

Propozycje modernizacji lokomotywy ET 22

Referat poświęcony jest zagadnieniom związanym z modernizacją jednego z najbardziej popularnych w PKP pojazdów trakcyjnych jakim jest elektryczna lokomotywa towarowa serii ET22. Przedstawiono w nim cele i zakres modernizacji w odniesieniu do układów i zespołów elektrycznych i mechanicznych. Zaprezentowano opisy zmodernizowanych układów i zespołów lokomotywy, a w zakończeniu proponowany schemat prac przeglądowo-naprawczych oraz efekty tej modernizacji, których można spodziewać się podczas eksploatacji.

1. WSTĘP

Posiadane przez PKP pojazdy trakcyjne, w tym lokomotywy elektryczne, charakteryzują się zaawansowanym wiekiem i przestarzałą konstrukcją, a to powoduje znaczne koszty bieżącego utrzymania oraz niedostosowanie do aktualnych i spodziewanych w najbliższych latach potrzeb przewozowych [1] i standardów europejskich.

Niezbędne jest dokonanie odnowy posiadanego przez PKP taboru, także na drodze modernizacji, która jest szybką i ekonomicznie uzasadnioną metodą przywrócenia równowagi pomiędzy poziomem taboru posiadanego i wymaganego.

Jednym z pilniejszych przedsięwzięć, które należałoby rozpocząć, jest głęboka modernizacja lokomotywy ET22, najpopularniejszego pojazdu trakcyjnego w PKP.

Lokomotywa ta o układzie osi C_0-C_0 , masie około 120 ton i mocy ciągłej 3000 kW przeznaczona jest zasadniczo do prowadzenia pociągów towarowych z prędkościami do 125 km/h. Dokumentacja konstrukcyjna lokomotywy powstała w 1966 roku, a pierwsze lokomotywy zostały dostarczone w 1971 roku. Wyprodukowano około 1200 sztuk lokomotyw ET22, a jej produkcję zakończono dopiero w 1989 roku. Lokomotywa poddawana była zabiegom modernizacyjnym prowadzonym zarówno przez producenta, jak i zakłady naprawcze i macierzyste lokomotywownie [2], nie były to jednak modernizacje kompleksowe.

Projekt modernizacji kompleksowej rozpoczęto w 1998 roku w OBRPS w Poznaniu (obecnie Instytut Pojazdów Szynowych „Tabor”) wspólnie z ZNLE Gliwice.

Impulsem do podjęcia tej współpracy był ogłoszony przez PKP przetarg na dostawę zmodernizowanych lokomotyw.

Podstawowym celem tej modernizacji jest:

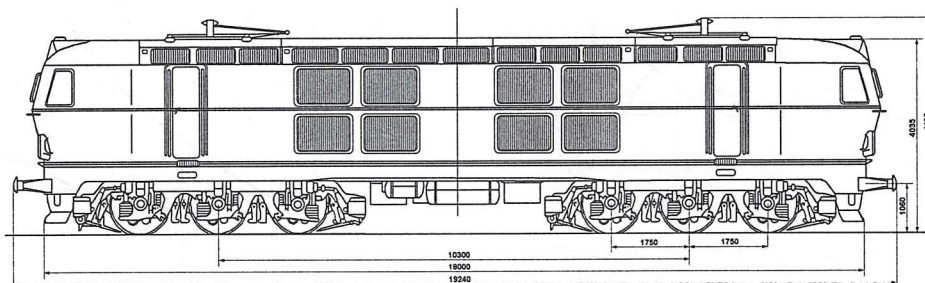
- podniesienie parametrów technicznych i wskaźnika gotowości technicznej,
- obniżenie kosztów utrzymania lokomotywy (w eksploatacji, przeglądach i naprawach),
- poprawa warunków pracy maszynisty,
- zmniejszenie niekorzystnego oddziaływania na środowisko.

2. ZAKRES MODERNIZACJI

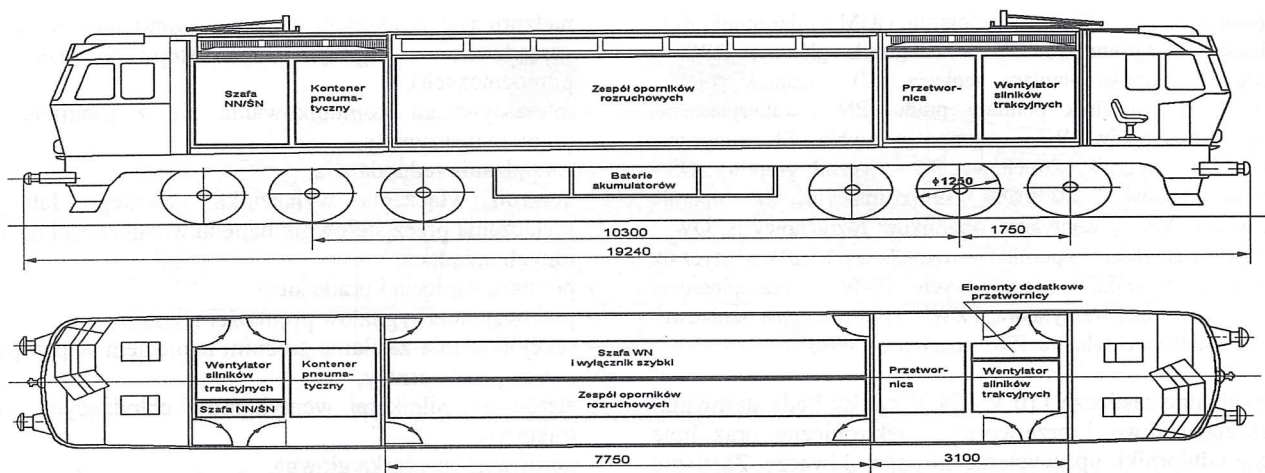
Modernizacja lokomotywy będzie obejmowała niżej wymienione główne systemy i urządzenia [4]:

- obwody główne wysokiego napięcia i pomocnicze średniego napięcia,
- obwody sterowania i diagnostyki,
- układy biegowe,
- układy pneumatyczne i hamulec mechaniczny,
- pudło oraz kabiny maszynisty,
- układy wentylacji maszyn i zespołów elektrycznych.

Widok ogólny lokomotywy po modernizacji przedstawiono na rys. 1, a przewidywane rozmieszczenie maszyn i urządzeń w lokomotywie na rys. 2.



Rys. 1. Lokomotywa ET 22 po modernizacji - widok ogólny



Rys. 2. Rozmieszczenie maszyn i urządzeń w lokomotywie po modernizacji

2.1. Obwód główny lokomotywy

Obwód główny lokomotywy nie ulegnie zasadniczym zmianom. Zmienione zostaną niektóre urządzenia i aparaty na bardziej niezawodne i o lepszych parametrach użytkowych.

Silniki trakcyjne uzyskają izolację klasy H oraz obrotowo zamocowane szczotkotrzymacze.

Kontrola parametrów elektrycznych w obwodach będzie się odbywała za pomocą nowoczesnych elektronicznych układów pomiarowych firmy LEM.

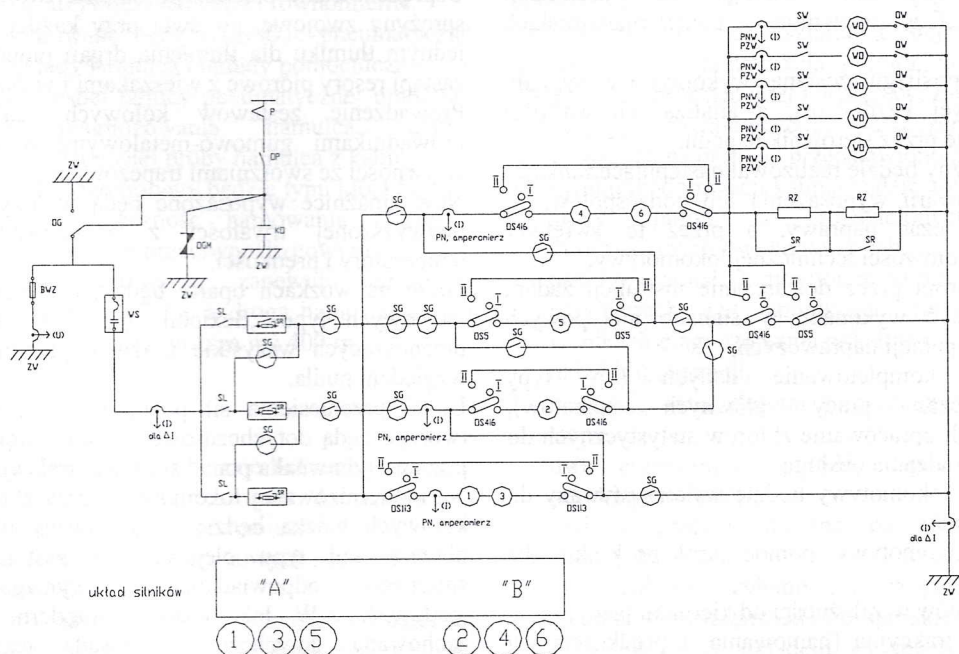
Do zabezpieczenia obwodów przed skutkami prądów zwarciovych i przetężeń zastosowany zostanie nowoczesny wyłącznik szybki typu DCL-W z firmy Woltan.

Ponadto styczniki WN wymienione zostaną na typu SPG lub podobne o zwiększonej trwałości łączeniowej. Nie przewiduje się wprowadzania hamowania

elektrodynamicznego ani wymiany odbieraków prądu. Uproszczony schemat obwodu głównego przedstawiono na rys. 3.

2.2. Obwody pomocnicze

Źródłem zasilania obwodów pomocniczych i sterowania (napięcia $3 \times 380 \text{ V}_{AC} - 50 \text{ Hz}$, 110 V_{DC} i 24 V_{DC}) będą dwie przetwornice statyczne zabudowane w przedziale maszynowym. Napięciem przemiennym $3 \times 380 \text{ V}$ zasilane będą: silniki wentylatorów silników trakcyjnych, silniki sprężarek, silniki wentylatorów przetwornic pomocniczych oraz silniki klimatyzatorów, natomiast napięciem 110 V prądu stałego: napędy wyłącznika szybkiego, silnik sprężarki odbieraka prądu, oświetlenie, łączność radiowa, urządzenia bezpieczeństwa, ogrzewanie szyb czołowych oraz niektóre obwody sterowania.



Rys. 3. Schemat obwodu głównego

(P - pantograf, OP - odłącznik pantografu, OGM – odgromnik, KO - kondensator odgromnika, OG - odłącznik główny, BWZ - bezpiecznik czujnika pomiaru napięcia, (U) - czujnik pomiaru napięcia, (I) - czujnik pomiaru prądu, PN - zabezpieczenie nadmiarowe silników, WS - wyłącznik szybki, SL - stycznik liniowy, SR - stycznik rozruchowy, SG - stycznik grupowy, OS - odłącznik silników, ①②③④⑤⑥ - silniki trakcyjne, RZ - opornik rozruchowy, WO - wentylator oporników rozruchowych, OW - odłącznik wentylatora oporników rozruchowych, SW - stycznik wentylatora oporników rozruchowych, PNW - zabezpieczenie nadmiarowe silnika wentylatora, PZW - zabezpieczenie zanikowo-prądowe silnika wentylatora, ZW - uziemienie WN)

Indywidualne zasilacze 110 V / 24 V zasilac będą sterowniki mikroprocesorowe i przetworniki elektroniczne oraz inne drobne odbiorniki, np. wycieraczki i spryskiwacze. Zasilanie 24 V będzie miało charakter lokalny.

Baterie akumulatorów 110 V zostaną zastąpione nowszymi, o wyższej pojemności dla zapewnienia prawidłowej pracy urządzeń przez co najmniej 3 godziny w niskich temperaturach i przy braku zasilania 110 V z przetwornicy.

Ochrona przeciwprzebieciowa w obwodach niskiego napięcia realizowana będzie elementami tłumiącymi przebiecia, a przy doborze elementów wykorzystane zostaną wyniki badań aktualnie prowadzonych przez Politechnikę Łódzką.

2.3. Obwody sterowania i diagnostyki

System sterowania lokomotywy będzie zbudowany w technice mikroprocesorowej i będzie składał się ze sterownika centralnego, dwóch sterowników kabinowych, sterownika napędu oraz sterownika systemu pneumatycznego. Do tego systemu zostaną włączone sterowniki lokalne (np. wyłącznika szybkiego, przetwornicy). Każdy pulpity maszynisty będzie wyposażony w panel operatorski (monitor z klawiaturą) do komunikacji między maszynistą a systemem. Dostęp do informacji diagnostycznych będzie zapewniony z paneli operatorskich obu kabin.

Do wykrywania poślizgu zostaną wykorzystane sygnały prędkości obrotowej każdej osi, a analiza ich wartości wykonywana będzie przez sterownik napędu.

System diagnostyczny będzie realizował następujące funkcje:

- identyfikacja awarii wyposażenia lub podzespołów, co obniży średni czas naprawy, a przez to zwiększy współczynnik gotowości technicznej lokomotywy,
- pomoc operatorom przez dostarczanie instrukcji zadań, które muszą być wykonane w stanach nietypowych lokomotywy i operacji naprawczych,
- systematyczne kompletowanie danych (np. typy uszkodzeń, czas pracy głównych aparatów), umożliwiających opracowanie zbiorów statystycznych do planowania zarządzania obsługą.

System sterowania lokomotywy będzie wykorzystywany do następujących operacji:

- uruchamiania lokomotywy (pomoc „krok po kroku” dla maszynisty),
- załączenia aparatów w zależności od kierunku jazdy,
- sterowania siłą trakcyjną (hamowania) i prędkością wg wymagań maszynisty,
- działań korygujących podejmowanych w przypadku ingerencji zabezpieczeń systemu trakcyjnego (np. temperatury silnika trakcyjnego, przepięć oraz zwarć lub przetężeń),

- nadzoru nad zasilaniem napędów pomocniczym (w tym zarządzanie logiką startu/stopu przetwornic pomocniczych),
- interaktywnego komunikowania się z monitorem na pulpicie maszynisty,
- zarządzania redundancją,
- kontroli włączenia wyłącznika głównego lub jego wyłączenia przez sterownik napędu w zależności od stanu innych urządzeń,
- pomiaru napięcia i prądu sieci,
- przetwarzania sygnałów prędkości lokomotywy,
- sekcjonowania zasilania średnim napięciem w przypadku awarii przetwornicy,
- sterowania silnikami wentylatorów chłodzących silniki trakcyjne,
- sterowania sprężarką główną,
- sterowania odbierakiem prądu,
- koordynacji współpracy systemu napędowego i hamulca elektropneumatycznego.

System logiki pojazdu oparty będzie na linii magistralnej i połączeniach przewodowych oraz na interfejsach z sygnałami logicznymi i cyfrowymi podawanymi z pulpitu, z urządzeń elektronicznych i elektromechanicznych oraz z szeregu przetworników.

Informacje będą układane w strukturę drzewa i zorganizowane w formacie okien dialogowych. Podczas normalnego funkcjonowania lokomotywy monitor będzie aktywny. Do wywoływania odpowiednich funkcji wykorzystywane będą dostępne dla personelu przyciski na obrzeżu panelu operatorskiego.

2.4. Układy biegowo

W celu zwiększenia bezpieczeństwa jazdy oraz zmniejszenia oddziaływania lokomotywy na tor zmianie ulegną układy zabudowane na wózku.

Usprężynowanie pierwszego stopnia tworzyć będą miękkie sprężyny zwojowe, po dwie przy każdej maźnicy oraz po jednym tłumiku dla tłumienia drgań pionowych. Układ ten zastąpi resory piórowe z wieszakami i wahaczami.

Prowadzenie zestawów kołowych realizowane będzie prowadnikami gumowo-metalowymi o zoptymalizowanej sztywności ze sworzniami trapezowymi.

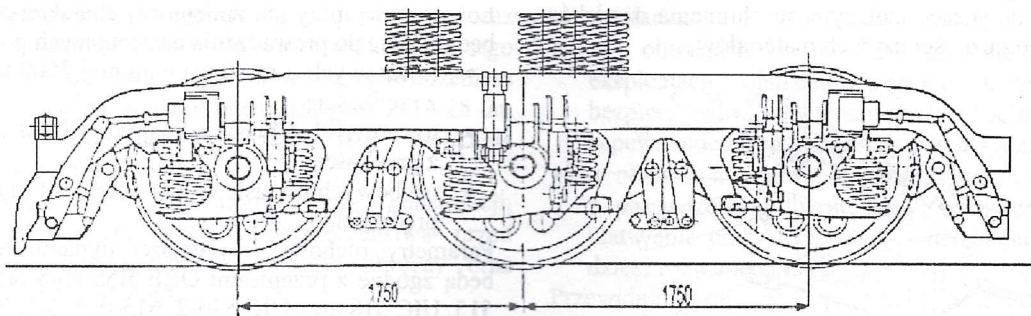
Nowe maźnice wyposażone będą w łożyska baryłkowe o podwyższonej trwałości z zabudowanymi czujnikami temperatury i prędkości.

Pudło na wózkach oparte będzie na miękkich sprężynach zwojowych typu „flexicoil” (po 5 na każdej ostojnicy) przenoszących wszystkie możliwe przemieszczenia wózka względem pudła.

Układ przeniesienia sił pociągowych z wózka na pudło tworzyć będą dotychczasowe poziome ciągiła prowadzone z przodu i tyłu wózka ponad silnikami trakcyjnymi.

Na modernizowanej lokomotywie przy skrajnych zestawach kołowych wózka będzie zamontowany układ smarowania obrzeży kół typu olejowego z zastosowaniem środka smarnego odpowiadającego wymaganiom ochrony środowiska. W lokomotywie zmodernizowanej zostanie zachowana dotychczasowa zasada napędu całkowicie odsprężynowanego, a dla zwiększenia trwałości zespołu napędowego dobrane zostaną elementy gumowo-metalowe o wysokiej wytrzymałości.

Widok ogólny wózka przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Widok zmodernizowanego wózka lokomotywy

2.5. Układy pneumatyczne i hamulec mechaniczny

Układ pneumatyczny lokomotywy składać się będzie z instalacji pneumatycznej na lokomotywie oraz kontenera pneumatycznego lokomotywy.

W skład instalacji pneumatycznej na lokomotywie wchodzić będzie orurowanie wykonane z rur nierdzewnych połączonych złączkami typu OLAB.

W skład nowo projektowanego kontenera pneumatycznego wchodzić będą:

- sprężarki główne, śrubowe z osuszaczem absorpcyjnym i filtrami oddzielania oleju,
- pomocnicza sprężarka tłokowa,
- tablica pneumatyczna hamulca,
- zbiornik główny (jego część o pojemności 500 litrów) oraz zbiorniki pomocnicze, rozrządu i sterujące.

Wydajność sumaryczna obu sprężarek śrubowych wyniesie ok. 200 m³/h przy ciśnieniu roboczym 1 MPa, a układ sterowania lokomotywy zapewni naprzemienne załączanie sprężarek głównych, dzięki czemu czas pracy sprężarek będzie jednakowy, a zużywanie ich części równomierne.

W kontenerze zabudowane będą wszystkie pneumatyczne układy zasilające, układy hamulca i układy pomocnicze.

Zastosowanie nowoczesnej tablicy pneumatycznej umożliwi mikroprocesorowe diagnozowanie hamulca, ułatwi przeprowadzenie automatycznej próby hamulca z kabiny.

Hamulec mechaniczny lokomotywy będzie typu klockowego. Zapewni wymaganą skuteczność hamowania i będzie współpracował z urządzeniem przeciwoślizgowym.

Sprężynowy hamulec postojowy zapewni utrzymanie lokomotywy na pochyleniu 45 ‰, a droga hamowania tym hamulcem z 50 km/h nie będzie dłuższa niż 400 m.

2.6. Pudło

Podstawowa konstrukcja pudła pozostaje bez zmian, jedynie wsporniki w pudle zostaną przystosowane do mocowania nowych zespołów elektrycznych i mechanicznych.

Układ drzwi wejściowych i przejściowych do przedziału maszynowego pozostanie bez zmian.

W związku z zastosowaniem nowych urządzeń wentylacyjnych oraz urządzeń w układzie elektrycznym przewiduje się wprowadzenie następujących zmian w pudle:

- modyfikację górnych (i ewentualnie bocznych) żaluzji wlotowych i wylotowych, co zapewni prawidłowy obieg i jakość powietrza dla wentylatorów silników trakcyjnych i urządzeń elektrycznych oraz sprężarek powietrza,

- zabudowę nowego typu wentylatorów silników trakcyjnych,
- dopasowanie kanałów wentylacyjnych do potrzeb przewietrzania urządzeń elektrycznych i silników trakcyjnych,
- zabudowę klimatyzatorów na dachu nad kabinami maszynisty,
- zmianę uszczelnień w drzwiach wejściowych i przejściowych,
- nową izolację ścian i dachów.

Konstrukcja pudła będzie sprawdzona obliczeniowo w zakresie wytrzymałości strukturalnej wg projektu normy PN-EN 12633.

2.7. Kabina maszynisty

Zmodernizowana kabina zapewni poprawę warunków pracy obsługi i będzie spełniała aktualne wymagania norm krajowych i międzynarodowych.

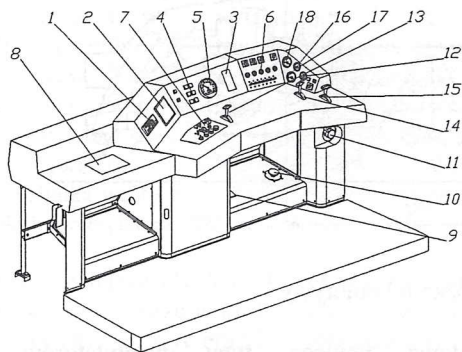
Urządzenia sterujące na pulpicie maszynisty będą zgodne z obowiązującymi normami pod względem spełnianych funkcji, usytuowania, kształtu, dostępności do urządzeń obsługowych, a konstrukcja pulpitu zapewni rozdzielenie płaszczyzny informacyjnej i wykonawczej.

Propozycję rozmieszczenia urządzeń sterujących i wskazujących na pulpicie przedstawiono na rys. 5.

W wyniku modernizacji kabina będzie wyposażona w:

- nowy pulpit o rozdzielonych płaszczyznach informacyjnych i wykonawczych,
- panel operatorski z monitorem na pulpicie, informujący o parametrach jazdy (prędkości, sile pociągowej oraz o wynikach diagnozowania układów lokomotywy),
- układ klimatyzacji,
- instalację radiotelefonu powiązaną z systemem radiostopu,
- dwa ergonomiczne fotele, zapewniające możliwość szybkiej ewakuacji,
- zasłony przeciwsłoneczne na oknach czołowych i bocznych,
- okna czołowe z szybami ogrzewanymi elektrycznie,
- elektryczne wycieraczki oraz spryskiwacze,
- okna boczne z układem nawiewnym zapobiegającym zaparowaniu szyb,
- szafkę odzieżową,
- płytę grzewczą (kuchenkę) zabudowaną na pulpicie,

- nową izolację akustyczną i termiczną spełniającą wysokie wymagania dotyczące izolacyjności tłumienia dźwięków, a także ekologiczności użytych materiałów.



Rys. 5. Rozmieszczenie urządzeń na pulpicie

(1 - radiotelefon, 2 - monitor, 3 - amperomierze, 4 - blok lampek sygnalizacyjnych, 5 - prędkościomierz, 6 - blok wyłączników, 7 - blok przycisków sterujących, 8 - płyta grzewcza (kuchenka), 9 - przycisk nożny piasecznicy, 10 - przycisk nożny CA, 11 - hamulec bezpieczeństwa, 12 - wskaźnik stanu hamulca postojowego, 13 - nastawnik jazdy, 14 - nastawnik hamulca zespolonego, 15 - nastawnik hamulca dodatkowego, 16 - manometr cylindra hamulcowego, 17 - manometr przewodu głównego, 18 - manometr zbiornika głównego)

3. PARAMETRY LOKOMOTYWY PO MODERNIZACJI

Podstawowe parametry lokomotywy po modernizacji będą następujące:

- oznaczenie producenta 201Em,
- moc lokomotywy (odniesiona do silników trakcyjnych) 3.0 MW,
- prędkość maksymalna 125 km/h,
- największe pokonywalne wzniesienie z pociągiem o masie 3200 t 6 ‰,
- minimalny promień krzywizny łuku 120 m,
- minimalny promień górki rozrządowej 300 m,
- szerokość torów 1435 mm,
- masa ≤ 118 ton,
- nacisk zestawu kołowego na tor 193 kN,
- średnica koła nowego 1250 mm,
- średnica koła średnio zużytego 1220 mm,
- średnica koła zużytego 1190 mm,

- skrajnia wg UIC – 505.
- Lokomotywy przy nie zmienionej charakterystyce trakcyjnej będą zdolne do prowadzenia następujących pociągów:
- towarowych o masie co najmniej 2500 t na profilu 0 ‰ z prędkością 97 km/h,
 - towarowych o masie co najmniej 1000 t na profilu 0 ‰ z prędkością 125 km/h,
 - osobowych o masie co najmniej 630 t na profilu 6 ‰ z prędkością 125 km/h,

Parametry ruchowe i własności dynamiczne lokomotywy będą zgodne z przepisami ORE B55 Rp8 oraz kartami UIC 515, UIC 518 oraz UIC 530-2, 615-0, 615-1, 615-4 [4].

Pozostałe podstawowe cechy lokomotywy pozostaną praktycznie niezmienione.

4. PLAN PRAC OBSŁUGOWYCH I NAPRAWCZYCH

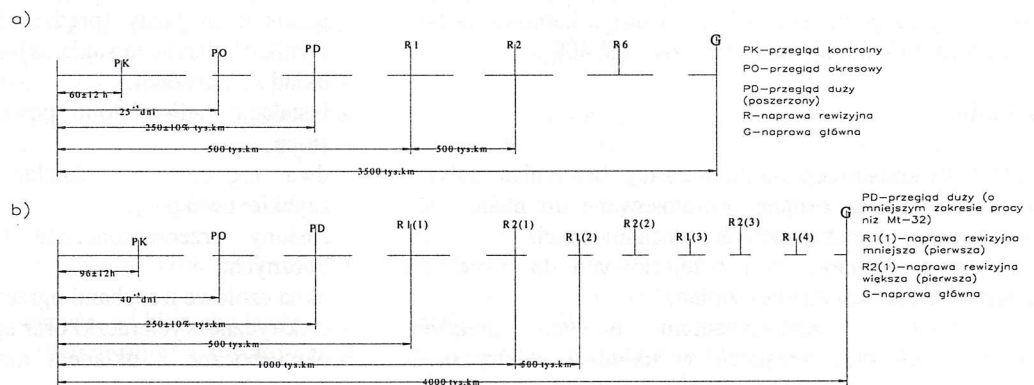
Zużywanie się zespołów, urządzeń i elementów zmodernizowanej lokomotywy w trakcie eksploatacji zależy od wielu czynników, między innymi od:

- stanu linii kolejowych oraz ciągniętych wagonów,
- wyposażenia zakładów taboru i staranności wykonywanych czynności obsługowych i przeglądowych,
- poziomu technicznego i umiejętności maszynistów oraz personelu warsztatowego,
- warunków w jakich są eksploatowane lokomotywy,
- stanu wyjściowego części i urządzeń (nowe, po naprawie, zmodernizowane).

Przewiduje się, że przebieg roczny lokomotywy wyniesie około 200.000 km. Dzięki zastosowaniu diagnostyki pokładowej i warsztatowej umożliwiającej wydruk zarejestrowanych danych charakteryzujących pracę podzespołów możliwe będzie łatwe lokalizowanie uszkodzeń i informowanie o zbliżaniu się do parametrów granicznych diagnozowanych urządzeń.

W wyniku modernizacji nastąpi wydłużenie okresów międzyprzeglądowych i międzynaprawczych, przy równoczesnym zmniejszeniu o ok. 10% łącznej pracochłonności wszystkich prac do naprawy głównej.

Ponadto, dzięki modułowej budowie i unifikacji części urządzeń możliwe będzie ograniczenie się liczby niezbędnych narzędzi i oprzyrządowania. Na rysunku 6 przedstawiono dla porównania dotychczasowy i proponowany cykl przeglądowo-naprawczy.



Rys. 6. Struktura cykli przeglądowych i naprawczych lokomotywy a) wg MT 32, b) proponowana dla zmodernizowanej ET22

5. ZAKOŃCZENIE

Zaprezentowane propozycje modernizacji lokomotywy oraz jej urządzeń i zespołów pozwolą na uzyskanie nowego jakościowo pojazdu trakcyjnego, który z powodzeniem będzie mógł być eksploatowany przez następne 20 ÷ 25 lat. W wyniku modernizacji przewiduje się uzyskanie następujących korzyści [3]:

- w układach biegowych: uproszczenie konstrukcji, poprawę spokojności biegu i bezpieczeństwa przed wykolejeniem, zwiększenie żywotności obrczy oraz poprawę komfortu obsługi,
- w układach wentylacyjnych: zapewnienie pełnego chłodzenia silników, stworzenie rezerwy wydajności (do wykorzystania po ewentualnym zwiększeniu mocy silników) oraz eliminację podciśnienia w przedziałach maszynowych,
- w kabinie maszynisty: poprawę warunków i komfortu pracy, poprawę widoczności szlaku i sygnałów,
- w układzie pneumatycznym: pełną diagnostykę układu, zwiększenie czystości powietrza w układzie pneumatycznym, uproszczenie instalacji, łatwy montaż i demontaż aparatów oraz łatwą obsługę i urządzeń,
- w układzie hamulca: duża precyzja sterowania, skuteczniejsze luzowanie i napełnianie instalacji, lepsze wykorzystanie przyczepności, zapewnienie skuteczności hamulca postojowego, zaawansowana diagnostyka oraz łatwa obsługa i kontrola układu,
- w obwodach głównych: efektywniejsze zabezpieczenie obwodów przed skutkami zwarć i przetężeń, zwiększenie żywotności urządzeń oraz zwiększenie niezawodności

silników trakcyjnych, podniesienie niezawodności działania,

- w obwodach pomocniczych: obniżenie kosztów eksploatacji, obniżenie poziomu hałasu, zwiększenie bezpieczeństwa elektrycznego w kabinie lokomotywy, zapewnienie niezawodności pracy urządzeń,
- w obwodach sterowania: uproszczenie obsługi związanej z prowadzeniem lokomotywy, uproszczenie obwodów, ułatwienie pracy maszynisty i personelu warsztatowego, dzięki rozwiniętej diagnostyce.

Przewiduje się na początek wykonanie prototypu lokomotywy, a po pozytywnych wynikach prób i badań, docelowo modernizację około 200 sztuk lokomotyw.

6. LITERATURA

- [1] Gąsowski W. Marciniak Z.: *Kierunki modernizacji taboru kolejowego. Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Transport XXI wieku”, Warszawa 2001.*
- [2] Marciniak Z.: *Propozycje modernizacyjne elektrycznych pojazdów trakcyjnych ze szczególnym uwzględnieniem taboru eksploatowanego w lokomotywni Kraków - Prokocim. Materiały Konferencji Naukowo - Technicznej, Kraków - Zembrzyce 1996.*
- [3] *Modernizacja lokomotywy ET22 - efekty modernizacji. Opracowanie niepublikowane IPS „Tabor” Poznań - OR-8422, Poznań 2002.*
- [4] *Opis techniczny zmodernizowanej lokomotywy ET22. Opracowanie niepublikowane IPS „Tabor” Poznań - OR-8421/2, Poznań 2002.*