

Zygmunt MARCINIAK
Jerzy SOBAŚ

KONSTRUKCJA UNIWERSALNEJ LOKOMOTYWY SPALINOWEJ DLA PKP

Streszczenie. W referacie zaprezentowano konstrukcję i parametry uniwersalnej lokomotywy spalinowej zaprojektowanej w OBRPS Poznań. Przedstawiono opisy głównych zespołów i układów mechanicznych i elektrycznych lokomotywy oraz zaprezentowano możliwości wykonania różnych odmian lokomotywy z wykorzystaniem tego samego nadwozia i układu biegowego oraz napędu.

DESIGN OF A UNIVERSAL DIESEL LOKOMOTIVE FOR PKP

Summary. The paper presents a structure and parameters of a universal diesel locomotive, which has been designed in the Rail Vehicles Research and Development Centre, Poznań. Shown are the descriptions of main subassemblies as well as mechanical and electrical systems of the locomotive. Also have been presented the chances for manufacturing various alternatives of this locomotive with adapting the same bodywork and ride gear as well as the same propulsion system.

1. WSTĘP

U progu XXI wieku niezbędne będzie wprowadzenie do eksploatacji na PKP nowoczesnych pojazdów trakcji spalinowej, w tym również uniwersalnych lokomotyw spalinowych. Lokomotywy te będą zastępowały w eksploatacji przestarzałe pod względem konstrukcji, drogie w utrzymaniu oraz nie spełniające nowoczesnych wymagań w zakresie oddziaływania na środowiska naturalne lokomotywy liniowe serii SP32, SP42, SP45, SU46, ST43 i ST44 oraz część lokomotyw manewrowych serii SM42, SM31 i SM48. Wychodząc naprzeciw wymaganiom PKP [3] uruchomiono w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Pojazdów Szynowych prace rozwojowe dofinansowywane częściowo przez Komitet Badań Naukowych oraz H. Cegielski Poznań mające na celu opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej i uruchomienie w przyszłości produkcji uniwersalnej lokomotywy spalinowej dla ruchu pasażerskiego i towarowego. Uniwersalna lokomotywa spalinowa będzie lokomotywą nowej generacji i charakteryzować się będzie nowoczesnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi oraz parametrami tech-

niczno-eksploatacyjnymi i ekologicznymi uzyskiwanymi w aktualnie eksploatowanych i projektowanych lokomotywach tego typu w krajach zachodnich. Do najważniejszych cech tej lokomotywy zaliczyć można:

- nowoczesny silnik spalinowy o niskim zużyciu oleju napędowego, dużej sprawności i żywotności oraz niskich wskaźnikach toksyczności spalin i dymienia,
- przekładnia elektryczna prąd przemienny - prąd przemienny złożona z prądnicy synchronicznej, prostownika o stałym napięciu, falownika o zmiennym napięciu i częstotliwości oraz silnika asynchronicznego,
- hamulec elektrodynamiczny działający w całym zakresie prędkości jazdy 0÷100 km/h,
- sterowanie napędem i hamowaniem poprzez mikrokomputer pokładowy wykorzystany ponadto do sterowania napędami urządzeń pomocniczych, zapewniający funkcje kontrolno - zabezpieczające, diagnostykę pokładową i przygotowanie lokomotywy do jazdy,
- zasilanie pociągu w energię elektryczną ogrzewania z falownika o stałym napięciu,
- napęd urządzeń pomocniczych silnikami asynchronicznymi zasilanymi poprzez falownik z obwodu głównego,
- przetwornica statyczna do zasilania urządzeń pokładowych,
- nadwozie jednokabinowe o długości nie większej niż 14,5 m, z przejściami poprzecznymi na obu końcach,
- stanowiska maszynisty z obu stron kabiny - dla każdego kierunku jazdy,
- ergonomiczna klimatyzowana kabina maszynisty,
- wysokosprawny, ciśnieniowy układ chłodzenia,
- zawieszenie nadwozia na wózkach poprzez sprężyny typu "flexicoil", elastyczne prowadzenie bezłuzowe łożysk osiowych, przeniesienie sił wzdłużnych między nadwoziem a wózkiem - pochyłymi cięgłami bez zmiany nacisków zestawów kół na szyny.

Lokomotywa spełniać będzie wymagania PKP w zakresie warunków pracy i obsługi oraz oddziaływania na środowisko naturalne. Nowoczesne zespoły i urządzenia pozwolą na użytkowanie pojazdu trakcyjnego, który z powodzeniem może być eksploatowany przez 40 lat.

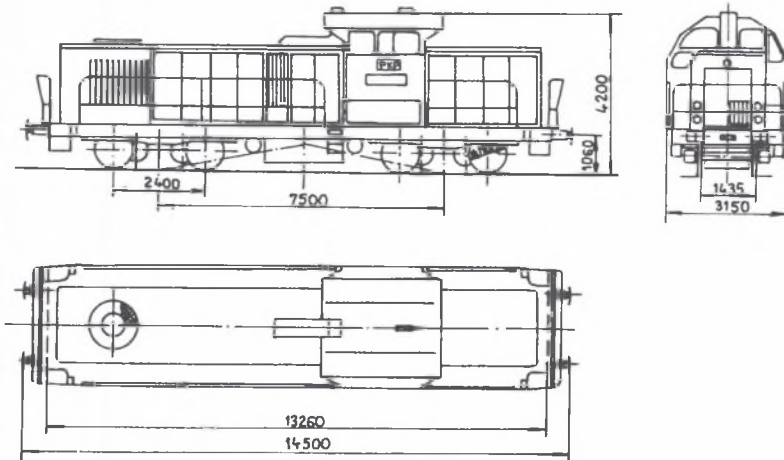
Biorąc za miarodajne analizy prowadzone w CNTK Warszawa lokomotywa uniwersalna byłaby praktycznie zdolna do obsługi ok. 92% pociągów towarowych, 85÷90% pociągów pasażerskich o masach 200÷400 ton oraz obsługi górnek rozrządowych z pociągami o masach do 2500 ton [3].

2. CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA LOKOMOTYWY

Układ osi	BoBo,
Masa całkowita	72 Mg,
Prędkość konstrukcyjna	120 km/h,
Prędkość eksploatacyjna	100 km/h,
Długość lokomotywy ze zderzakami	14,5 m,
Baza lokomotywy	7,5 m,
Baza wózka	2,4 m,
Średnica koła	1,1 m,
Moc silnika spalinowego wg UIC	ok. 1200 kW,
Moc hamowania elektrodynamicznego oporowego	ok. 1200 kW,
Napięcie pokładowe	3x380 VAC, 110 VDC i 24 VDC,
Minimalny promień krzywizny toru	100 m,

Minimalny promień górkii rozrządowej	300 m,
Warunki pracy	
temperatura otoczenia	-30++35°C,
maksymalna wysokość	1200 m nad poziomem morza,
maksymalna wilgotność powietrza	95%.

Ogólny widok i podstawowe wymiary lokomotywy przedstawiono na rys. 1, a jej charakterystykę trakcyjną na rys 2 i 3.[1].



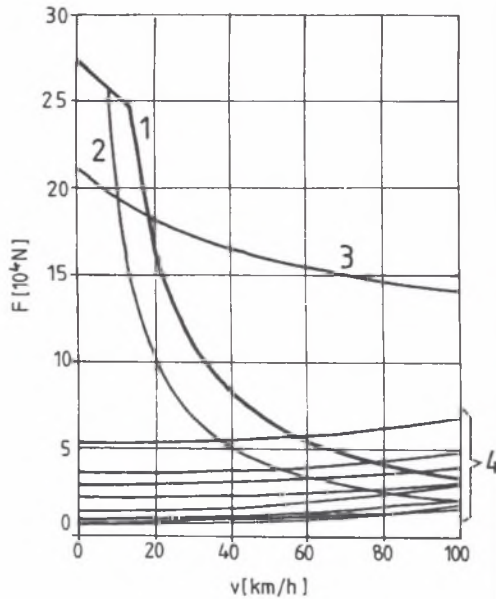
Rys.1. Widok ogólny i podstawowe wymiary lokomotywy
Fig.1. General view and principal dimensions of locomotive

Lokomotywa typu 310D przeznaczona będzie do prowadzenia pociągów[3]:

- towarowych - kursujących w relacjach stacja rozrządowa - stacja rozrządowa do przewozu ładunków masowych oraz prowadzenia pociągów zbiorowych, zdawczych oraz zdawczo - manewrowych,
- pasażerskich - w przewozach nie objętych w przyszłości wykorzystaniem autobusów szynowych,
- gospodarczych - wykonujących przewóz niektórych materiałów masowych, np.: piasek, tłuźcen itp.

W zakres zadań przewozowych dla nowej uniwersalnej lokomotywy wchodziłyby również:

- prace manewrowe związane z prowadzeniem pociągów towarowych,
- obsługa górek rozrządowych przy ciężkich pociągach towarowych.



Rys.2. Charakterystyka trakcyjna lokomotywy dla pociągów osobowych: 1-bez zasilania pociągu w energię elektryczną, 2-zasilanie pociągu w energię elektryczną mocą 400 kW, 3-przyczepność lokomotywy dla $\psi_0=0,3$, 4-opory ruchu dla pociągów o masach 210÷590 ton i pochylenia trasy 0 i 6‰
 Fig.2. Traction characteristic of locomotive for passenger trains: 1-without trains supply of electric energy, 2-with train's supply of electric energy 400 kW , adhesion force for $\psi_0=0,3$, 4- movement resistance's for trains of mass 210÷590 t and for inclination of road 0 and 6‰

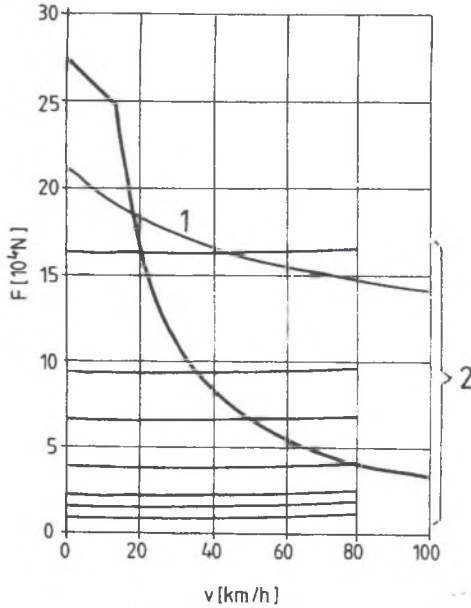
3. KONSTRUKCJA LOKOMOTYWY

3.1. Nadwozie

Lokomotywa skonstruowana została jako jednokabinowa z pomostami wzdłużnymi i czołowymi. Ostoja wykonana jest ze stali o podwyższonej wytrzymałości i odporności na korozję. Nadwozie jest izolowane za pośrednictwem nowoczesnego materiału o niskiej przewodności termicznej i akustycznej. W konstrukcji lokomotywy przewidziano modułowy układ nadwozia, w którym wyróżniono następujące moduły:

- przedział zespołu prądotwórczego (silnik spalinowy, zespół prądnic i prostowników),
- przedział układów elektrycznych,
- przedział układów chłodzących i pneumatyki,
- kabina maszynisty.

Rozmieszczenie maszyn i urządzeń w poszczególnych przedziałach przedstawiono na rys. 4.

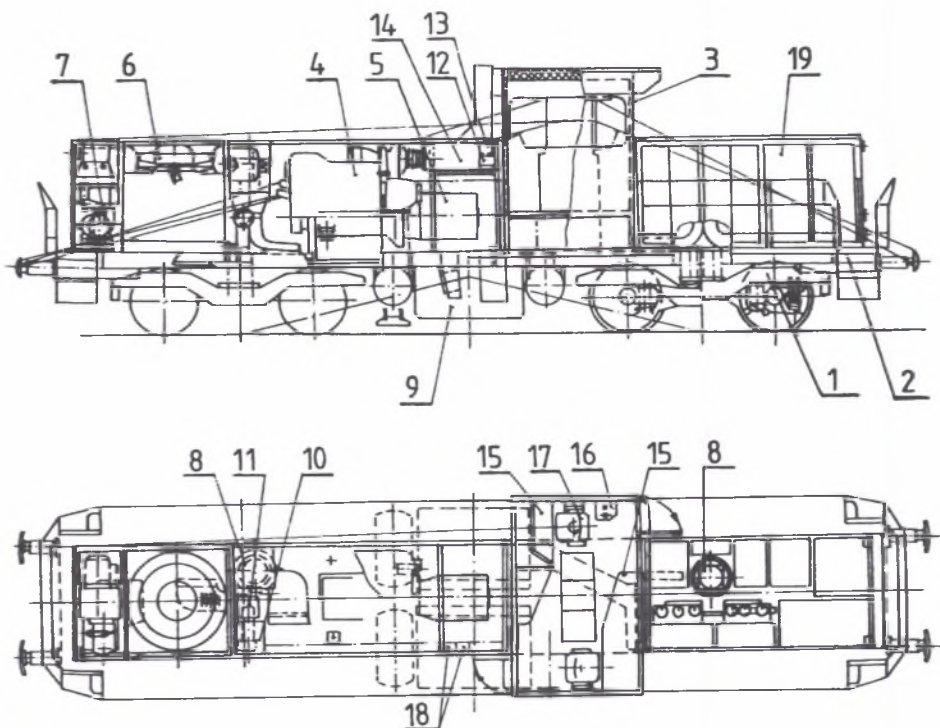


Rys.3. Charakterystyka trakcyjna lokomotywy dla pociągów towarowych: 1-przyczepność lokomotywy dla $\psi_0=0,3$, 2-opory ruchu dla pociągów o masach 420÷2040 ton i dla pochylenia trasy 0 i 6‰

Fig.3. Traction characteristic of locomotive for goods-trains: 1-adhesion force of locomotive for $\psi_0=0,3$, 2-movement resistance's for trains of mass 420÷2040 t and for inclination of road 0 and 6‰

3.2. Kabina maszynisty

Kabina maszynisty została zaprojektowana zgodnie z najnowocześniejszymi tendencjami w zakresie rozmieszczenia miejsc dla obsługi, wymiarów oraz warunków widoczności z kabiny. Układ ogólny kabiny przedstawiono na rys. 5. W kabinie rozmieszczono dwa główne stanowiska sterownicze oraz dwa pulpity pomocnicze ułatwiające obsługę przy pracach manewrowych. Fotel maszynisty ma konstrukcję ergonomiczną, obraca się w przód i do tyłu oraz wychylna w stosunku do ściany bocznej. Dodatkowo fotel po złożeniu może być wsuwany pod pulpit sterowniczy, ułatwiając w ten sposób prowadzenie jazdy w pozycji stojącej. Kabina sterownicza wyposażona jest w okna z szybami podgrzewanymi folią oraz wycieraczki i spryskiwacze o napędzie elektrycznym. Podłoga w kabinie oparta jest na elementach gumowych, tworząc tzw. "powierzchnię pływającą". Ogrzewanie kabiny zaprojektowano dwuwariantowo. W pierwszym wariantcie ogrzewanie będzie typu nawiewnego, wykorzystującego ciepło z układu wodnego silnika spalinowego. W drugim wariantcie proponowana jest zabudowa klimatyzatora, którego układ nawiewny zainstalowany został pod sufitem, natomiast jego układ sprężarkowo-skraplający w przedziale maszynowym lub pod ostoją. Dodatkowo kabina została wyposażona w płytę grzewczą, umywalkę odchyloną oraz komorę termoklimatyczną.



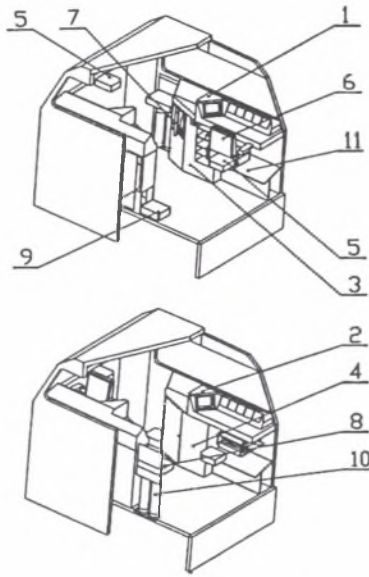
Rys.4. Rozmieszczenie urządzeń i zespołów w lokomotywie: 1-wózek, 2-ostoja, 3-kabina maszynisty, 4-silnik spalinowy, 5-prądnica synchroniczna, 6-agregat chłodzący, 7-agregat sprężarkowy, 8-wentylator silników trakcyjnych, 9-zbiornik główny paliwa, 10-zbiornik pomocniczy paliwa, 11-zbiornik oleju układu hydrostatycznego, 12-zbiornik oleju układu smarowania obrzeży kół, 13-zbiornik wody, 14-tłumik gazów wylotowych, 15-pulpit główny, 16-pulpit pomocniczy, 17-fotel maszynisty, 18-pojemniki instalacji p-poz., 19-przedział aparatury elektrycznej (przełączalnik, hamulec oporowy, układy wysoko i niskonapięciowe, układy zabezpieczenia i sterowania)

Fig.4. Disposition of arrangements and units in locomotive: 1-bogie, 2-body, 3-cabin of engine-driver, 4-Diesel engine, 5-synchronous generator, 6-cooling aggregate, 7-compressor aggregate, 8-ventilator of traction motors, 9-main reservoir of fuel, 10-auxiliary reservoir of fuel, 11-oil reservoir of hydrostatic system, 12-oil reservoir of greasy system of wheel edges, water tank, 14-outlet gas damper, 15-main desk, auxiliary desk, 17-driver's seat, 18-fire installation containers, 19-electric apparatus compartment (transducer, resistance bremse, height and low tension systems of security and control)

3.3. Wózek i napęd

W lokomotywie przewiduje się zastosowanie wózka dwuosowego o bazie 2400 mm, którego projekt oparto na konstrukcji wózka dla elektrycznej lokomotywy manewrowej EM10. Wózek ten posiadać będzie:

- koła z obręczami ulepszonymi i łożyska walcowe,



Rys.5. Widok kabiny maszynisty: 1-konsola pulpitu przednia, 2-konsola pulpitu tylna, 3-pulpit dolny przedni, 4-pulpit dolny tylny, 5-pulpit pomocniczy, 6-fotel maszynisty, 7-łódzka, 8-umywalka, 9-kuchenka elektryczna, 10-gaśnica, 11-podnózek

Fig.5. View of driver's cabin: 1-front console of desk, 2-back console of desk, 3-front low desk, 4-back low desk, 5-auxiliary desk, 6-driver's seat, 7-refrigerator, 8-wash basin, 9-electric cooker, 10-fire-extinguisher, 11-footstool

- prowadzenie łożysk za pośrednictwem przewodników z elementami gumowo-metalowymi,
- sprężyny śrubowe w pierwszym stopniu usprężynowania oraz wysokogabarytowe sprężyny śrubowe (układ flexicoil) w oparciu nadwozia na wózku,
- jedno pochylone cięgło połączone przegubowo z ramą wózka i przenoszące teoretycznie siłę pociągową na poziome główki szyny, realizując w ten sposób maksymalne wykorzystanie ciężaru napędowego,
- smarowanie obrzeży kół obu zestawów kołowych.

Przeniesienie napędu z silnika trakcyjnego na zestaw kołowy odbywać się będzie za pośrednictwem przekładni jednostopniowej o przełożeniu około 4,44. Duże koło zębate będzie wykonane z wieńcem odsprężynowanym za pomocą tulei gumowo-metalowych. Silnik trakcyjny asynchroniczny o mocy maksymalnej 270 kW będzie zawieszony elastycznie na ramie wózka oraz ułożyskowany łożyskami tocznymi na osi zestawu kołowego.

3.4. Układ hamulca

Lokomotywa wyposażona będzie w następujące układy hamulcowe:

- hamulce elektrodynamiczny oporowy,
- hamulec pneumatyczny zespolony (samoczynny),
- hamulec pneumatyczny dodatkowy,
- hamulec postojowy.

Hamowanie realizowane będzie za pośrednictwem hamulca klockowego sterowanego pneumatycznie oraz hamulca oporowego będącego hamulcem podstawowym. Wszystkie podstawowe urządzenia wchodzące w skład układu hamowania, tzn. aparatura elektropneumatyczna i pneumatyczna, zabudowane zostały na jednej specjalnej tablicy.

Sterowanie hamowaniem odbywać się będzie za pośrednictwem sterowników elektrycznych zabudowanych w pulpicie maszynisty.

Hamulec klockowy z klockami dwuwstawkowymi działać będzie na wszystkie koła. Hamulec postojowy, typu sprężynowego, będzie mógł zatrzymać lokomotywę na spadku 45‰.

3.5. Zespół prądowórczy

W lokomotywie zaproponowano najnowocześniejszy zespół prądowórczy składający się z silnika spalinowego firmy MTU oraz prądnicy synchronicznej z prostownikiem.

Silnik spalinowy serii 12V4000R10 o maksymalnej mocy 1360 kW i obrotach 1800 1/min. charakteryzuje się niskim zużyciem oleju napędowego, wysoką trwałością oraz spełnia wysokie wymagania w zakresie toksyczności gazów wydechowych.

Prądnica główna jest synchroniczna i bezszczotkowa o klasie izolacji H i własnym przewietrzaniu. Proponuje się zastosowanie prądnicy typu LSG-1200-90 produkcji Dolmel-Drives Ltd lub prądnicy typu WGxy 450 firmy ABB. Obie prądnice posiadają wzbudnicę bezszczotkową i współpracują z diodowym mostkiem prostowniczym oraz przystosowane są do układu regulacji zapewniającego optymalne zużycie oleju napędowego. Silnik spalinowy połączony jest z prądnicą za pośrednictwem kołnierza, a cały zespół prądowórczy posadowiony jest przy użyciu elementów elastycznych na ramie montażowej[2].

3.6. Obwód główny i pomocniczy

W skład obwodu głównego lokomotywy wchodzi – zespół prądnic, prostownik, falowniki oraz silniki trakcyjne. Przyjęto dwa falowniki zabudowane na bazie tyrystorów GTO jako rozwiązanie najprostsze i najtańsze dla tego typu lokomotyw. W skład obwodu wchodzić będą również chopper hamowania oraz przekształtnik ogrzewania pociągu o mocy około 400 kW. Zapewni to eksploatację 8-wagonowego składu pociągu pasażerskiego.

Źródłem zasilania obwodów pomocniczych będzie przetwornica statyczna zasilana z prostownika prądnicy głównej. Wszystkie napędy pomocnicze (z wyjątkiem rozrusznika silnika spalinowego) zasilane będą prądem o napięciu 3x380 V, 50 Hz. Układy sterowania oraz oświetlenia i drobne odbiorniki zasilane będą prądem stałym o napięciu 110 (24)V.

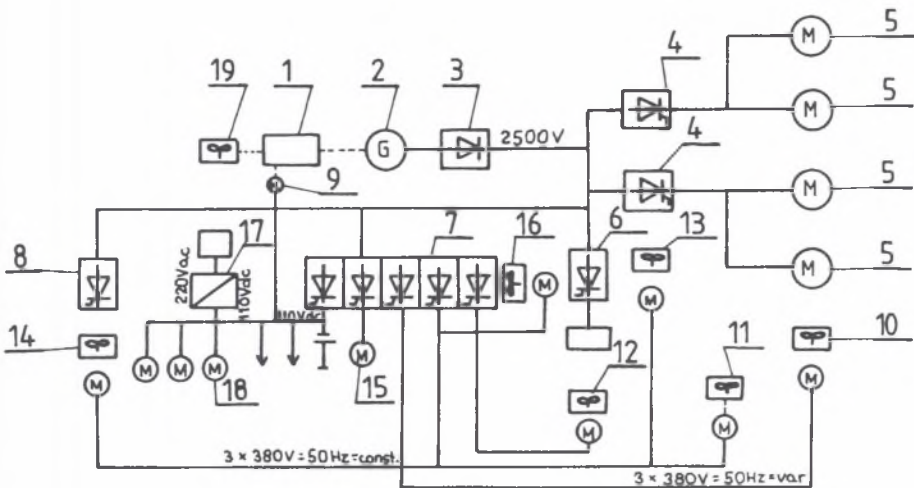
Schemat ideowy obwodu głównego i pomocniczego lokomotywy przedstawiono na rys. 6.

3.7. Układ sterowania

Układ sterowania lokomotywy oparty został na zastosowaniu sterownika z układem 16-bitowego mikrokomputera pokładowego. Przewiduje się zastosowanie sterownika Micas lub Sibas.

W skład układu sterowania wchodzi następujące bloki funkcjonalne:

- zespół nastawników pulpituowych,
- zespół łączników pulpituowych,
- układy zabezpieczeń i sygnalizacji,
- układ sterowania silnikiem spalinowym,
- układ sterowania napędem,



Rys.6. Schemat ideowy obwodu głównego i pomocniczego: 1-silnik spalinowy, 2-prądnica synchroniczna, 3-prostownik, 4-falownik, 5-silnik trakcyjny, 6-chopper hamowania, 7-przetwornica pomocnicza, 8-chopper ogrzewania, 9-rozrusznik, 10-napęd wentylatora silników trakcyjnych, 11-napęd wentylatora nagrzewnicy, 12-napęd wentylatora opornicy hamowania, 13-napęd wentylatorów falowników, 14-napęd wentylatora choppera ogrzewania, 15-agregat sprężarkowy, 16-napęd wentylatora przetwornicy pomocniczej, 17-zasilacz 220VAC/110VDC, 18-odbiorniki małej mocy (pompy, sterowanie, oświetlenie, bateria akumulatorów), 19-wentylator z napędem hydraulicznym

Fig.6. Ideal scheme of main circuit and auxiliary circuit: 1-Diesel engine, 2-synchronous generator, 3-rectifier, 4-wave-maker, 5-traction motor, 6-bremse chopper, 7-auxiliary transducer, 8-heating chopper, 9-starter, 10-ventilator's drive of traction engines, 11-ventilator's drive of heater, 12-ventilator's drive of bremse resistance, 13-ventilator's drive of wave-makers, 14-ventilator's drive of heating chopper, 15-compressor aggregate, 16-ventilator's drive of auxiliary transducer, 17-supply system 220VAC/110VDC, 18-small power receivers (pumps, control, lighting, accumulator battery), 19-ventilator with hydraulic drive

- układ sterowania hamulcem,
- układy sterowania napędami pomocniczymi i obwodami dodatkowymi,
- układ sterowania przekształtnikiem ogrzewania pociągu,
- układ diagnostyki.

Struktura systemu sterowania będzie podobna do zastosowanej w przyjętych i sprawdzonych układach sterowania nowoczesnych pojazdów z napędem asynchronicznym.

Lokomotywa będzie przystosowana do sterowania radiowego.

Układ diagnostyki jako część składowa układu sterowania przewidziany jest do przeprowadzenia testu sprawdzającego przed rozpoczęciem jazdy, jak również diagnozowania stanu podstawowych urządzeń i zespołów lokomotywy i sygnalizowania zakłóceń (usterek) następujących w czasie ich pracy oraz podania instrukcji postępowania dla maszynisty w przypadkach awaryjnych. Wszystkie ważniejsze parametry pracy urządzeń i zespołów będą zapamiętywane i możliwe do odczytu za pośrednictwem osobistego komputera.

4. PROPOZYCJE INNYCH ODMIAN LOKOMOTYW

Zaprezentowany schematowy opis dotyczy konstrukcji lokomotywy podstawowej o mocy 1200 kW umożliwiającej prowadzenie pociągów pasażerskich i towarowych z prędkościami do 100 km/h oraz prowadzenia ciężkich prac manewrowych. Podstawowa struktura lokomotywy, tj. układ biegowy, napęd i konstrukcja nadwozia, może być wykorzystana przy tworzeniu następujących odmian lokomotywy:

- lokomotywa pociągowa o mocy 600 kW w układzie osi Bo-Bo z przeznaczeniem prowadzenia pociągów towarowych i prac manewrowych,
- lokomotywa pociągowa o mocy 2x600 kW (dwa zespoły prądotwórcze) dla tych samych zadań co lokomotywa uniwersalna o mocy 1200 kW,
- lokomotywa hybrydowa o mocy 600 kW przy zasilaniu z silnika spalinowego i około 100 kW przy bezpośrednim zasilaniu z sieci trakcyjnej. Lokomotywa ta tyłaby przeznaczona do prowadzenia pociągów towarowych na liniach zelektryfikowanych oraz obsługi zelektryfikowanych górnek rozrządowych.

Ujednoczenie parku lokomotyw spalinowych dzięki zastosowaniu tego samego układu napędu, części biegowej oraz konstrukcji nadwozia może przynieść również w przyszłości duże efekty ekonomiczne[4].

5. ZAKOŃCZENIE

Wprowadzenie nowoczesnych uniwersalnych lokomotyw spalinowych do eksploatacji da wymierne korzyści, z których najważniejsze to:

- zmniejszenie zużycia oleju napędowego o około 15%,
- 3-krotne zmniejszenie środków smarnych,
- wydłużenie przebiegów międzynaprawczych i międzyprzetoczeniowych,
- poprawa warunków pracy maszynistów oraz łatwość obsługi,
- obniżenie kosztów utrzymania i napraw,
- zmniejszenie do minimum zawartości substancji szkodliwych w gazach spalinowych i zadymienia,
- stopniowe eliminowanie z eksploatacji przestarzałych lokomotyw 7 typów.

Zgodnie z deklaracjami PKP zapotrzebowanie na ten rodzaj lokomotyw wyniesie w latach 2000÷2015 około 460 sztuk, a podstawowym wymaganiem jest również, by dostawy lokomotyw były realizowane przez przemysł krajowy.

LITERATURA

1. Marciniak Z.: Założenia konstrukcyjne uniwersalnej lokomotywy spalinowej 310D-0001 o mocy 1200 kW. Opracowanie OBRPS-Poznań nr 310D-0001, 1997.
2. Sobaś J.: Uniwersalna lokomotywa spalinowa 310D o mocy 1200 kW. Opracowanie OBRPS-Poznań nr 310D 0032, 1996/1997.
3. Stradomski M., + zespół: Wymagania dla nowoczesnej jednokabinowej lokomotywy spalinowej. Praca CNTK, nr 4065/21, 1994.
4. Wolfram T.: Zagadnienie unowocześnienia parku pojazdów trakcji spalinowej. Materiały XII Konferencji Naukowej „Pojazdy Szynowe '96”, Poznań – Rydzyna 21-24.10.1996, t. 2 s. 309-316.

Recenzent: Prof.zw.dr hab.inż. Włodzimierz Gąsowski

Abstract

The paper is destined to the description of a universal diesel locomotive, of which principal construction has been worked out in the Rail Vehicles Research and Development Centre in Poznań, as a realisation of the purposeful project on the base of the means of Scientific Research Committee and firm H. Cegielski Poznań. The description concerns the Bo-Bo axle system locomotive of power 1200 kW and of maximal exploitation speed 100 km/h destined for the traction of passenger and goods- trains as well as for heavy manoeuvre works. Have been presented the descriptions of main assemblies and systems of the locomotive as well as her principal parameters.

An end of the paper has been presented the locomotive (smaller power, two engine system, hybrid system) on the base the same drive system, running part and construction of body and also has been described the advantages due to the application of the universal diesel locomotive in the exploitation.