' - 2' - 2' - 2' - Bo'
Moc układu napędowego	2000 kW
Długość pojazdu ze sprzęgami	80330 mm
Wysokość pudła od główki szyny	3740 mm
Wysokość z nadbudową od główki szyny	4360 mm
Szerokość pojazdu	2860 mm
Rozstaw czopów skrzętu	18000 mm
Rozstaw osi zestawów kołowych	2500 mm
Średnica kół nowych/zużytych	840/790 mm
Typ wózka – toczny/napędowy	37 ANK/22 MNK
Masa własna pojazdu	157,9 t
Masa służbowa pojazdu	159,9 t
Max nacisk na tor	< 18 t/oś
Skrajnia kinetyczna	4JC 505 <sup>-1</sup>
Nacisk kół na szyny	180 kN/oś.

Szerokość przejść między siedzeniami w klasie 1	833 mm
W klasie 2	700 mm
Wysokość podłogi od główki szyny	1000 mm
Eksploatacyjny zakres temperatur otoczenia	od -30° do +40°C
Liczba miejsc siedzących	200 szt
Liczba drzwi wejściowych do pojazdu	16 (8 na stronę)
Szerokość drzwi	1300 mm
Minimalny promień krzywizny łuku	150 m
w warunkach warsztatowych	80 m

#### Wnętrze pojazdu i zespół napędowy ezt ED74

W zespole zastosowano drzwi zewnętrzne odskokowo-przesuwne o prześwicie 1300 mm. Wysokość progu wejściowego od główki szyny wynosi 1000 mm. W części pasażerskiej zastosowano jednoprzestrzenne klimatyzowane przedziały z podziałem na klasę pierwszą i drugą z fotelami półmiękkimi w liczbie 33 szt. w klasie pierwszej i 167 miejsc w klasie drugiej. Na końcach ezt zastosowano dwie kabiny maszynisty (z miejscem dla pomocnika maszynisty). W ezt zastosowano możliwość wyłączenia napędu wyłącznikiem szybkim, odbieraka prądu, sterowania sprzęgiem, urządzeniem SHP i CA oraz systemem kamer wewnętrznych.

W ezt znajduje się miejsce do siedzenia pomocnika maszynisty, radiotelefon nadawczo-odbiorczy, gaśnica proszkowa oraz gniazdko 230 V AC. Zastosowano falowniki trakcyjne oraz przetwornicę pomocniczą.

W ED74 znajdują się dwa przedziały sanitarne z zamkniętym układem próżniowym WC. W skład przedziału WC wchodzi: umywalka, toaleta, zasobnik ręczników, dozownik mydła płynnego, trzymak papieru toaletowego, wieszak na ubrania, lustro oraz w jednym WC uchwyt dla pasażerów niepełnosprawnych. W sferze pierwszych drzwi wejściowych zainstalowano dwie windy dla osób poruszających się na wózkach inwalidzkich. Napęd pojazdu stanowią cztery asynchroniczne silniki elektryczne typu TMF-59-39-4, zabudowane na wózkach napędowych (skrajne wózki pojazdu) o łącznej mocy 2000 kW oraz cztery przekładnie osiowe typu SZH 595. Prócz tego w zespole trakcyjnym ED74 zastosowano:

- cztery zestawy kołowe bezobrotowe,
- maźnice zestawu kołowego z sprężynowaniem I-go stopnia,
- sprężynowanie II-go stopnia,
- hamulec tarczowy na kołach zestawu kołowego,
- piasecznice,
- smarowanie obrzeży kół,
- klocki czyszczące powierzchnię toczną kół,
- tłumiki drgań pionowych i poziomych,
- tłumiki obracania wózka.

Do napędu zastosowano dwa wózki napędowe na czołach pojazdu z silnikami asynchronicznymi klatkowymi typu TMF 59-39-4. Uzwojenie stojana wykonane jest z nawiniętych zwojów drutu miedzianego pokrytych izolowaną miedzianą siatką o profilu prostokątnym. Uzwojenie pokryte jest dodatkową izolacją ułożoną w rowkowej

wykładzinie. Rdzeń silnika chłodzony jest powietrzem zewnętrznym, wdmuchiwanym od strony przeciwna pędowej, przez otwory rozmieszczone osiowo w rdzeniu.

Laminowany rdzeń silnika wirnika jest dodatkowo zabezpieczony od strony przeciwna pędowej przez pierścień skurczowy zamocowany na wale. Wirnik silnika chłodzony jest powietrzem zewnętrznym, wdmuchiwanym poprzez osiowe otwory stojana. W stojanie zainstalowane są czujniki temperatury.

#### Obwód pomocniczy ezt ED74

Obwód pomocniczy posiada następujące parametry:

- napięcie zasilające 2340 V DC
- natężenie prądu 145 A
- częstotliwość zasilania 58,4 Hz.

Przetwornica trakcyjna typu AN6100 jest przetwornicą częstotliwości wysokiego napięcia do obsługi silników trakcyjnych prądu przemiennego oraz do zasilania pomocniczego pozostałych elementów pociągu. Przetwornica jest oparta o topologię dwupoziomową z tranzystorami IGBT wysokiego napięcia.

Przeniesienie napędu zrealizowano przez przekładnię zębatą typu SZH 595, połączoną z poprzecznie położonym silnikiem elektrycznym przez wstępne sprzęgło membranowe. Całość zabudowana jest pomiędzy belkami ramy wózka. Moment obrotowy z silnika elektrycznego jest przenoszony przez sprzęgło membranowe na przekładnię zębatą, stąd przez koła zębate przenoszony jest dalej na sprzęgło kątowe na układ zasilający.

#### Pojazd trakcyjny FLiRT

Nazwa FLiRT pochodzi z języka niemieckiego: Flinker Leichter Innovatier Regional-Triebzug, co oznacza Szybki, Lekki, Nowoczesny, Regionalny Zespół Trakcyjny.

W roku 2006 Spółka Sadler Rail Polska wygrała przetarg na dostawę 14 elektrycznych zespołów trakcyjnych, z których 10 zamówił samorząd województwa mazowieckiego a pozostałe 4 samorząd województwa śląskiego.

Ze szwajcarskich zakładów dostarczane są gotowe elementy, polakierowanego aluminiowego pudła, elementy z tworzyw sztucznych stanowiące czoło pociągu, oraz kompletne wózki z silnikami i układem hamulcowym, skrzynie z aparaturą elektryczną do montażu na dachu ezt, drzwi, okna, zestawy siedzeń i wiele innych pomniejszych części. Podwozie, ściany boczne i dach są łączone przez spawanie dużych profili z blach aluminiowych. Czoła pudeł wagonów silnikowych zaprojektowano jako konstrukcje aerodynamiczne, nadające pojazdowi nowoczesny wygląd.

Części przednie ezt z przedziałami maszynisty są zbudowane z elementów tworzywa sztucznego i są przymocowane bezpośrednio do pudła wagonu.

Poszycie ścian bocznych jest wykonane z dużych powierzchni dekoracyjnych wykonanych z laminatów. W suficie zamontowane są elementy oświetlenia, głośniki oraz wyloty instalacji wentylacyjnej. Poręcze zamontowane są zakończeniem ścian działowych. Na ścianie kabiny WC zamontowano dodatkowe poręcze. Do przewozu wózków inwalidzkich i dziecięcych znajdują się odpowiednie stojaki.

Szerokość korytarza między szeregami siedzeń wynosi 700 mm. Podłoga w pojeździe położona jest na kilku poziomach:

- wysokość wejścia do pojazdu ze stopnia wysuwanego wynosi około 550 mm,
- wysokość podłogi wejściowej – 800 mm,

- wysokość podłogi przejściu międzywagonowym wynosi 860 mm,
- wysokość podłogi w najwyższym miejscu wynosi 1120 mm.

W każdym wagonie znajdują się okna uchylne otwierane do wentylacji awaryjnej. Szyby zaprojektowano tak by nie powodować zakłócających odbić ani zniekształcających kolorów. W strefie niskopodłogowej nad oknami bocznymi zamontowano przelotowe półki na bagaż.

Półki są wykonane z możliwością obserwacji od dołu. Zastosowana wykładzina podłogowa jest antypoślizgowa, odporna na zużycie. Urządzenia na dachu zamaskowane są przez specjalne osłony.

W każdym wagonie końcowym (napędowym) znajdują się dwa przedziały maszynowe, oddzielone od siebie symetrycznym przejściem środkowym. Wyposażenie ezr rozmieszczone jest w niżej wymieniony sposób:

- a) przedział maszynowy w kierunku jazdy (z prawej strony):
  - prostownik napędowy z ładowarką akumulatorów,
  - urządzenia sterownicze wyposażenia pomocniczego,
  - kanał powietrza dla chłodzenia silnika trakcyjnego (drugiego),
  - bateria akumulatorów,
- b) przedział maszynisty po lewej stronie w kierunku jazdy:
  - prostownik napędowy silnika nr 1, bez ładowarki akumulatorów,
  - tablica pneumatyczna PTM,
  - tablica rozdzielcza 3 kV z wysokonapięciowymi sterownikami, miernikami i bezpiecznikami,
  - kanał powietrza chłodzenia silnika trakcyjnego nr 1,
- c) na dachu wagonów napędowych:
  - wyłącznik szybki prądu stałego,
  - dławik sieciowy,
  - rezystor hamowania,
  - wentylator chłodzący i chłodnica wodna prostownika,
  - sprężarka powietrza,
  - klimatyzatory przedziału pasażerskiego i kabiny maszynisty,
- d) na dachu wagonów tocznych:
  - odbieraki prądu z ochronnikami przepięciowymi,
  - klimatyzatory przedziału pasażerskiego.

Aparatura na końcu pojazdów oddzielona jest od przedziałów pasażerskich przegrodami przeciwpożarowymi [8].

#### Wózki, sprężynowanie i przeniesienie napędu

Nadwozia wagonów opierają się na wózkach poprzez centrujące powierzchnie stykowe, zawieszenia pneumatycznego. Rama wózka jest konstrukcją spawaną w kształcie litery H, elementami ramy są:

- podłużnica,
- poprzecznicza,
- belka czołowa (tylko wózek silnikowy).

Wózek łąkowy jest do oddzielenia nadwozia od podwozia. Wózki posiadają dwustopniowy system sprężynowania, co wpływa na spokojność biegu pojazdu. Usprężynowanie I stopnia podpira ramy wózka na osiach za pomocą prowadnic osi.

Usprężynowanie II stopnia podpira nadwozie wagonu na ramie wózka za pomocą zawieszenia pneumatycznego. Właściwa wysokość zawieszenia pneumatycznego wózków jest pokazana na odpowiednim wskaźniku. Wózki są wyposażone w tłumiki zapobiegające wężykowaniu [8].

Zawieszenie sprężynowe wózka jest tak dobrane aby zachować dobre właściwości biegowe, zapewnić konieczność bezpieczeństwa jazdy i zagwarantować korzystną charakterystykę zużycia elementów a szczególnie profilu obręczy. Usprężynowanie wózka stanowi:

- usprężynowanie I stopnia i prowadnica łożyska osiowego,
- elementy gumowe sprężynowania,
- sprężynowanie II stopnia między pudłem wagonu a ramą wózka.

Przenoszenie sił podłużnych na wózek tocznym odbywa się przez urządzenie zabierakowe na pudle pojazdu i wahacze podłużne w wózku. Przenoszenie sił podłużnych na wózek silnikowym odbywa się poprzez trawersę sprężynową i wahaczami podłużnymi. Prowadzenie wózka po linii torów odbywa się za pomocą belki bujkowej i czopa skrótu. Napęd przenoszony jest z silnika trakcyjnego poprzez przekładnię, dwa sprzęgi z pakietami klinowych elementów gumowych oraz przez wał drażony na oś zestawu kołowego. Zestaw kołowy składa się z wydrażonego wału osiowego oraz kół monoblokowych. Koła naprasowane są stożkowo. Do szyjki koła przykręcone są tarcze hamulcowe [8]. Silnik trakcyjny umieszczony jest na osi zestawu kołowego.

Wózek napędowy zawiera dwa wentylowane silniki trakcyjne, zamontowane z zębata przekładnią czołową na ramie wózka i są w całości sprężynowane.

Zespół: silnik – przekładnia opiera się przez elastyczne elementy złączne na wózku. Sprzęgło z pakietami klinowymi elementów sprężystych ma kompensować ruchy między zespołem napędowym a osią zestawu kołowego [8].

Dodatkowymi elementami wyposażenia wózka silnikowego są:

- element nośny urządzenia samoczynnego hamowania pociągu (SHP), znajdujący się na przedniej osi i wyposażony w odpowiednie aparaty,
- rury piasecznic na przednich osiach,
- urządzenie do smarowania obrzeży kół z 2 dyszami dla osi przednich.

Pojazd wyposażony jest w elektromagnes samoczynnego hamowania pociągu SHP. Dla osób niepełnosprawnych przewidziana jest rampa wjazdowa oraz podnośnik dla wózków inwalidzkich.

#### Hamulec

Pojazd posiada następujące układy hamulcowe:

- hamulec główny oddziaływujący na osie napędne,
- hamulec elektropneumatyczny, służący jako mechaniczny hamulec dodatkowy i postojowy, działający na wszystkie osie pojazdu,
- sprężynowo-membranowy hamulec postojowy, znajdujący się na każdej osi napędnej (po jednym zespole hamulcowy na oś).

#### Odbierak prądu

Pojazd posiada dwa elektryczne niezależne odbieraki prądu (na dwu końcach pociągu). Zasilanie w energię elektryczną zrealizowano za pomocą połówkowego odbieraka prądu.



Na dachu wagonów tocznych umieszczono po jednym odbieraku prądu, przy którym zamontowany jest ochronnik przepięciowy pełniący rolę odgromnika.

Każdy odbierak można odłączyć od linii zasilającej 3 kV za pomocą ręcznego odłącznika. Odbierak prądu charakteryzuje się:

- prostą, wytrzymałą budową,
- niewielką masą,
- niezależnością pracy od kierunku jazdy,
- dobrymi właściwościami dynamicznymi,
- stałą siłą docisku w całym zakresie pracy.

*Tab. 1. Dane techniczne odbieraka prądu typu RM26-367 []*

<b>Rodzaj budowy</b>	<b>Odbierak prądu z napędem pneumatycznym</b>
Masa	135 kg
Wysokość zabudowy włącznie z izolatorami	620 mm
Długość	2320 mm
Szerokość wahacza	1950 mm
Min. wysokość robocza	200 mm
Maks. wysokość robocza	2300 mm
Maks. wysokość podniesienia	2400 mm
Maks. prędkość jazdy	180 km/h
Statyczna siła docisku	100 N
Zakres temperatur otoczenia	-30°C +45°C
Maks. napięcie prądu trakcyjnego	4500 V prąd stały
Znamionowe natężenie prądu	1040 A
Maks. natężenie prądu	1800 A
Natężenie prądu podczas postoju	100 A
Czas podniesienia do maks. wysokości	< 10 s
Czas opuszczenia z maks. wysokości	< 8 s
Ograniczenie wysokości podnoszenia	Uruchamianie pneumatyczne

### Prostowniki trakcyjne

W każdym wagonie silnikowym zamontowane są dwa prostowniki trakcyjne chłodzone wodą. Każdy prostownik zasila jeden silnik trakcyjny i posiada przetwornicę zasilającą wyposażenie obwodów pomocniczych napięciem 3 x 400 V prądu przemiennego.

Prostownik każdego wagonu wyposażony jest w ładowarkę baterii akumulatorów. W przypadku awarii lub usterki każdy z prostowników może zostać odłączony od zasilania napięciem 3 kV.

Dławik wspólny dla obu prostowników ogranicza zmiany prądu w prostownikach. W przypadkach szczególnych gdy sieć trakcyjna posiada odpowiednią pojemność, energia hamowania elektrodynamicznego zostaje przekazana z powrotem do sieci trakcyjnej. Prostownik jest ponadto wyposażony w elementy pomiarowe, kontrolne i ochronne [8]. Gdy napięcie sieci trakcyjnej wynosi od 2,7 do 4 kV prostowniki trakcyjne udostępniają całą moc do przyspieszenia i hamowania elektrodynamicznego. W zakresie od 2,7 kV do 3,6 kV cała moc elektryczna hamowania przekazana jest do sieci (rekuperacja). Przy przekroczeniu napięcia sieci 3,6 kV elektryczna moc hamowania przekazywana jest do sieci i ulega redukcji, a jej nadmiar zostaje przekształcony w ciepło w rezystorach hamowania. Przy wartości napięcia powyżej 4,0 kV taktowanie prostowników silnika zostaje zablokowane. Powyżej 4,2 kV następuje automatyczne wyłączenie wyłącznika szybkiego. Powyżej 4,5 kV w prostowniku następuje automatyczne ograniczenie przepięciowe. Powyżej 2,0 kV napięcia zasilającego, zasilane są obwody wyposażenia pomocniczego lecz brak jest hamowania rekuperacyjnego [8]

### Silniki trakcyjne

Pojazd FLiRT wyposażony jest w dwa dwuosiowe wózki napędne, znajdujące się pod wagonami końcowymi. Wbudowane są w nich poprzecznie dwa czterobiegunowe, wentylowane z zewnątrz asynchroniczne trójfazowe silniki trakcyjne, zasilane przez falowniki impulsowe. Dwa czujniki mierzą temperaturę silnika i sterują wentylacją. Nadajniki osiowe umieszczone na łożysku zestawu kołowego przekazują liczbę obrotów do sterowania prostownikami i regulacji przyczepności [8].

Powietrze chłodzące silniki trakcyjne zasilane jest z przestrzeni dachowej i doprowadzane kanałami powietrznymi za pomocą odpowiednich miechów do silników trakcyjnych. Moc ciągła jednego silnika trakcyjnego wynosi 400 kW, a moc maksymalna 550 kW [8].

### Sprężarka główna

Na dachu wagonów silnikowych zamontowane są sprężarki zasilające obwody pneumatyczne sprężonym powietrzem. Jedna ze sprężarek jest napędzana za pomocą własnej przetwornicy. Jest o wystarczające do pokrycia zużycia powietrza w całym pociągu. W skład układu pneumatycznego wchodzi:

- układ hamulca pneumatycznego,
- układ sterowania odbiornikami prądu,
- układ pneumatycznego zawieszenia wózków,
- piasecznica,
- syrena dźwiękowa,
- układ smarowania obrzeża kół,

- próżniowa instalacja sanitarna przedziału WC,
  - pozostałe wyposażenie (np. fotel maszynisty, maźnica, lusterka wsteczne).
- Podniesienie odbieraka prądu przy braku sprężonego powietrza odbywa się za pomocą automatycznie sterowanej sprężarki pomocniczej [8].

#### Bateria akumulatorów

Napięcie znamionowe obwodów sterowniczych wynosi 36 V prądu stałego. Akumulatory są umieszczone w oddzielnej skrzyni w pobliżu szafy z aparaturą łączeniową. Praca akumulatorów jest monitorowana na stanowisku maszynisty gdzie można pomierzyć aktualne napięcie akumulatorów i pobierany prąd. Sterowanie drzwiami oraz elektroniczne zabezpieczenie przeciwpoślizgowe, informacje dla pasażerów oraz transmisje danych, funkcjonują przy awarii ładowania akumulatorów przez minimum 5 godzin. Urządzenia do ładowania akumulatorów są umieszczone w przetwornicach trakcyjnych i są zasilane z obwodów napięcia stałego jak przetwornica obwodów pomocniczych [8]. Do ładowania akumulatorów przewidziano oddzielne wyjście z ograniczeniem prądu.

#### Oświetlenie i instalacja przeciwpożarowa

Oświetlenie zewnętrzne tworzą projektory sygnałów czoła i końca pociągu. Oświetlenie wnętrza tworzy środkowy pas lamp jarzeniowych zapewniając oświetlenie ok. 125 lx, lampy te pełnią funkcję kierunkową dla osób słabo widzących. W strefach wejściowych zainstalowano dodatkowe oświetlenie awaryjne, gdyby uległo uszkodzeniu oświetlenie podstawowe. Gdy pojazd jest wyłączony, istnieje możliwość włączenia pełnego oświetlenia awaryjnego na dalsze 5 minut na wykonanie czynności porządkowych, po czym następuje całkowite wyłączenie oświetlenia.

Prócz tego pojazd posiada samoczynną instalację gaśniczą na gaz obojętny przeznaczoną do gaszenia urządzeń wysokiego napięcia. W instalację są wyposażone obie szafy prostownika napędu i szafy WN. W skład instalacji przeciwpożarowej wchodzi:

- zbiornik ciśnieniowy z gazem gaśniczym, zawór i manometr,
- przewód detekcyjny pożaru wyłożony we wnętrzu szafy,
- przewód gaśniczy prowadzący ze zbiornika ciśnieniowego do szafy [8].

W maszynowni każdego wagonu silnikowego znajdują się trzy gazowe zbiorniki gaśnicze wraz z wyposażeniem dodatkowym, łącznie w każdym pojeździe FLiRT znajduje się sześć zbiorników. W przypadku wykrycia pożaru przez przewód detekcyjny wysyłany jest sygnał do zaworu gaśniczego ciśnieniowego zbiornika gazu, który zostaje otwarty, po czym do właściwej szafy dostaje się gaz gaśniczy.

Alarm pożarowy jest sygnalizowany na wyświetlaczu diagnostycznym, a w kabinie maszynisty uruchamiany jest optyczny i akustyczny sygnał alarmowy. Niezależnie od instalacji przeciwpożarowej w kabinach maszynisty zamontowane są gaśnice ręczne [8].

#### System informacji pasażerskiej

We wszystkich przedziałach pasażerskich oraz dla pasażerów na zewnątrz pojazdu jest zainstalowany system informacji pasażerskiej składający się z wyświetlaczy oraz instalacji elektroakustycznej.

W przypadku trakcji wielokrotnej obsługa systemu informacji pasażerskiej jest możliwa z obsługiwanego zespołu trakcyjnego do wszystkich pojazdów. Szczególna uwaga poświęcona jest potrzebom osób słabo słyszącym i słabo widzącym.

Lokalizacja przystanków oraz przyłączanie cyfrowo zapisanych tekstów dla wewnętrznych wyświetlaczy przystankowych odbywa się zgodnie z sygnałem nawigacji GPS lub wykonuje to ręcznie maszynista [8].

Wyświetlacze zewnętrzne są zainstalowane na przedzie oraz na ścianach bocznych wagonów pojazdu. Wyświetlacze czołowe są w technologii LED zapewniając znakomitą czytelność niezależnie od pory dnia.

Wyświetlacze wewnętrzne są również wykonane w technologii LED. Rozdzielczość pozwala na wyświetlanie dużych i małych liter z przedłużeniem dolnym. Wyświetlacze tekstowe zapewniają szereg możliwości przy prezentowaniu tekstów i symboli. Wyświetlacze wewnętrzne są umieszczone w przedsiionkach wejściowych, przez co są dobrze widoczne w całym obszarze miejsc siedzących.

System informacji pasażerskiej znajduje się w jednym z wagonów silnikowych i może być obsługiwany z obu kabin maszynisty. Komputer systemu obsługi pasażerskiej i panel obsługowy są uruchamiane automatycznie wraz z aktywacją pulpitu maszynisty. Dezaktywacja pulpitu maszynisty powoduje wyłączenie systemu.

Przy sterowaniu wielokrotnym pojazdu, system informacji pasażerskiej jest połączony za pomocą sieci Ethernet. System informacji pasażerskiej zawiera następujące funkcje:

- automatyczne udzielanie informacji o odcinkach jazdy w formie komunikatów i wyświetleń,
  - bezpośrednie komunikaty dla pasażerów,
  - stałe komunikaty wg wzorów.
- Pojazd posiada zamknięte układu WC.

#### 4. PODSUMOWANIE

Kraje rozwinięte już dawno podjęły działania zachęcające mieszkańców wielkich aglomeracji do korzystania z transportu szynowego. Czas podróży w przewozach aglomeracyjnych nie powinien przekraczać 1 godziny, odległość między przystankami poza miastem kształtuje się w granicach 2÷5 km, malejąc w miarę zbliżania się do centrum, by osiągnąć w centrum odległość poniżej 1 km.

W przewozach tych dąży się, aby prędkość handlowa nie była mniejsza niż 35÷45 km/h.

Na prędkość techniczną wpływa przede wszystkim przyspieszenie rozruchu i hamowania, która w nowoczesnych pojazdach wynosi 1÷1,3 m/s<sup>2</sup>, przy prędkości maksymalnej nie przekraczającej 80÷100 km/h.

Doświadczalnie ustalono, że wagon powinien mieć odpowiednią liczbę przedsiionków minimum 3 albo 4 na wagon.

Tabor do przewozów aglomeracyjnych powinien mieć:

- małą liczbę miejsc do siedzenia,
- zwiększoną liczbę miejsc stojących kosztem miejsc do siedzenia.

Typowym pojazdem dla warszawskich przewozów aglomeracyjnych jest pociąg FLiRT.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Dokumentacja techniczno-ruchowa zespołu trakcyjnego 14WE
- [2] Dokumentacja technologiczna systemu utrzymania elektrycznego zespołu trakcyjnego typu 14WE, NEWAG S.A. Nowy Sącz. 10.08.2005
- [3] Graff M., Rusak R.: *Flirt w Polsce, Świat Kolei*, Nr 10/2007

- [4] Instrukcja obsługi pojazdu FLIRT, Spółka Stadler Bussnang AG. Warszawa 10.03.2008
- [5] Materiały z konferencji naukowo-technicznej pt. *Przyszłość szybkiej kolei miejskiej w Polsce*. Poznań 18÷19 maja 1987, Wydawnictwo COIK Warszawa 1987
- [6] Marciniak J.: *Obwody główne i pomocnicze wybranych serii pojazdów trakcyjnych PKP*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2009
- [7] Marciniak J.: *Kolejowe pojazdy szynowe nowych generacji*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 1998
- [8] Winciorek P.: Praca magisterska *Elektryczne zespoły trakcyjne 19WE i ED74*, Radom 2011
- [9] Woźniak R.: Praca magisterska *Pojazdy szybkich kolei polskich w węźle warszawskim*, Radom 2009
- [10] Rudzyński P.: *Współczesny tabor do przewozów regionalnych*, *Rynek Kolejowy*, Nr 10/2005.