

mgr inż. Wojciech Bogdański
Sir Alexander GIBB (Polska) Sp. z o.o.
mgr inż. Jerzy Kaska
ZNTK „Mińsk Mazowiecki” S.A.

Proponowany zakres modernizacji elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57

Idea modernizacji starego taboru szynowego zyskuje w świecie coraz więcej zwolenników. Przemawiają za nią przede wszystkim względy ekonomiczne. W artykule omówiono wymagany przez PKP zakres modernizacji elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 oraz zaproponowano zakres modernizacji, który zdaniem autorów jest technicznie i ekonomicznie uzasadniony.

1. Wprowadzenie

Elektryczne zespoły trakcyjne (ezt) serii EN57 to w skali świata fenomen prawdopodobnie niepowtarzalny. Były one produkowane bez przerwy przez 31 lat (w latach 1962 – 1993), praktycznie bez istotnych zmian konstrukcyjnych. Łącznie wyprodukowano ich ponad 1400 szt. W grudniu 1998 ich ilość na PKP wynosiła jeszcze 1184 szt. zaś średni wiek serii wynosił blisko 20 lat. Obecnie wiek najstarszych, eksploatowanych jeszcze na sieci PKP egzemplarzy tej serii dochodzi do 38 lat. Wersja 4-wagonowa (odpowiednik serii EN71) była przed laty eksportowana do Jugosławii i jeszcze obecnie zespoły te są eksploatowane na kolejach Słowenii i Chorwacji.

Konstrukcyjnie zespoły serii EN57 od swego początku były przeznaczone do obsługi pasażerskich przewozów regionalnych. Ich budowa była odpowiedzią przemysłu taboru kolejowego na zapotrzebowanie PKP wynikające z elektryfikacji, do połowy lat sześćdziesiątych, szeregu linii magistralnych, np.: z Warszawy do Łodzi, do Gliwic i do Poznania, z Katowic do Bielska Białej oraz z Wrocławia do Jeleniej Góry i

przez Kraków do Medyki². Świadczą o tym po 2 pary drzwi zewnętrznych w każdym wagonie, stosunkowo duże przedziały bagażowe na krańcach zespołu czy dostosowanie do peronów niskich. W tamtym okresie problem kolejowej obsługi przewozów aglomeracyjnych dotyczył zasadniczo tylko Trójmiasta i Warszawy i był rozwiązany dostosowanymi do tych potrzeb zespołami serii – odpowiednio – EW91/93 i EW55.

Trzeba tu stwierdzić, że ówczesni decydenci PKP wykazali dużą wyobraźnię i przezorność ponieważ niejako równolegle, jeszcze w połowie lat sześćdziesiątych, zgłosili do przemysłu zapotrzebowanie na nowe zespoły trakcyjne do przewozów aglomeracyjnych, podstawowo dla potrzeb linii SKM w Trójmieście, dla wymiany fizycznie wyeksploatowanych zespołów serii EW91/93. Nowe zespoły określono roboczo jako 3WE i po dziesięciu latach prac, w 1974 r., pierwszy zespół serii EW58 rozpoczął badania prototypowe. Seria ta okazała się konstrukcyjnie niedopracowana i zawodna w eksploatacji. Jej istotną wadą była też zbyt duża masa własna, o 20 t większa niż masa zespołów serii EN57. PKP zakupiły

² wg: Frontczak F., Kuczborski S., Kuligowski K., Skoniecki J., Wasilewicz W.: 50 lat elektryfikacji PKP. WKŁ W-wa 1989.

jedynie 35 szt. zespołów tej serii. 9 z nich jest nadal eksploatowanych na linii SKM w Trójmieście.

W latach 70. i 80. z inicjatywy PKP i przemysłu taboru kolejowego opracowano kilka wstępnych koncepcji nowych elektrycznych zespołów trakcyjnych do przewozów aglomeracyjnych (np. typ 10WE – patrz TTS nr 5/1994). Koncepcje te nigdy nie wyszły jednak poza fazę wstępnych prac studialnych. Dominujący wtedy rynek producenta oraz niski poziom technologiczny krajowego przemysłu taboru kolejowego skutecznie blokowały rozwój nowych konstrukcji dla PKP.

Paradoksalnie, kiedy w latach 90. zaistniał wreszcie w Polsce rynek konsumenta i pojawiły się znane firmy zachodnie oferujące nowoczesne technologie taborowe, sytuacja finansowa PKP pogorszyła się dramatycznie, praktycznie uniemożliwiając odnowienie parku taboru trakcyjnego PKP. Pomimo, że w 1990 r. PAFAWAG dostarczył kolejom polskim 3 egz. nowych zespołów serii EW60 (patrz TTS nr 5/1996), inicjatywa ta nie została przez PKP podtrzymana. Mamy więc obecnie na PKP sytuację dramatycznego braku taboru do przewozów aglomeracyjnych, głęboki deficyt finansowy uniemożliwiający jego zakup i jednocześnie nadmiaru zespołów serii EN57, fizycznie zużytych i konstrukcyjnie niedostosowanych do tych przewozów.

2. Modernizować stary czy kupić nowy tabor?

Idea modernizacji starego taboru znajduje uzasadnienie w pozytywnych doświadczeniach kolei rozwiniętych krajów europejskich takich jak Niemcy, Wielka Brytania, Szwajcaria, Holandia czy Austria. Można tam nawet zauważyć pewnego rodzaju „modę” na modernizację taboru, chociaż słowo „moda” nie jest tu właściwe, gdyż bardziej chodzi tu o prawidłowy rachunek ekonomiczny.

W poprzednim okresie, gdy koleje europejskie były w znacznym stopniu dofinansowywane z budżetu państwa, łatwiej było uzyskać fundusze na zakup taboru nowego. Wraz z prywatyzacją i przechodzeniem na własny rozrachunek daje się zauważyć bardziej racjonalne gospodarowanie środkami pieniężnymi. O zakupie nowego taboru bądź modernizacji starego decyduje cel i efekt ekonomiczny jaki chce się osiągnąć, potwierdzony kalkulacją kosztów i zysków. Najważniejszym celem jest z reguły zwiększenie konkurencyjności względem innych przewoźników poprzez: poprawienie standardu usług (szybkość, punktualność, komfort), konkurencyjność cenową dzięki obniżeniu kosztów własnych przez obniżenie kosztów utrzymania taboru (nowoczesny tabor, diagnostyka, nowoczesna organizacja pracy przy przeglądach i naprawach itd.), obniżenie kosztów eksploatacji (odzysk energii przy hamowaniu, napędy energooszczędne, hamowanie elektrodynamiczne itp.). W celu konkurowania z krajowymi liniami lotniczymi budowane są na przykład linie kolei szybkich oraz pociągi dużych prędkości. Tam gdzie przy dużym natężeniu ruchu parametry trakcyjne eksploatowanego taboru nie pozwalają na zwiększenie przepustowości linii, wprowadza się pojazdy z większym przyspieszeniem lub prędkością. Poprawę jakości usług można też osiągnąć poprzez udział kolei w zintegrowanym systemie transportowym w ramach aglomeracji czy regionu. Dopiero porównanie efektów i kosztów jakie należy ponieść dla osiągnięcia założonego celu stanowi podstawę do podjęcia decyzji o zakupie nowego lub modernizacji starego taboru oraz określa wymagania jakie tabor ten ma spełniać.

Systematyzując cele modernizacji taboru pasażerskiego według ważności należy wymienić:

- podniesienie komfortu jazdy pasażerów i warunków pracy maszynisty,
- obniżenie kosztów eksploatacji,
- obniżenie kosztów utrzymania i napraw.

2. Wymagany przez PKP zakres modernizacji ezt serii EN57

Wychodząc z tych przesłanek, w końcu maja 1999 r. PKP ogłosiły przetarg na modernizację 200 szt. ezt serii EN57. Specyfikacja istotnych warunków zamówienia (SIWZ) składa się z części dotyczącej wymagań technicznych pojazdu po modernizacji oraz części dotyczącej sposobu finansowania w drodze leasingu operacyjnego. O ile wymagania techniczne w większości są możliwe do spełnienia to wymagania w zakresie finansowania stanowią barierę trudną do zaakceptowania nawet dla koncernów wspieranych przez poważne, międzynarodowe instytucje finansowe. Z tego głównie względu termin składania ofert był już kilkakrotnie przesuwany.

Najważniejsze wymagania techniczne to m.in:

- przebieg między naprawami rewizyjnymi równy 600 000 km,
- współczynnik gotowości technicznej pojazdu min. 0,9,
- zastąpienie obecnych wózków wózkami typ 14MN i 25ANp z pneumatycznym odsprężynowaniem II stopnia,
- wyłącznik szybki min. 50 kA, nowe styczniki trakcyjne,
- trakcyjne przekształtniki tyrystorowe w technologii GTO lub IGBT,
- asynchroniczne silniki trakcyjne,
- mikroprocesorowe sterowanie i diagnostyka,
- elektroniczne urządzenia przeciwpoślizgowe działające przy rozruchu i hamowaniu,
- hamowanie elektrodynamiczne z odzyskiem energii.
- statyczna przetwornica napędów pomocniczych w miejsce wirującej,
- napędy pomocnicze z silnikami 3x 380V 50 Hz.,
- sprężarka śrubowa w miejsce tłokowej,
- siedzenia półtwarde odporne na wandalizm,
- ściany wewnętrzne wyłożone panelami tworzywa sztucznego,
- jarzeniowe oświetlenie w przedziałów pasażerskich z lampami zagłębionymi w suficie,
- WC z zamkniętym obiegiem nieczystości, przystosowane dla osób niepełnosprawnych,

- drzwi zewnętrzne wykonane ze stopów lekkich,
- drzwi wewnętrzne i szczytowe z cichobieźnym zawieszaniem,
- okna boczne z podwójnymi szybami, dzielone, z uchylną górną częścią,
- szyby czołowe elektrogrzejne wielowarstwowe,
- ogrzewanie przedziałów nawiewne,
- ergonomiczna kabina maszynisty z własną klimatyzacją,
- elektroniczne wyświetlanie nazw stacji na czołach pociągu, na zewnętrznej części ściany bocznej środkowego wagonu i w przedziałach pasażerskich,
- halogenowe reflektory zewnętrzne.

Dla większości ww. wymagań przytoczone są odpowiednie karty UIC.

Podsumowując: praktycznie ze starego ezt po modernizacji zostanie jedynie szkielet pudła. Wszystkie pozostałe podzespoły i elementy powinny być nowe.

4. Nowa filozofia modernizacji ezt serii EN57

W kwestii wyboru pomiędzy zakupem nowych i modernizacją starych ezt ścierają się dwie opcje. Za zakupem nowych zespołów przez PKP są przede wszystkim, co oczywiste, producenci taboru, za modernizacją – zakłady naprawcze. Z doświadczeń kolei zachodnich³ wynika, że koszt gruntownej modernizacji taboru wynosi zwykle ok. 50% kosztu zakupu taboru nowego. Dla wagonów osobowych koszt ten może wzrosnąć do ok. 60% jeżeli konstrukcja pudła jest wymieniana na aluminiową. Koszt ten dotyczy jednak modernizacji z zachowaniem dotychczasowych wózków. W przypadku ezt serii EN57 wózki są jednym z najbardziej newralgicznym punktów i właściwie od nich należałoby zaczynać modernizację tego taboru. Obecnie, w zależności od producenta oraz wyposażenia, ceny ezt kształtują się w granicach 10,5 – 14,5 mln zł. Na tej podstawie można wstępnie ocenić koszt modernizacji jednego zespołu EN57 w zakresie określonym w SIWZ na 6 - 8 mln zł. Wniosek jest tu jednoznaczny: lepiej modernizować. Teraz należałoby się zastanowić nad celami i wynikającym z nich zakresem modernizacji ezt.

Dla kolei nadrzędnym celem powinno być zadowolenie i akceptacja pasażerów. Jeśli przyjmiemy takie założenie to w pierwszej kolejności należy zadbać o to, co pasażera najbardziej interesuje, z czym styka się on bezpośrednio.

Jesteśmy przekonani, że pasażera nie interesuje co znajduje się w szafach WN i jaki typ wózków ma wagon. Interesuje go natomiast czy dojedzie on tym wagonem do swej stacji docelowej zgodnie z rozkładem jazdy i czy warunki jazdy będą godziwe.

Gdy pociąg wjeżdża na stację najpierw podróżny zwraca uwagę na tablicę informacyjną a następnie interesuje się

najbliższymi drzwiami wejściowymi. Z chwilą zajęcia miejsca pasażer znajduje czas na ocenę wnętrza i oferowanego poziomu komfortu. Tu interesują go sprawnie działające drzwi, szczelne i przejrzyste okna, czyste i estetyczne wnętrze, wygodne siedzenia, skuteczna wentylacja i ogrzewanie, czyste WC i czy hałas wywołany jazdą nie jest nadmierny. Z drugiej strony pamiętać należy, że pod względem poziomu komfortu wnętrz pasażerskich ezt przeznaczone do przewozów aglomeracyjnych są bliższe wagonom metra niż współczesnym wagonom do przewozów typu IC lub EC, gdzie w zakresie ergonomii i komfortu obowiązują standardy europejskie i wymagania kart UIC.

5. Technicznie i ekonomicznie uzasadniony zakres modernizacji ezt serii EN57

Naszym zdaniem rozsądny oraz ekonomicznie i technicznie uzasadniony zakres modernizacji ezt serii EN57 powinien dotyczyć w pierwszym rzędzie wnętrz pasażerskich i kabiny maszynisty, zaś jeśli chodzi o niedostępne dla pasażerów wyposażenie techniczne to w większości przypadków powinien on w maksymalnym stopniu wykorzystywać istniejące już i sprawdzone w eksploatacji rozwiązania konstrukcyjne. Wychodząc z tych przesłanek powinien więc on obejmować:

• Wnętrza pasażerskie:

- **Okna boczne z uchylną górną częścią i z podwójnymi szybami.** Okna takie poprawiają parametry izolacyjne pojazdu, bezpieczeństwo podróżnych oraz zapewniają przejrzystość również w zimie.
- **Zawieszenie drzwi przejściowych.** Obecne rozwiązanie jest bardzo awaryjne oraz wymaga stałych zabiegów regulacyjnych.
- **Siedzenia** mają nie tylko wpływ na komfort podróżowania, ale również w bardzo dużym stopniu decydują o estetyce przedziału. Krajowi producenci oferują obecnie całą gamę siedzeń w wykonaniu odpornym na wandalizm. Najodpowiedniejsze będą tu siedziska z TWS z wymiennymi wkładami tapicerskimi.
- **Ściany i sufity.** Przy założeniu, że ezt po modernizacji będą jeszcze eksploatowane przez ok. 20 - 25 lat (z naprawą główną w połowie tego okresu), to warto zastosować ściany i sufity z paneli wykonanych z tworzywa sztucznego.
- **Wentylacja i ogrzewanie.** Obecny układ wentylacyjny nie spełnia wymagań. W lecie wentylacja odbywa się poprzez otwarte okna, a w zimie poprzez nieszczelności, gdyż pasażerowie zamykają kratki wentylacyjne chroniąc się przed nadmuchem zimnego powietrza. Problem ten powinien zostać rozwiązany poprzez zastosowanie agregatu wentylacyjno-grzewczego. Montaż układu ogrzewania nawiewnego, spełniającego w pełni wymagania kart UIC nie znajduje uzasadnienia w pojazdach do obsługi ruchu aglomeracyjnego, a poza tym byłby bardzo kosztowny i skomplikowany z uwagi na układ przedziałów i brak miejsca pod pudłem. Jako optymalny i najczęściej stosowany w podobnych pojazdach

³ patrz np: Kleinschmidt H.: Modernisierung von Fahrzeugen des Schienenpersonverkehrs. ZEF + DET Glassers Annalen 1999 nr 1.

należy uznać układ ogrzewania mieszany czyli grzejniki konwekcyjne oraz nadmuch ciepłego powietrza z agregatu wentylacji wymuszonej.

- **Toalety.** W ruchu aglomeracyjnym wymogi higieny i ekologii narzucają tylko dwa rozwiązania: albo zastosować WC z zamkniętym obiegiem, albo, tak jak w wagonach metra, zrezygnować z toalet całkowicie. Biorąc pod uwagę wygodę pasażerów i zakładając że czas podróży wynosi ok. 60 min, należy raczej się przychylić do pierwszego rozwiązania.

- **Izolacja termiczna i akustyczna.** Istniejąca obecnie izolacja cieplna i akustyczna nie spełnia w pełni swojego zadania. Luźno włożony styropian stanowi słabą izolację cieplną i niemal żadną izolację dźwiękową. W celu uzyskania właściwego efektu należy blachę poszycia pudła pokryć od wewnątrz masą gęszącą oraz zastosować pakiet izolacji termiczno-akustycznej. Dzięki temu znacznie zmniejszy się zużycie energii potrzebnej na ogrzewania oraz radykalnie poprawi komfort jazdy.

- **Kabina maszynisty:**

To co się znajduje w kabinie maszynisty ezt serii EN57 o numerach bocznych poniżej 1900 nie ma nic wspólnego z ergonomią. Należy przebudować pulpit sterowniczy tak aby spełniał wymagania karty UIC 617, zamontować cichą nagrzewnicę do nadmuchu ciepłego powietrza na szyby czołowe oraz na nogi maszynisty. Z uwagi na duże przeszklenie i małe wymiary pomieszczenia, niezbędna jest tu klimatyzacja. Ponieważ maszynista miałby w sumie trzy źródła ciepła: grzejniki konwekcyjne, nawiew z nagrzewnicy oraz nawiew z klimatyzatora, zasadnym jest wybór takiego urządzenia klimatyzacyjnego, które skutecznie schładzałoby powietrze w lecie natomiast w zimie służyło jako dodatkowe źródło ciepła. Niezbędnym wyposażeniem kabiny powinien też być ergonomiczny fotel.

- **Obniżenie kosztów eksploatacji**

W tym miejscu przychodzi na myśl zastąpienie przestarzałego rozruchu oporowego i silników prądu stałego rozruchem z falownikiem i silnikami asynchronicznymi. Okazuje się jednak, że efekty z takiej modernizacji, w postaci zmniejszenia zużycia energii, są znikome lub żadne w odniesieniu do warunków eksploatacji ezt EN57. Wiadomo, że w cenie nowego bądź modernizowanego pojazdu najdroższy jest układ rozruchowy, który stanowi do 25% ceny całości. Porównując obecne zużycie energii przez zespoły trakcyjne (część z nich jest wyposażona w liczniki energii) z wynikami komputerowych symulacji jazdy zmodernizowanej EN57 z silnikami asynchronicznymi, można dojść do wniosku, że inwestycja wymiany układu rozruchowego będzie opłacalna jedynie w przypadku eksploatacji tych zespołów w bardzo intensywnym ruchu aglomeracyjnym (SKM, linia średnicowa), gdzie występuje wysokie prawdopodobieństwo odzysku energii. W pozostałych przypadkach nie należy się spodziewać szybkiego zwrotu inwestycji. Sytuacja ta może się zmienić z chwilą pojawienia się na rynku tranzystorów IGBT na napięcie 6 kV, co pozwoli na uprosz-

czenie układu falownika trakcyjnego, a przez to obniżenie jego ceny.

Inaczej sprawa przedstawia się z rozruchem impulsowym, który obecnie jest znacznie tańszy⁴.

Znaczne koszty w eksploatacji ponoszone są z tytułu wymiany wstawek klocków hamulcowych i obręczy. Warto więc pomyśleć o zastosowaniu hamowania oporowego oraz – przy pozostawieniu obecnych wózków – zastąpieniu archaicznego widłowego prowadzenia zestawu kołowego rozwiązaniem nowocześniejszym.

- **Obniżenie kosztów utrzymania**

- **Sprężarka śrubowa.** Przed kilkoma laty Zakłady Szatkowskiego zakończyły produkcję części zamiennych do sprężarek CM38. Obecnie zastąpienie tej sprężarki nową – śrubową – stało się koniecznością. Taborowe sprężarki nowej generacji charakteryzują się niską masą (około 50% masy sprężarki CM38), wydajnością wprost proporcjonalną do obrotów silnika, cichą pracą i minimalnymi wymaganiami dotyczącymi obsługi. Do napędu sprężarki powinien być użyty silnik prądu przemiennego.

- **Przetwornica statyczna** do zasilania obwodów 110 V DC i 3 x 400 V AC. Ponieważ napędy pomocnicze generalnie powinny być zasilane napięciem 3x400V AC należy zastosować przetwornicę o mocy 20 – 25 kW, wykonaną na bezie przetwornicy PSM16. Obecnie tylko kilkadziesiąt zespołów EN57 w trakcie napraw okresowych, zostało wyposażone w przetwornice statyczne typu PMS16 o mocy 16kW. W pozostałych zespołach nadal pracują przetwornice wirujące typu LKPa 330 o mocy wyjściowej 10 kW, których awarie stanowią najczęstszą przyczynę wyłączenia zespołów z ruchu.

- **Wyłącznik szybki.** W miejsce obecnie stosowanych styczników liniowych należy zastosować wyłącznik szybki o zwiększonej obciążalności prądowej.

- **Drzwi automatyczne wejściowe.** Poszycie drzwi automatycznych należy obecnie do tych elementów, które najszybciej ulegają korozji. Z tego względu drzwi powinny być wykonane z materiałów odpornych na korozję: aluminium, stali nierdzewnej lub TWS. Konstrukcja drzwi powinna być tak przrobiona, aby istniało zabezpieczenie przed przedostawaniem się śniegu do kieszeni drzwiowych oraz blokowanie drzwi na skutek oblodzenia. Wyeksploatowane mechanizmy napędowe należy zastąpić napędami elektrycznymi lub nowymi pneumatycznymi. Wybierając rodzaj napędu trzeba pamiętać, że napęd elektryczny jest 1,5 razy droższy od pneumatycznego, lecz posiada szereg zalet. Układ sterowania drzwiami powinien być wyposażony w przyciski do indywidualnego otwierania drzwi przez pasażerów z zewnątrz i z wewnątrz wagonu oraz w odpowiednie blokady do tego systemu.

⁴ Patrz na.: Pabiańczyk J.: Wybór silnika napędowego dla różnych rodzajów pojazdów trakcyjnych – kryteria wyboru. Materiały „Second International Conference MODERN SUPPLY SYSTEMS AND DRIVES FOR ELECTRIC TRACTION. Warszawa, 5-7.10.1995.

- **Złącza elektryczne międzywagonowe.** Zastosowanie elektrycznych wielowtykowych złączy międzywagonowych umieszczonych w hermetycznej obudowie uprości i skróci czynności rozłączania wagonów w lokomotywniach i zakładach naprawczych oraz uniemożliwi błędne połączenie przewodów.
- **Układ diagnostyki pojazdu i monitorowania danych.** W wielu przypadkach czas potrzebny do zlokalizowania usterki jest dłuższy od czasu potrzebnego na jej usunięcie. Problem ten może rozwiązać układ diagnostyki pojazdu i monitorowania danych.
- **Układ oświetlenia pomieszczeń pasażerskich.** We wszystkich zespołach serii EN57 układ oświetleniowy zasilany jest z centralnej przetwornicy wirującej PGO34x lub z przetwornicy statycznej PPP5001. W przypadku uszkodzenia przetwornicy włącza się oświetlenie awaryjne w postaci żarówek zasilanych z baterii akumulatorów. W ramach modernizacji układ centralnego zasilania obwodów oświetlenia powinien być zastąpiony układem z indywidualnymi przekształtnikami i awaryjnym oświetleniem wykorzystującym 1/3 świetlówek.
- **Modernizacja sprzęgu czołowego i międzywagonowego.** Proponowany wyżej zakres modernizacji zespołów EN57 spowoduje konieczność zwiększenia ilości przewodów sterowania wielokrotnego. Potrzebna będzie przebudowa sprzęgu elektrycznego lub zastąpienie go nowym, z większą ilością styków. W części mechanicznej, tak jak jest to wykonywane obecnie, stopy sprężyn powinny być zastąpione amortyzatorami elastomerowymi a mechanizm łączeniowy zastąpiony nowym. Ponadto należy wreszcie zrekonstruować sprzęg czołowy tak, aby był on w pełni samoczynny.

6. Konkluzja

Problem modernizacji ezt serii EN57 należy rozpatrywać uwzględniając kryteria:

- a) celu jaki chce się osiągnąć,
- b) efektów jakie uzyska się z osiągnięcia tego celu,
- c) środków jakimi się dysponuje.

Biorąc pod uwagę obecną sytuację finansową PKP logicznym jest ustawienie poprzeczki wymagań tak, aby uzyskać maksymalny efekt za jak najmniejsze pieniądze. Przy takich założeniach optymalny zakres modernizacji to:

- modernizacja wózków obejmująca prowadzenie zestawu kołowego, zawieszenie silnika trakcyjnego i odsprężynowanie,
- zastąpienie rozruchu oporowego impulsowym, z hamowaniem oporowym i z układem zabezpieczenia przed poślizgiem kół podczas rozruchu,
- modernizacja pozostałych podzespołów i wyposażenia wg punktu 5.

Koszt takiej modernizacji byłby 3 – 4 razy tańszy od modernizacji wymaganej przez PKP.