

Zygmunt Marciniak, Zbigniew Durzyński

# Projekt modernizacji lokomotyw spalinowych serii ST44

**Postępujący proces integracji europejskiej oraz wymagania konkurencyjności w stosunku do innych gałęzi transportu, zwłaszcza samochodowego zmusza krajowych przewoźników kolejowych (skupionych w PKP i prywatnych) z jednej strony do zakupu nowoczesnego taboru, z drugiej natomiast do realizacji racjonalnego programu modernizacji taboru już posiadanego i eksploatowanego. Modernizacja staje się również najszybszą i ekonomicznie uzasadnioną metodą przywrócenia równowagi między posiadanym a wymaganym poziomem technicznym taboru, w tym lokomotyw.**

Zasadniczymi celami modernizacji taboru jest poprawa jego własności skierowana głównie na:

- zmniejszenie niekorzystnego oddziaływania na środowisko naturalne,
- zmniejszenie (oszczędność) zużycia energii,
- podniesienie parametrów technicznych i sprawności oraz gotowości technicznej do wykonywania zadań przewozowych,
- ograniczenie kosztów eksploatacji, przeglądów i napraw,
- podniesienie komfortu i bezpieczeństwa pracy obsługi.

Na możliwość i koszt modernizacji wpływa w dużym stopniu wybór pojazdu, a głównym czynnikiem będzie długość okresu użytkowania, który pojazd ma jeszcze przed sobą.

Wśród wielu pojazdów szynowych przeznaczonych do modernizacji znamienne miejsce zajmują lokomotywy spalinowe. Zgodnie z wydanym przez PKP dokumentem *Polityka Taborowa PKP na lata 1999–2010*, do modernizacji zakwalifikowano między innymi około 100 szt. spalinowych lokomotyw serii ST44 do ruchu towarowego.

Należy zaznaczyć, że jeszcze w 1998 r. było eksploatowanych przez PKP Cargo około 685 sztuk tych lokomotyw, a przez Linie Hutniczą Szerokotorową (LHS) około 100 szt. Obecnie można mówić o około 100 sztukach lokomotyw będących w posiadaniu PKP Cargo i około 60 szt. będących w posiadaniu PKP LHS. Do tych wielkości należałoby dodać coraz większą liczbę lokomotyw serii ST44 (oznaczenie radzieckie M62, niemieckie V200), sprowadzonych przez prywatnych przewoźników (np.: Lotos, PCC Szczakowa, POL MIEDŹ-TRANS, CTL itd..) z Niemiec oraz krajów nadbałtyckich i poddawanych tzw. polonizacji przez krajowe zakłady naprawcze taboru kolejowego.

Dalsza część artykułu poświęcona będzie przede wszystkim projektowi modernizacji lokomotywy ST44 dla Linii Hutniczo-Szerokotorowej (tor 1520 mm), realizowanej wspólnie przez Instytut Pojazdów Szynowych „Tabor” w Poznaniu i Fabrykę Maszyn Budowlanych i Lokomotyw Bumar-Fablok S.A. Chrzanów.

Zakres modernizacji tych lokomotyw wynikał przede wszystkim z wytycznych techniczno-eksploatacyjnych do ogłoszonego przez PKP – Linia Hutnicza Szerokotorowa przetargu na moderni-

zację dwóch sztuk lokomotyw spalinowych serii ST44 do ruchu towarowego.

Opracowana koncepcja modernizacji tych lokomotyw, zgodna z oczekiwaniami użytkownika, obejmowała:

- wymianę silnika spalinowego,
- wymianę prądnicy głównej,
- zastosowanie nowoczesnego układu podgrzewania silnika,
- wprowadzenie nowoczesnych mikroprocesorowych układów sterowania zespołami i lokomotywą,
- zmianę w części układu pneumatycznego i układu hamulca,
- modernizację w większości elektrycznego obwodu głównego lokomotywy i w całości obwodu pomocniczego,
- wprowadzenie obwodu diagnostyki pokładowej i stacjonarnej,
- wprowadzenie nowych układów napędu urządzeń pomocniczych takich jak sprężarka, wentylatory silników trakcyjnych, wentylator chłodnic,
- pełną modernizację kabin sterowniczych,
- zastosowanie nowego układu zabezpieczenia przeciwpożarowego.

Niezależnie od przedstawionego ogólnego zakresu modernizacji głównych układów i zespołów lokomotywy została wyposażona ponadto w szereg nowych urządzeń i układów między innymi takich jak oświetlenie zewnętrzne i wewnętrzne, układy bezpieczeństwa ruchu, zmodyfikowane zbiorniki oleju napędowego, nową kolorystykę zewnętrzną i wewnętrzną itd.

W dalszej części artykułu przedstawiono projekt modernizacji poszczególnych układów mechanicznych i elektrycznych lokomotywy, które powinny zagwarantować spełnienie wysokich wymagań przyszłego użytkownika.

## Parametry techniczne i charakterystyka trakcyjna lokomotywy

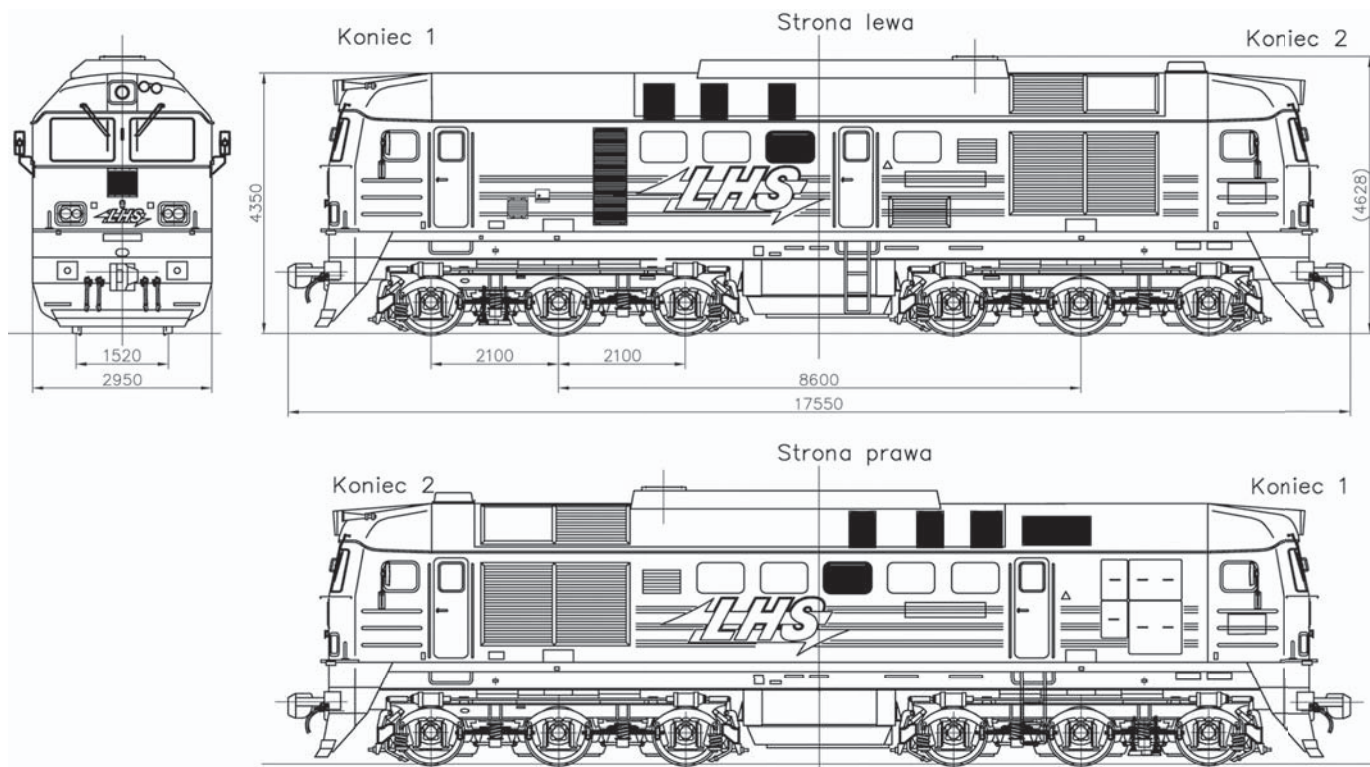
Zmodernizowana spalinowa lokomotywa serii ST44 przeznaczona będzie do prowadzenia pociągów towarowych na liniach szerokotorowych o szerokości 1520 mm.

Ogólny widok zmodernizowanej lokomotywy wraz z podstawowymi wymiarami przedstawiono na rysunku 1, a jej charakterystykę trakcyjną na rysunku 2.

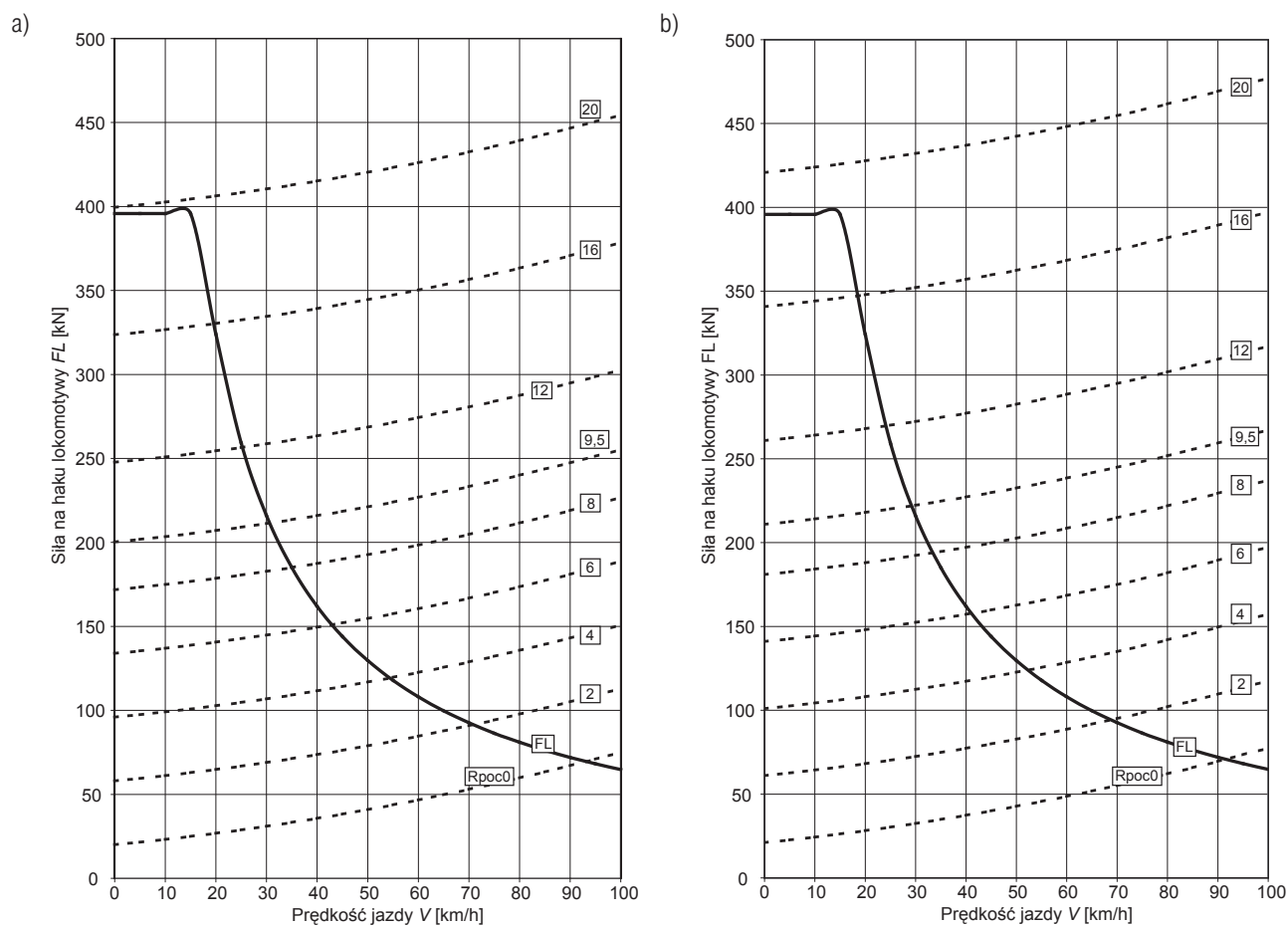
Podstawowe przewidywane parametry lokomotywy po modernizacji przedstawiono w tablicy 1, a jej głównych układów i zespołów w tablicy 2.

Zmodernizowana lokomotywa ST44 z przekładnią elektryczną jest lokomotywą dwukabinową. Do każdej kabiny prowadzą bezpośrednio jedne drzwi zewnętrzne usytuowane po stronie pomocnika maszynisty.

Nadwozie lokomotywy składa się z ostoi stanowiącej główny element nośny, dwóch kabin maszynisty oraz części środkowej pudła (ściany boczne przedziału silnikowego, dach ruchomy nad przedziałem silnikowym, przedział chłodzenia z dachem, prze-



Rys. 1. Widok i podstawowe wymiary lokomotywy po modernizacji



Rys. 2. Obliczeniowe charakterystyki trakcyjne lokomotywy po modernizacji  
a - na wzniesieniu z pociągiem o masie 1900 t, b - na wzniesieniu z pociągiem o masie 2000 t

Tablica 1

## Parametry ogólne lokomotywy

Przeznaczenie	prowadzenie pociągów towarowych na Linii Hutniczej Szerokotorowej
Maksymalna prędkość	100 km/h
Układ osi	C0-C0
Szerokość toru	1520 mm
Skrajnia kinematyczna pudła	w UIC 505-1
Moc silnika spalinowego: w temp. +25°C – 700 m n.p.m	2240 kW
Masa z pełnymi zapasami	120+0% Mg
Maksymalny nacisk osi na szynę	200+0% kN
Średnica toczna nowych kół	1050 mm
Przekładnia mocy	elektryczna prąd przemienny–prąd stały
Największa siła pociągowa przy rozruchu	około 400 kN
Siła pociągowa przy pracy ciągłej	320 kN
Moc na obwodzie kół	1800 kW
Najmniejszy promień łuku toru	100 m
Najmniejszy promień grzbietu i niecki toru	300 m
Warunki pracy eksploatacyjny zakres temperatur otoczenia	–30°C + 40°C
największa wysokość nad poziomem morza	1200 m
maksymalna wilgotność względna powietrza	95% (niezawodna praca lokomotywy w warunkach ostrej zimy przy obfitych opadach śniegu)
Poziom hałasu zewnętrznego	zgodnie z PN-92/K-11000
Syreny dźwiękowe	wg PN-91/K-88100 i karty UIC 644
Zapasy piasku	min 720 kg
Charakterystyka obciążeń	prędkość 24 km/h przy prowadzeniu pociągu o masie brutto 1900 t na wzniesieniu 12‰
Największe wzniesienie, na którym lokomotywa powinna ruszyć z pociągiem	pociąg brutto 2000 t na wzniesieniu 9,5‰
Jednostkowe opory ruchu lokomotywy	jak przed modernizacją
Trakcja wielokrotna	możliwa praca w trakcji wielokrotnej

Tablica 2

## Parametry głównych zespołów i układów lokomotywy

<b>Silnik spalinowy</b>	
Typ	CAT 3516B HD-SC
Producent	CATERPILLAR
Moc znamionowa	2240 kW (3000 KM)
Obroty znamionowe	1800 obr/min
Obroty biegu jałowego	650 obr/min
Ilość i układ cylindrów	16 w układzie V600
Średnica cylindra	170 mm
Skok tłoka	215 mm
Całkowita pojemność silnika	78 dm <sup>3</sup>
Stożek sprężenia	15,5:1
Rozruch silnika	elektryczny
Maksymalne zużycie jednostkowe oleju napędowego przy mocy nominalnej	202 g/kWh
Zużycie oleju napędowego na biegu jałowym	6 ÷ 12,45 kg/h
Olej napędowy	zgodny z PN-EN 590:1999, z ograniczoną możliwością stosowania dodatków biokomponentów
Zużycie oleju smarnego	<0,5% maks. zużycia oleju napędow.
Emisja substancji szkodliwych	ERRI 2003 (UIC II)
Czas pracy do rewizji układu tłokowo-korbowego silnika	20 tys. godz.
Czas pracy do naprawy głównej silnika	40 tys. godz.
Masa silnika	7 720 kg

c.d. tablica 2

Masa jednostkowa	3,45 kg/kW
Regulator pracy silnika	elektryczny
<b>Układ chłodzenia</b>	
Ciecz chłodząca	mieszanka woda+glikol lub woda+olej emulsyjny
Sposób regulacji	termostatem elektronicznym (regulacja obrotów wentylatora)
Liczba sekcji wodnych/olejowych	19/1
Napęd wentylatora	hydrostatyczny
Rodzaj wentylatora	osiowy 8-łopatkowy
Średnica wirnika wentylatora	1600 mm

### Napęd hydrostatyczny wentylatora chłodnic

Typ	H1V108SL2SEM1 24V DC 0-160M NBR Samhydraulik
<b>Pompa</b>	
Ciśnienie maksymalne	35 MPa
Moc maksymalna	~ 95 kW
Maksymalna prędkość obrotowa	2600 obr/min
Wydatek maksymalny	107,5 cm <sup>3</sup> /obr
Masa	55 kg
<b>Silnik</b>	
Typ	H1C108SVM2RMNBRVCD/M Samhydraulik
Ciśnienie maksymalne	35 MPa
Moc maksymalna	~ 95 kW
Maksymalna prędkość obrotowa	3000 obr/min
Wydatek maksymalny	107,5 cm <sup>3</sup> /obr
Masa	45 kg

### Układ hamulca

Rodzaj hamulca mechanicznego	klockowy
Zawór rozrządczy	H1E03N (Oerlikon Est4f z ogranicznikiem ciśnienia OF100) BUMAR FABLOK
Tablica pneumatyczna	45ZL 90 IPS TABOR
Droga hamowania i masa hamująca (dla nastawienia G i P)	jak przed modernizacją
Agregat sprężarkowy	CT 12B EAA GARDNER DENWER
Wydatek sprężarki	300 m <sup>3</sup> /godz
Nominalne ciśnienie tłokowe	1,05 MPa
Maksymalne ciśnienie tłoczenia	1,2 MPa
Silnik napędu sprężarki	37 kW, 3×400 V AC, 50 Hz
Ilość hamowanych osi	6
Liczba cylindrów hamulcowych	8 (po 4 na wózku)
Hamulec postojowy	sprężynowy
Największe pochylenie, na którym hamulec postojowy utrzyma lokomotywę	45‰
Średnica cylindra hamulca	9"

### Maszyny i urządzenia elektryczne

<b>Prądnica główna i prostownik główny</b>	
Rodzaj prądnicy	synchroniczna
Rodzaj prostownika	niesterowany 6-pulsowy mostek prostowniczy zintegrowany konstrukcyjnie z prądnicą główną
Moc znamionowa na zaciskach prądnicy	1980 kW przy 1800 obr./min
Zakres obrotów	650÷1800 obr./min
Sprawność z prostownikiem	ok. 95% przy 1800 obr./min i mocy znamionowej
Rodzaj pracy	S1
Klasa izolacji	H
Producent	LECHMOTOREN
Prąd wyjściowy	4320A
Prąd maksymalny	6600A
Napięcie wyjściowe	463V DC

cd. tabl. 2

<b>Prądnica główna i prostownik główny</b>	
Napięcie maksymalne	750V DC
Rodzaj budowy	IM B3/B5
Stopień ochrony	IP23 W
Rodzaj chłodzenia	własne, powietrzne
Temperatura otoczenia	-30 ÷ +49°C
Wysokość n.p.m. przy temp. maks. 40°C	1400 m
<b>Silnik trakcyjny</b>	
Liczba silników trakcyjnych	6
Typ	ED-118A
Prąd nominalny	720 A
Prąd maksymalny	1100 A
<b>Prądnica pomocnicza</b>	
Producent	LECHMOTOREN
Moc	ok. 100 kW
Rodzaj	synchroniczna
Klasa izolacji	F/H
Zakres obrotów	650 ÷ 1800 obr./min
Napięcie wyjściowe	530 V AC
Rodzaj budowy	IM B3/B5
Rodzaj pracy	S1
Temperatura otoczenia	-30 ÷ +49°C
Wysokość n.p.m. przy temp. maks. 40°C	1400 m
<b>Bateria akumulatorów</b>	
Typ baterii	SRX 2200P
Dostawca	SAFT Alcatel Polska S.A.
Liczba baterii	2
Liczba ogniw w jednej baterii	18
Napięcie znamionowe baterii	24V
Pojemność znamionowa jednej baterii	220 Ah
Masa jednej baterii	210 kg
<b>12</b>	
Liczba wentylatorów silników trakcyjnych 2	
Typ silnika	Sg 160M-2B
Dostawca	CELMA S.A. Cieszyn
Napięcie znamionowe	3x400V AC
Prąd znamionowy przy 400V	26,5A
Częstotliwość	50Hz
Krotność prądu rozruchowego do znamionowego	6,2
Prędkość obrotowa znamionowa	3000 (2920) obr/min
Forma wykonania	IM 1001
Stopień ochrony	IP55
Masa silnika	110 kg

dział elektryczny z dachem) i opiera się na dwóch wózkach trójosiowych.

W każdej kabinie maszynisty znajduje się ergonomiczny pulpit z zabudowanymi nowoczesnymi aparatami i urządzeniami do prowadzenia jazdy i kontroli parametrów poszczególnych zespołów i urządzeń.

W przedziale silnikowym umiejscowiono główny zespół prądotwórczy (silnik spalinowy + zespół prądnic) pomocniczy agregat prądotwórczy (silnik spalinowy + prądnica i szafa sterująca), wentylatory silników trakcyjnych, agregat sprężarkowy ze sprężarką śrubową, podgrzewacz silnika spalinowego, filtry powietrza, tłumik wylotu spalin, zbiorniki oleju hydraulicznego i wyrównawczy oraz stałe urządzenie gaszące.

W przedziale chłodzenia znajdują się chłodnice płaszcza silnika spalinowego, powietrza doładowania i oleju hydraulicznego, zespół żaluzji, wentylator główny z silnikiem hydraulicznym oraz zespół baterii akumulatorów.

Przedział elektryczny oddzielony od przedziału maszynowego drzwiami wewnętrznymi, posiada szafy elektryczne obwodów wysokonapięciowych i niskonapięciowych oraz aparaturę hamulcową (tablica pneumatyczna, zbiorniki rozrządu).

Rozmieszczenie maszyn i urządzeń w lokomotywie przedstawiono na rysunku 3.

## Ogólny opis zmodernizowanych układów i zespołów lokomotywy

### Zespół prądotwórczy

Zespół prądotwórczy, przedstawiony na rysunku 4, tworzą następujące maszyny i urządzenia:

- silnik spalinowy typu 3516B-HD-SC firmy Caterpillar,
- prądnica główna synchroniczna,
- prądnica pomocnicza,
- prostownik główny,
- sprzęgło elastyczne łączące prądnicę główną z silnikiem spalinowym.

Wszystkie wymienione maszyny i urządzenia zabudowano na wspólnej ramie, mocowanej następnie do ostoi lokomotywy w sposób umożliwiający łatwy montaż i demontaż.

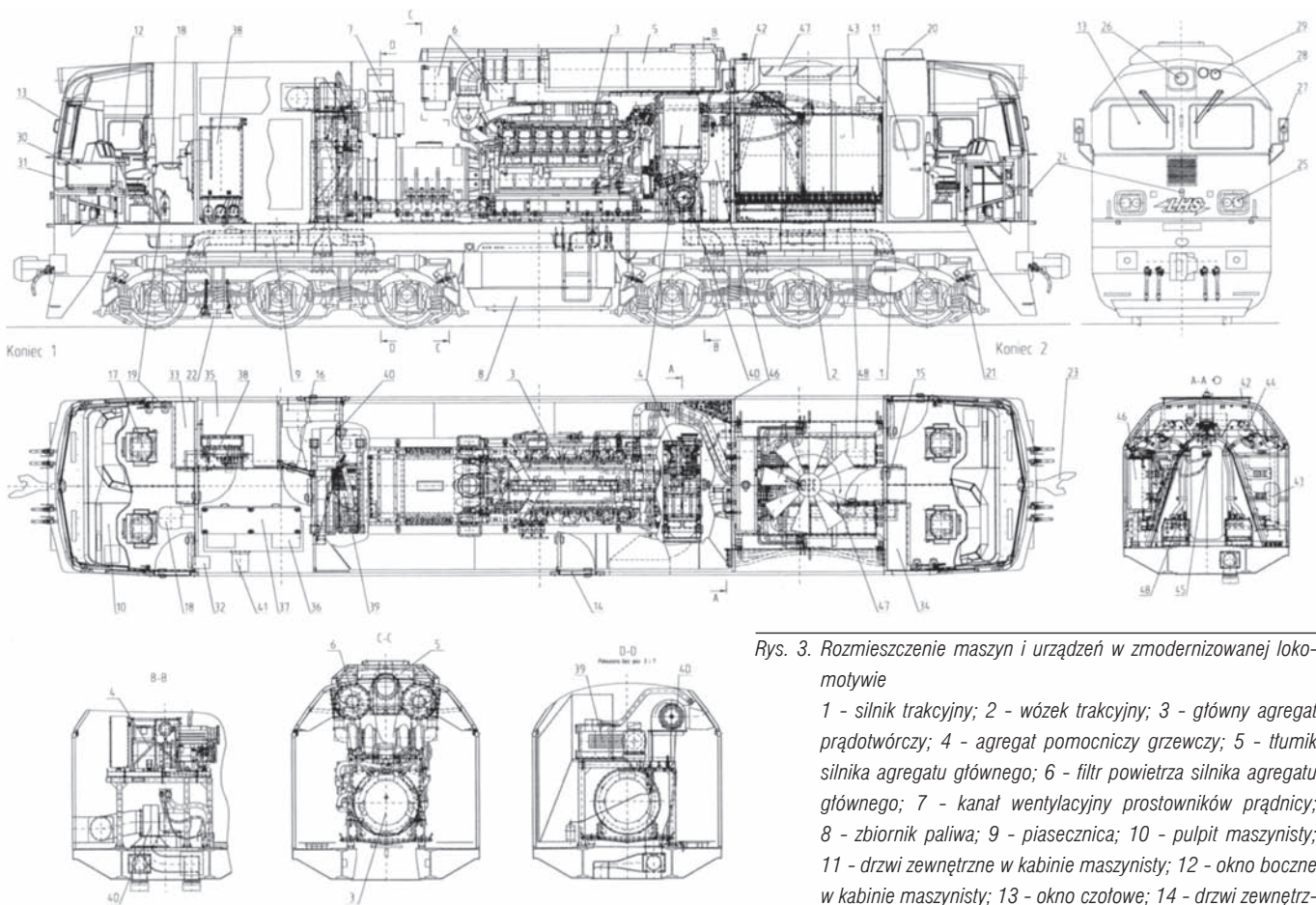
Silnik spalinowy typu 3516B HD o mocy 2240 kW (3000 KM) produkcji firmy Cat-Zeppelin jest silnikiem nowoczesnym o wysokiej niezawodności, spełniającym podstawowe wymagania takie jak: duża niezawodność, małe zużycie oleju napędowego i oleju smarowego w stosunkowo szerokim zakresie mocy oraz mała zawartość składników toksycznych emitowanych do atmosfery. Jest to silnik czterosurowy, szesnastocylindrowy z bezpośrednim wtryskiem paliwa doładowany dwoma turbosprężarkami napędzanymi spalinami.

Zastosowany silnik, którego parametry przedstawiono w tabeli 2, wyposażono w elektroniczne sterowanie wtryskiwaczami kontrolowanymi zaworami elektrycznymi przepływem powietrza w kanale dołotowym, automatyczną kontrolą stosunku powietrze/olej napędowy w celu zmniejszenia zadymienia spalin, automatyczny tryb pracy podczas zimnego rozruchu, ciągłą optymalizację czasu wtrysku oleju napędowego, programowane wartości temperatury cieczy chłodzącej i ciśnienia oleju smarowego podczas wyłączania silnika oraz w nowoczesny system diagnostyczny.

Układ chłodzenia silnika spalinowego złożono z wysokowydajnych sekcji chłodzących i dotychczasowego wentylatora z napędem hydraulicznym. Całość układu nadzorowana będzie przez mikroprocesorowy system sterowania.

Układ silnika zostanie wyposażony w specjalny system podgrzewania cieczy chłodzącej, składający się z zespołu Kim-Hot-start zasilanego z wewnętrznego agregatu prądotwórczego (silnik spalinowy i prądnica) lub z zewnętrznej sieci grzewczej.

Układ ten będzie pracował w cyklu automatycznym utrzymując wymaganą temperaturę cieczy chłodzącej płaszcza silnika, a jednocześnie pozwoli na maksymalne oszczędności oleju napędowego przy utrzymaniu minimalnej temperatury głównego silnika spalinowego, ograniczenie emisji składników toksycznych do atmosfery oraz mniejszy hałas emitowany na zewnątrz.



Rys. 3. Rozmieszczenie maszyn i urządzeń w zmodernizowanej lokomotywie

1 - silnik trakcyjny; 2 - wózek trakcyjny; 3 - główny agregat prądowórczy; 4 - agregat pomocniczy grzewczy; 5 - tłumik silnika agregatu głównego; 6 - filtr powietrza silnika agregatu głównego; 7 - kanał wentylacyjny prostowników prądnic; 8 - zbiornik paliwa; 9 - piasecznica; 10 - pulpit maszynisty; 11 - drzwi zewnętrzne w kabinie maszynisty; 12 - okno boczne w kabinie maszynisty; 13 - okno czołowe; 14 - drzwi zewnętrzne

ne przedziale silników.; 15 - drzwi w ścianie tylnej kabiny maszynisty; 16 - drzwi w ścianie działowej przedział elektryczny-silnikowy; 17 - fotel maszynisty; 18 - umywalka; 19 - gaśnica; 20 - antena; 21 - urządzenie smarujące obrzeża kół; 22 - elektromagnes SHP; 23 - sprzęg samoczynny; 24 - gniazdo UIC; 25 - oświetlenie zewnętrzne (reflektor dolny i lampa sygnałowa); 26 - oświetlenie zewnętrzne (reflektor górny); 27 - lustro; 28 - wycieraczka; 29 - syreny pneumatyczne; 30 - klimatyzator kabiny maszynisty; 31 - kanał wlotowy do skraplacza; 32 - lodówka; 33 - szafa NN1; 34 - szafa NN2; 35 - szafa WN; 36 - szafa przetwornic; 37 - szafa trakcyjna; 38 - tablica pneumatyczna; 39 - agregat sprężarkowy; 40 - wentylator silników trakcyjnych; 41 - kanał wentylacyjny szafy przetwornic; 42 - zbiornik kompentów cieczy chłodzącej; 43 - zespół chłodnic; 44 - napęd żaluzji; 45 - hydrauliczny napęd wentylatora chłodnic; 46 - zbiornik oleju hydrostatycznego; 47 - wentylator chłodnic; 48 - bateria akumulatorów

W skład układu silnika wchodzić będzie ponadto powiększony do 6000 l zbiornik paliwa oraz układy dostarczające, podgrzewające i filtrujące paliwo.

Silnik spalinowy napędzać będzie prądnicę główną prądu przemiennego, bezszczotkową z nadbudowaną wzbudnicą, za pomocą sprzęgła elastycznego firmy Centaflex.

Prądnicą będzie przystosowana do specyficznych warunków kolejowych i wyposażona we własny wentylator, a zabudowany na niej prostownik wraz z czujnikami zapewni właściwe parametry pracy zespołu. Prostownik będzie nie sterowanym sześciopulsowym mostkiem prostowniczym.

Do napędu urządzeń obwodów pomocniczych zastosowana zostanie prądnicą pomocniczą synchroniczna połączona bezpośrednio z prądnicą główną.

### Obwód główny i pomocniczy

Obwód główny lokomotywy tworzą podstawowe urządzenia i aparaty, przedstawione na rysunku 5.

#### 1. Prądnicą główną

Prądnicą główną, której dostawcą jest niemiecki producent Lechmotoren, jest generatorem prądu trójfazowego, pełnobieguno-

wym, synchronicznym, wykonanym jako maszyna bezszczotkowa, dwułożyskowa ze zintegrowanym, niesterowanym, zabezpieczonym mostkiem prostowniczym dla selektywnego zasilania 6 silników trakcyjnych, każdy o mocy mechanicznej 305 kW.

#### 2. Prostownik główny

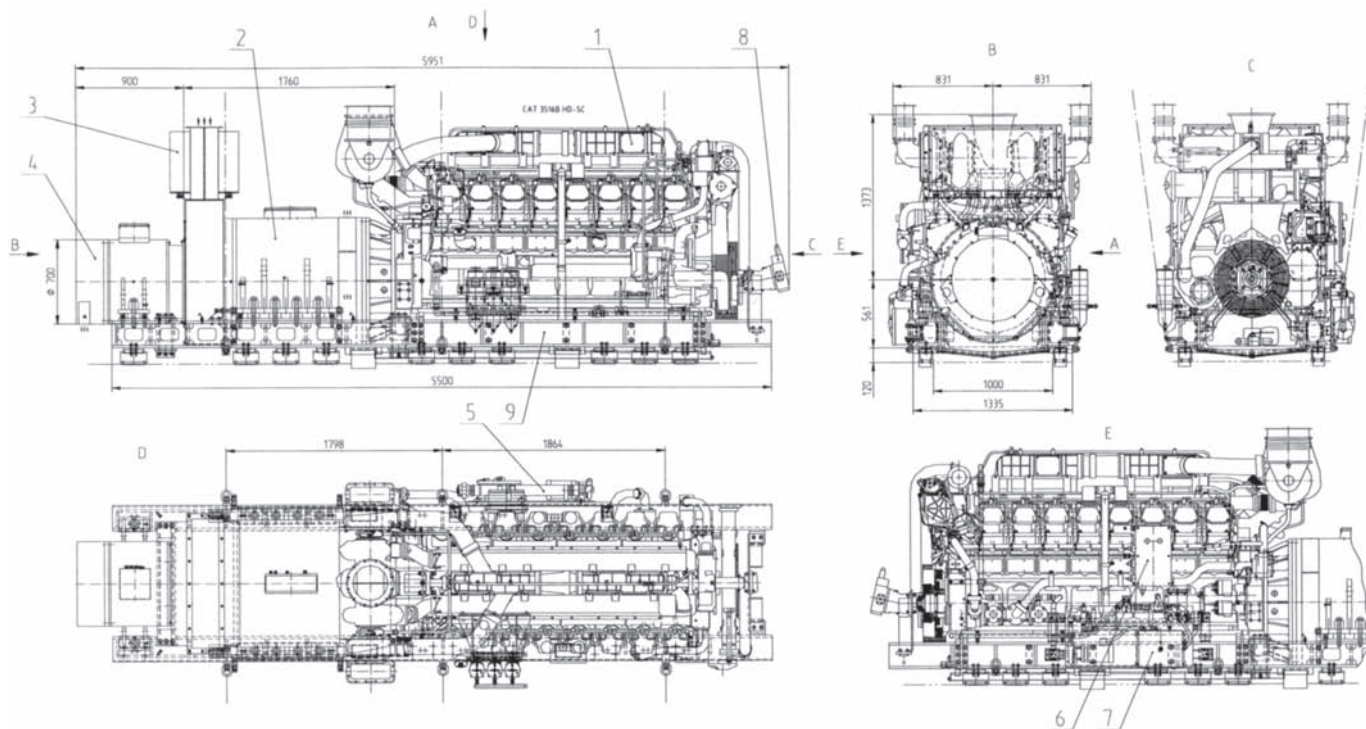
Prostownik jest niesterowanym 6-pulsowym mostkiem prostowniczym zintegrowanym konstrukcyjnie z prądnicą główną. Ochrona obwodu WN przed skutkami zwarć zapewniona będzie przez bezpieczniki wyposażone w wskaźnik sygnalizacji zadziałania. Ewentualne przepięcia w trakcie wyłączania tłumione będą filtrami.

#### 3. Silniki trakcyjne

W zmodernizowanej lokomotywie ST44 zastosowane zostały dotychczasowe silniki trakcyjne prądu stałego typu ЭД118А. Charakterystyki silnika typu ЭД118А przedstawiono na rysunku 6.

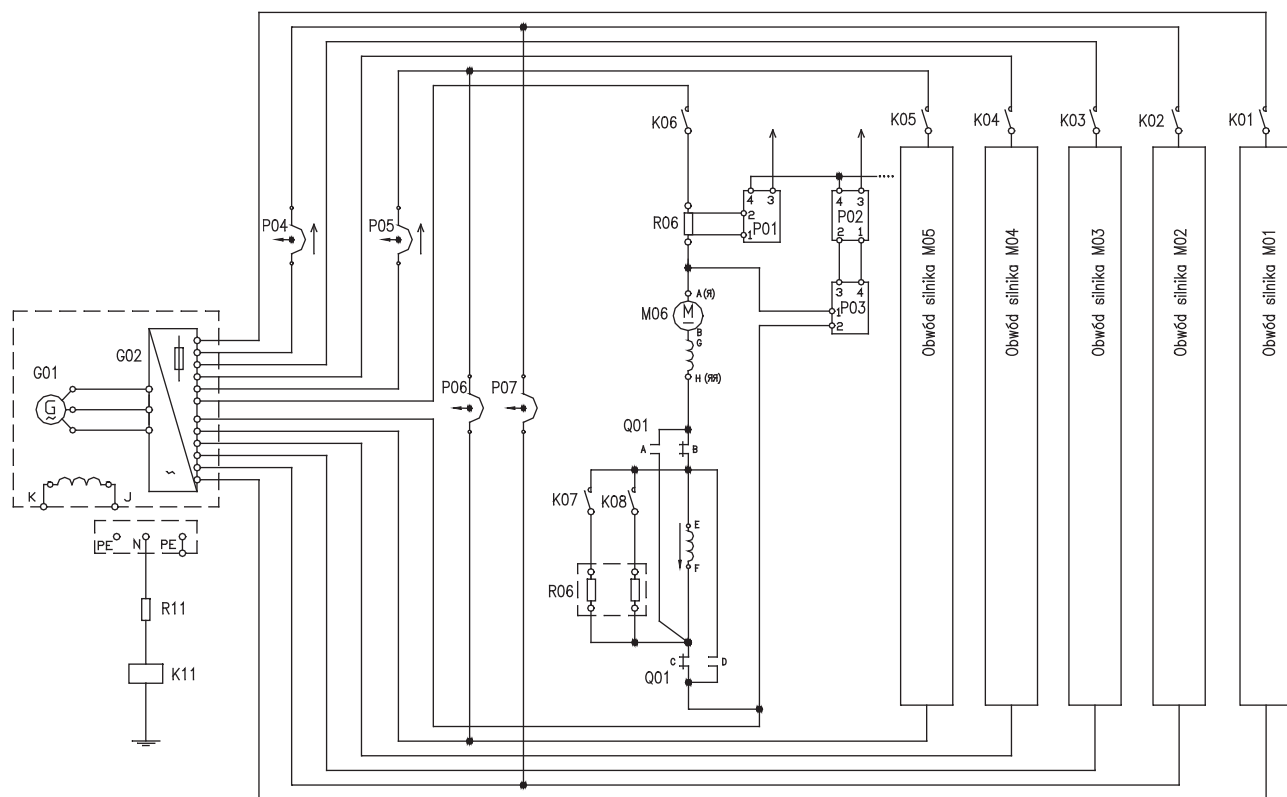
Warunki zasilania elektrycznego silników z prądnicą zapewnią ich wysoką niezawodność elektryczną, a ponadto obwody wyjściowe prądnicą będą wyposażone w zabezpieczenia ograniczające skutki nieprawidłowości w obwodach WN.

Każdy silnik trakcyjny będzie zasilany z oddzielnego prostownika, odpowiednio zabezpieczonego przed skutkami prądów zwar-



Rys. 4. Zespół prądowrczy

1 - silnik spalinowy CAT 3516B- HD-SC; 2 - prądnicą główną; 3 - prostownik główny; 4 - prądnicą pomocniczą; 5 - podgrzewacz silnika spalinowego KIM Hotstart; 6 - skrzynka sterownicza elektrycznych połączeń silnika spalinowego; 7 - szafa elektrycznych połączeń podgrzewacza KIM Hotstart; 8 - pompa H1V108SL2SEM1; 9 - rama pośrednia zespołu prądowrczy



Rys. 5. Uproszczony schemat obwodu głównego

G01 - prądnicą główną, G02 - prostownik, K01-06 - styczniki, K07,08 - styczniki osłabienia wzbudzenia, K11 - przekaźnik ziemnozwarciowy, M01, M06 - silniki trakcyjne, P01 - przetwornik prądu silnika trakcyjnego, P02 - przetwornik napięcia na silniku trakcyjnym, P03 - dzielnik napięcia, P04, P05 - przetwornik pomiaru prądu w gałęzi silnika trakcyjnego, P06, P07 - przetwornik pomiaru napięcia na silniku trakcyjnym, Q01 - nawrotnik, R06 - bocznik prądu silnika trakcyjnego, R11 - opornik przekaźnika ziemnozwarciowego, R16 - rezystor osłabienia wzbudzenia

ciowych i przeciążeń, przed przepięciami i przed wzrostem temperatury. Umożliwi to dokonywanie selektywnych wyłączeń silników przez sterownik, ograniczając utratę zdolności trakcyjnych lokomotywy do minimum.

Istotnym zagadnieniem do przeanalizowania w ramach projektu było ustalenie zachowania się lokomotywy z ciężkimi pociągami o masie 1900 i 2000 t na trasie LHS, charakteryzującej się długimi podjazdami (ok. 40 km ze pochyleniami ponad ok. 9‰). Wyniki symulacji przejazdu wykazały, że moc lokomotywy jest wystarczająca do tych zadań, a w szczególnych przypadkach (awaria silnika, brak ochrony przeciwpoślizgowej silnika) możliwe będzie odłączenie elektryczne jednego silnika i wolniejsze kontynuowanie jazdy bez obawy o przeciążenie pozostałych.

Silniki trakcyjne będą chłodzone powietrzem dostarczanym kanałami wentylacyjnymi, które w zmodernizowanej lokomotywie zostaną dostosowane do nowego rozmieszczenia urządzeń. Powietrze będzie tłoczone za pomocą wentylatorów promieniowych napędzanych silnikami asynchronicznymi. Zespoły wentylatorów zostaną zabudowane w pudle lokomotywy.

Oporniki osłabienia wzbudzenia pozostawiono bez zmian. Do układów pomiarowych napięć i prądów zastosowano dzielniki lub boczniki z odpowiednimi przetwornikami.

## 5. Zabezpieczenia

Większość zabezpieczeń w obwodach elektrycznych realizowana będzie przez układy sterowników. Przewiduje się zastosować przetworniki prądu i napięcia, zarówno w obwodach pr (2 przetworniki prądowe i 2 napięciowe) jak i silników trakcyjnych. Parametry silników trakcyjnych będą mierzone przez 2 przetworniki prądowe i 2 napięciowe i na podstawie zmierzonych wartości oceniany będzie stan obwodów trakcyjnych i podejmowane odpowiednie interwencje przez sterownik (ograniczenie parametrów lub wyłączenie) z równoczesnym wysłaniem komunikatu na panel operatorski.

## Sterowanie napędem

### 1. Urządzenia na pulpicie

Do prowadzenia jazdy niezbędny jest sprawny mikroprocesorowy układ sterowania lokomotywą. System sterowania został tak opracowany, że awaria samego panela operatorskiego nie będzie uniemożliwiała jazdy lokomotywą.

Lokalizacja wszystkich urządzeń na pulpicie przedstawiono na rysunku 9. Ich rola w obsłudze urządzeń kabinowych i w prowadzeniu lokomotywy nie odbiega od ogólnie stosowanych wyposażań lokomotywy.

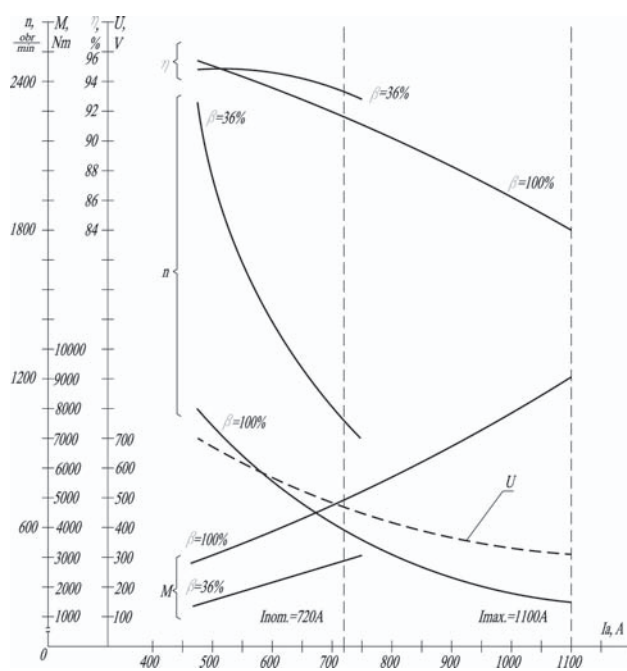
Do bezpośredniego sterowania lokomotywą w czasie jazdy maszynista będzie miał do dyspozycji dwa manipulatory: nastawnik siły (rozruchu i hamowania) i nastawnik prędkości. Oba nastawniki są typu impulsowego, z własnym tempem taktowania, tzn. że od czasu przytrzymania ich w pozycji „dodawaj” lub „odejmuj” będą zależały nastawione wartości zadane. Wartości te będą wyświetlane zarówno na wskaźnikach na pulpicie, jak i na panelu operatorskim.

Nastawnik siły będzie umożliwiał nastawienie wartości zadanej siły trakcyjnej, w procentach od kilku (dokładna wartość zostanie ustalona w trakcie uruchamiania systemu na lokomotywie) do 100%. Każdemu wyborowi odpowiadać będzie określona prędkość obrotowa silnika spalinowego, odpowiadająca jej moc silnika spalinowego, a z kolei każdej mocy silnika odpowiada moc prądniczy głównej, czyli prąd i napięcie silników trakcyjnych, a w związku z tym i siła rozruchowa, jako funkcja mocy silników i ich prędkości odpowiadającej prędkości lokomotywy.

Nastawnik służy do nastawienia prędkości pociągu (lokomotywy), którą ma utrzymywać samoczynnie układ sterowania. Z jakim przyśpieszeniem dochodzi pociąg do tej prędkości decyduje maszynista, poprzez nastawienie nastawnikiem żądanej siły.

Ruszenie lokomotywy (pociągu) będzie następowało po spełnieniu dwóch warunków. Za pomocą obu nastawników muszą zostać zadane zarówno prędkość, jak i siła, przy czym kolejność zadawania tych wartości nie ma znaczenia dla skuteczności tych czynności. Warunkiem dodatkowym ruszenia jest zadanie siły przekraczającej opory ruchu.

Komunikaty o awariach lub zagrożeniach będą wysyłane na ekran panela automatycznie z równoczesnym podaniem sygnału akustycznego na pulpicie, a ich wygaszenie (powrót do okna podstawowego) nastąpi po potwierdzeniu przeczytania za pomocą przycisku na panelu.



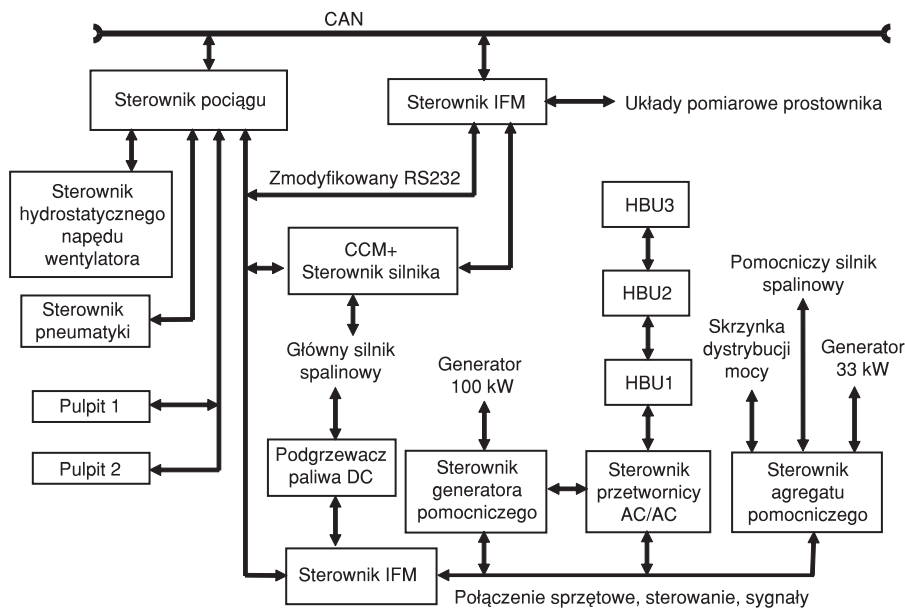
Rys. 6. Charakterystyka silnika 3D118A

### Podstawowe dane silnika trakcyjnego

Moc znamionowa	305 kW
Najwyższe napięcie	700 VDC
Prąd ciągły	730 A
Prąd godzinny	790 A
Prąd maksymalny	1100 A przez 1–2 min
Moment na wale	4840 Nm
Sprawność	91,5

## 4. Pozostałe urządzenia

Jako styczniki liniowe zastosowano nowe styczniki SPG 1600, jako nawrotnik pozostawiono PPK 8601, a jako styczniki osłabienia wzbudzenia pozostawiono PKG 560. Przystosowanie do zmodernizowanej lokomotywy polegało na zastosowaniu równoważnej cewki napędowej na 24 V DC.



Rys. 7. Schemat połączeń elementów systemu sterowania

Sprawność lampek sygnalizacyjnych istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa będzie można sprawdzić w trybie testu w trakcie uruchamiania lokomotywy.

## 2. Sterowanie napędem trakcyjnym

Regulacja mocy realizowana będzie w wyniku współpracy sterowników lokomotywy typu Intelo firmy Lokel i Elektronicznym Modułem Kontrolnym ECM silnika Caterpillara, za pomocą jego modułu komunikacyjnego CCM.

Schemat blokowy układu regulacji przedstawiono na rysunku 7.

Układ sterowania napędem będzie realizował kilka istotnych funkcji poprawiających parametry trakcyjne lokomotywy i zabezpieczał go bez ingerencji maszynisty przed skutkami stanów niepożądanych.

### ■ Realizacja prędkości zadanej

Przy dochodzeniu do prędkości zadanej, gdy prędkość znajduje się blisko prędkości docelowej, czyli w tzw. strefie „D”, realizacja jazdy z nastawioną przez maszynistę siłą mogłaby doprowadzić do przekroczenia prędkości. Dlatego regulację mocy przejmuje sterownik lokomotywy, który w zależności od sytuacji zmniejsza moc, bądź ją wyłącza.

Jeśli przejście na wybieg nie wystarczy dla ograniczenia prędkości (jazda na dużym spadku), układ samoczynnie załączy podhamowanie pociągu. Wstępnie zakłada się, że dokładność regulacji dla zadanej prędkości będzie wynosiła  $+1 \div -3$  km/h, a jedynie w przypadku zmiany prędkości zadanej o znaczącą wartość wymagającą załączenia hamowania zespolonego (np. przedstawienie z 80 na 30 km/h) granica dokładności może zostać przekroczona. Wynika to z faktu, że nastawnik prędkości zadanej z założenia nie ma zastępować nastawnika hamowania.

### ■ Układ przeciwpoślizgowy

Wykrywanie poślizgów będzie jedną z funkcji sterownika systemu wytwarzania sprężonego powietrza, w którym istotną rolę spełnia tablica hamulca pneumatycznego. W przypadku, gdy różnica między prędkością referencyjną wyznaczaną na podstawie wyników pomiarów prędkości każdego zestawu kołowego, a rzeczywistą prędkością dowolnego zestawu przekroczy określoną wartość,

nastąpi wygenerowanie sygnału o poślizgu i przekazanie go do sterownika głównego lokomotywy. Sygnał będzie podawany aż do ustąpienia poślizgu. Sterownik główny podejmuje wtedy opisane niżej działania, a dodatkowo wygeneruje komunikat na panel.

Do likwidacji poślizgów przy rozruchu przewiduje się uruchomienie następujących środków:

- utrzymanie uzyskanego przed poślizgiem napięcia na wyjściu prądnicy głównej,
- podhamowanie kół lokomotywy ciśnieniem ok. 0,05 MPa,
- automatyczne piaskowanie.

Istnieje także możliwość uruchamiania piaskowania przez maszynistę, za pomocą przycisku nożnego lub ręcznego.

### ■ Urządzenia z.r.k.

Do wskazań i rejestracji prędkości, jako elementu systemu z.r.k., przewiduje się prędkościomierz krajowej firmy PIAP.

Lokomotywa wyposażona będzie w systemy SHP i CA. Ich dezaktywacja w przypadku zadziałania możliwa będzie za pomocą jednego z trzech przycisków w kabinie, na pulpicie maszynisty, nożnego przed fotelem i trzeciego na stanowisku pomocnika.

## Obwody pomocnicze

Zasilanie obwodów pomocniczych będzie odbywało się podstawowo z prądnicy pomocniczej. W szczególnych przypadkach opisanych dalej do dyspozycji maszynisty jest jeszcze autonomiczny agregat prądowłórczy służący podstawowo do podgrzania płynu chłodzącego silnik, który jednak w pewnych okolicznościach może również zasilac urządzenia ogrzewania kabiny i ładowac baterię akumulatorów.

Prądnica pomocnicza jest generatorem prądu trójfazowego, pełnobiegunowym, synchronicznym, wykonanym jako bezszczotkowa dwułożyskowa maszyna, zblokowana bezpośrednio z prądnicą główną. Jej dostawcą jest również niemiecki producent Lechmotoren.

### Podstawowe dane techniczne prądnicy (poza podanymi wcześniej)

Moc znamionowa	100 kW (stała w całym zakresie prędkości obrotowej)
Wyjście 1	90 kW (stała w całym zakresie prędkości), 3×400 V AC, 50 Hz ±0,5 Hz,
Wyjście 2	9,5 kW (stała w całym zakresie prędkości obrotowej), 28 V DC, 340 A

Silniki prądu przemiennego, tzn. wentylatorów silników trakcyjnych i sprężarki, będą włączane w układzie gwiazda – trójkąt.

Dodatkowym źródłem zasilania, służącym głównie do uruchamiania lokomotywy i zapewnienia jej bezpieczeństwa na szlaku w razie awarii agregatu głównego jest bateria akumulatorów.

Podczas postoju w lokomotywni lub na torach wyposażonych w sieć gniazd 3×400 V możliwe będzie zasilanie lokomotywy z tego źródła.



Jak wspomniano na lokomotywie zainstalowano dodatkowy autonomiczny agregat prądowórczy firmy Lechmotoren z bezszczotkowym generatorem synchronicznym prądu trójfazowego z zamontowaną wzbudnicą, w wykonaniu dwułożyskowym, o następujących danych:

Moc	33 kW
Cos φ	0,95
Prędkość obrotowa	3000 min <sup>-1</sup>
Napięcie	400/231 V AC, 50 Hz
Rodzaj ochrony	IP 55
Klasa izolacji	F/H
Rodzaj pracy	S 1 – praca ciągła
Rodzaj chłodzenia	własna wentylacja
Tolerancje regulacji napięcia	±5%
statyczna tolerancja napięcia maks.	±1%
statyczna tolerancja częstotliwości maks.	±1%

Generator można obciążać narastająco do 100% prądu znamionowego, każdorazowo z asymetrią napięciową wynoszącą ok. ±5%.

Generator jest wykonany na warunki kolejowe i chłodzony powierzchniowo za pomocą własnego wentylatora uzależnionego od prędkości obrotowej. Uzwojeniu wirnika generatora jest chronione za pomocą czujników temperatury przed niedopuszczalnie wysokimi temperaturami.

## Sterowanie urządzeniami pomocniczymi

### 1. Sterowanie sprężarką

Za pomocą przełącznika usytuowanego w szafie aparatów NN za plecami maszynisty możliwy będzie wybór trzech trybów sterowania sprężarką w lokomotywie. Przełącznik będzie umożliwiał wybór następujących pozycji:

„0” – wyłączenie sprężarki w przypadku stwierdzenia jej uszkodzenia;

„A” – tryb automatyczny; jak wspomniano wyżej, układ wytwarzania powietrza będzie wyposażony we własny sterownik mikroprocesorowy, którego producentem jest IPS „Tabor”; praca sprężarki w tym trybie będzie nadzorowana przez ten sterownik; atączenie sprężarki następować będzie w funkcji ciśnienia odczytywanego przez przetworniki; w tym trybie realizowane będą także funkcje diagnozowania stanu sprężarki (temperatura mediów, czas pracy itp.);

„C” – automatyczny uproszczony; w tym trybie sprężarka, w przypadku awarii sterownika układu sprężonego powietrza, będzie sterowana poprzez wyłączniki ciśnienia zlokalizowane na tablicy pneumatycznej, według klasycznych reguł sterowania;

„R” – ręczny; po ustawieniu przełącznika trybu pracy sprężarki w ten tryb załączanie i wyłączenie sprężarki będzie wykonywane przez maszynistę za pomocą impulsowego wyłącznika zlokalizowanego na lewym panelu pulpitu; sterowanie będzie odbywało się według stanu ciśnienia w przewodzie zasilającym widocznym na manometrze pulpitu.

Sprężarki są wyposażone w termometry stykowe, dwupoziomowe. Gdy temperatura sprężonego powietrza przekroczy 100°C nastąpi wyemitowanie ostrzeżenia na panelu operatorskim, a po przekroczeniu 115°C silnik sprężarki zostanie wyłączony. Sprężarki na pozostałych współpracujących lokomotywach będą stero-

wane nadal ze sterownika pierwszej lokomotywy, jak przed wystąpieniem awarii.

### 2. Sterowanie wentylatorami silników trakcyjnych

Wentylatory silników trakcyjnych będą uruchamiały się automatycznie po pierwszym uruchomieniu silnika spalinowego na 5 min w celu przewietrzenia (przesuszenia) silników trakcyjnych. W trybie jazdy wentylatory będą się załączały po załączeniu silników trakcyjnych, a wyłączały po 5 min od wyłączenia silników trakcyjnych.

Przepływ powietrza w kanałach wentylacyjnych jest monitorowany, w związku z tym zanik wentylacji spowoduje, że po 10 s sterownik lokomotywy wyłączy niechłodzone silniki jednego wózka.

### 3. Sterowanie agregatu grzewczego

Agregat grzewczy służy w pierwszej kolejności do podgrzewania płynu chłodzącego silnika spalinowego, zwłaszcza w przypadku braku możliwości zasilania z gniazda zewnętrznego (zasilanie warsztatowe).

Zastosowana blokada programowa wyklucza równoczesne użycie dwóch źródeł zasilania pomocniczego. Możliwa jest praca albo agregatu, albo zasilanie zewnętrzne.

Ponadto z tego agregatu mogą być zasilane ogrzewacze kabiny oraz ładowana bateria akumulatorów. Styczniki umożliwiające dystrybucję mocy agregatu lub dostarczonej z źródła zewnętrznego umieszczone są w szafie przetwornicy (dolnej). Sterowanie tymi stycznikami odbywa się poprzez sterownik lokomotywy.

Możliwy jest wybór następujących funkcji sterowania:

- w wariacie zasilania z agregatu grzewczego:
  - a) załączenie/wyłączenie agregatu pomocniczego (włączenie/wyłączenie silnika spalinowego agregatu grzewczego);
  - b) załączenie/wyłączenie podgrzewacza płynu chłodzącego; w tym trybie, dzięki zastosowaniu blokady programowej, inne odbiory nie mogą być zasilane, a wyłączenie następuje w wyniku zadziałania czujnika temperatury po uzyskaniu określonego poziomu temperatury;
  - c) załączenie ładowania baterii akumulatorów (na czas ustawiony przez operatora na panelu operatorskim), wyłączenie odbywa się automatycznie; w tym czasie w wyniku działania blokady programowej nie jest możliwe załączenie innych odbiorników;
  - d) załączenie ogrzewania kabiny (na czas ustawiony przez operatora na panelu operatorskim); w tym trybie zasilany jest tylko klimatyzator, a nie będą załączone grzejniki dodatkowe;
  - e) załączenie ogrzewania kabiny i ładowania baterii (na czas ustawiony przez operatora na panelu operatorskim); blokada programowa nie pozwala na załączenie innych odbiorników.
- w wariacie zasilania zewnętrznego – po załączeniu stycznika „Zasilanie zewnętrzne” można realizować funkcje wymienione w punktach b–e oraz dodatkowo ładowanie baterii wewnętrznej agregatu grzewczego.

## Sterowanie wielokrotne

### 1. Założenie ogólne

Lokomotywa po modernizacji będzie nadal przystosowana do sterowania wielokrotnego. Przyjęto następujące podstawowe założenia dla sterowania wielokrotnego lokomotyw:

- sterowanie odbywa się poprzez magistralę mikroprocesorową, co oznacza, że wszystkie lokomotywy muszą mieć sprawny sterownik;
- niektóre tylko sygnały sterujące realizowane będą za pomocą elektrycznych przewodów sterownia wielokrotnego;
- przełączniki trybu pracy sprężarki we wszystkich lokomotywach muszą być ustawione na pozycji „A”;
- główny ekran na pulpicie lokomotywy prowadzącej zawierać będzie informacje o kluczowych dla jazdy parametrach wszystkich lokomotyw;
- na każdym pulpicie będzie znajdował się przełącznik trybu hamulca z kluczykiem i jego załączenie będzie uaktywniało dany pulpit i poda zasilanie do niezbędnych obwodów lokomotywy, wyłączenie natomiast spowoduje automatyczne wyłączenie wszystkich obwodów; w lokomotywach sterowanych przełącznik ten będzie musiał znajdować się na pozycji „sterowanie wielokrotne”.

W przypadku jazdy w trybie sterowania wielokrotnego sterowanie sprężarkami odbywa się na podstawie sygnałów pochodzących z lokomotywy sterującej. Pozostałe lokomotywy otrzymują sygnały poprzez swoje sterowniki główne połączone magistralą.

Załączenie wyłączników jednocześnie w jakichkolwiek dwu kabinach tej samej lokomotywy uniemożliwi jazdę.

## 2. Sygnały sterujące

Przewiduje się sterowanie w pracy wielokrotnej do 3 lokomotyw. Przenoszenie sygnałów, zarówno cyfrowych przez magistralę, jak i kilku klasycznych napięciowych, przewiduje się zrealizować za pomocą 18-stykowego złącza typu UIC.

Sterowniki lokomotywowe sprzężonych lokomotyw, połączone będą ze sobą magistralą danych CAN. W lokomotywie sterującej sterownik będzie ustawiony jako sterownik zarządzający (MASTER), w lokomotywach sterowanych ich sterownik stanie się podporządkowany (SLAVE).

## 3. Załączanie i wyłączenie silników agregatów prądotwórczych

Do załączania i wyłączania roboczego silników spalinowych, zarówno agregatów głównych jak i pomocniczych zastosowano na pulpicie specjalny przełącznik i przyciski.

Przełącznik 4-pozycyjny będzie umożliwiał wybór wszystkich lub jednego z silników spalinowych na dowolnej lokomotywie z trzech połączonych w trakcji wielokrotnej. Przyciski będą służyły do podania polecenia załączenia lub wyłączenia wybranego przełącznikiem silnika. Załączenie i wyłączenie będzie odbywało się wtedy programowo, z zachowaniem niezbędnych warunków podgrzania lub wychłodzenia silnika.

W przypadkach awaryjnych (awaria systemu sterowania, pożar) możliwe będzie wyłączenie silników spalinowych specjalnym wyłącznikiem na pulpicie, zabezpieczonym mechanicznie przed przypadkowym naciśnięciem.

### Panel operatorski

Panel operatorski będzie spełniał podstawowo dwie funkcje w lokomotywie:

- 1) informacyjne,
- 2) sterownicze.

Dostęp do ekranów z informacjami na panelu operatorskim będzie uzyskiwany w dwóch trybach:

- 1) automatycznym, w przypadku wystąpienia zdarzenia mającego istotne znaczenie dla maszynisty;
- 2) ręcznym, umożliwiającym dotarcie do informacji o wybranym systemie lub parametrze lokomotywy.

Tryb automatyczny będzie dotyczył między innymi następujących zdarzeń związanych z awariami lub zakłóceniami w jeździe:

- poślizg,
- pożar,
- przekroczenia temperatur krytycznych diagnozowanych urządzeń,
- wyłączenie awaryjne silnika trakcyjnego,
- brak możliwości zrealizowania zadanej siły.


W trybie normalnym wyświetlanie jest główne okno zawierające podstawowe informacje o lokomotywie (lub lokomotywach w trybie sterowania wielokrotnego).

Pozostałe okna będą opisywały stan głównych systemów w kolejności ich ważności na lokomotywie. Informacje będą dotyczyły:

- silnika spalinowego (temperatura wylotu spalin, powietrza doładowania);
- prądnicy głównej z prostownikiem (parametry elektryczne, progi temperatur prostownika);
- tablicy hamulca pneumatycznego (ciśnienia);
- prądnicy pomocniczej z przetwornicą (parametry elektryczne);
- baterii akumulatorów (parametry elektryczne);
- hydrostatycznego napędu wentylatora (parametry pracy);
- systemu sprężonego powietrza (ciśnienia, motogodziny);
- zużycie paliwa całkowite i chwilowe.

Poza funkcjami informacyjnymi panel będzie spełniał częściowo funkcje sterownicze, co pozwoliło ograniczyć liczbę elementów załączających i przełączających w systemie sterowania.

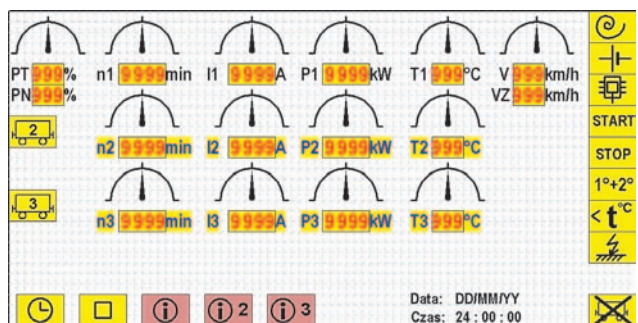
### Aranżacja okien na panelu operatorskim

Ekran podzielony są na robocze i awaryjne lub diagnostyczne. Ekran robocze są dostępne obsłudze i można się między nimi poruszać przy pomocy przycisków definiowanych na ekranie wyświetlacza. Ekran awaryjne są dostępne naciśnięciem przycisku , który pojawia się w wypadku zaistnienia jakiegokolwiek awarii. Na rysunku 8 przedstawiono, jako przykład, ekran roboczy nr 1.

Po włączeniu sterowania na stanowisku maszynisty czynnej kabiny pojawia się na wyświetlaczu pierwszy ekran, bez względu na to, jaki ekran był wybrany przed wyłączeniem wyłącznika sterowania.

Górna część jest taka sama i wspólna dla wszystkich ekranów roboczych i awaryjnych. Wyświetlane są:

- PT procent aktualnej siły,
- PN siła nastawiona,




Rys. 8. Okno podstawowe

- n1 obroty silnika spalinowego pierwszej lokomotywy,
- I1 prąd trakcyjny pierwszej lokomotywy,
- P1 moc trakcyjna pierwszej lokomotywy,
- T1 temperatura wody silnika spalinowego pierwszej lokomotywy,
- V aktualna prędkość lokomotywy,
- VZ nastawiona prędkość lokomotywy.


Jeżeli jest podłączona druga lokomotywa i obie lokomotywy pracują w trakcji wielokrotnej, wyświetlane są następujące dane:

- n2 obroty silnika spalinowego drugiej lokomotywy,
- I2 prąd trakcyjny drugiej lokomotywy,
- P2 moc trakcyjna drugiej lokomotywy,
- T2 temperatura wody silnika spalinowego drugiej lokomotywy.

Przyciskiem  można przełączyć się na ekrany dotyczące drugiej lokomotywy.






Jeżeli jest podłączona trzecia lokomotywa i wszystkie lokomotywy pracują w trakcji wielokrotnej, wyświetlane są kolejne dane:

- n3 obroty silnika spalinowego trzeciej lokomotywy,
- I3 prąd trakcyjny trzeciej lokomotywy,
- P3 moc trakcyjna trzeciej lokomotywy,
- T3 temperatura wody silnika spalinowego trzeciej lokomotywy.



Przyciskiem  można przełączyć się na ekrany dotyczące trzeciej lokomotywy.

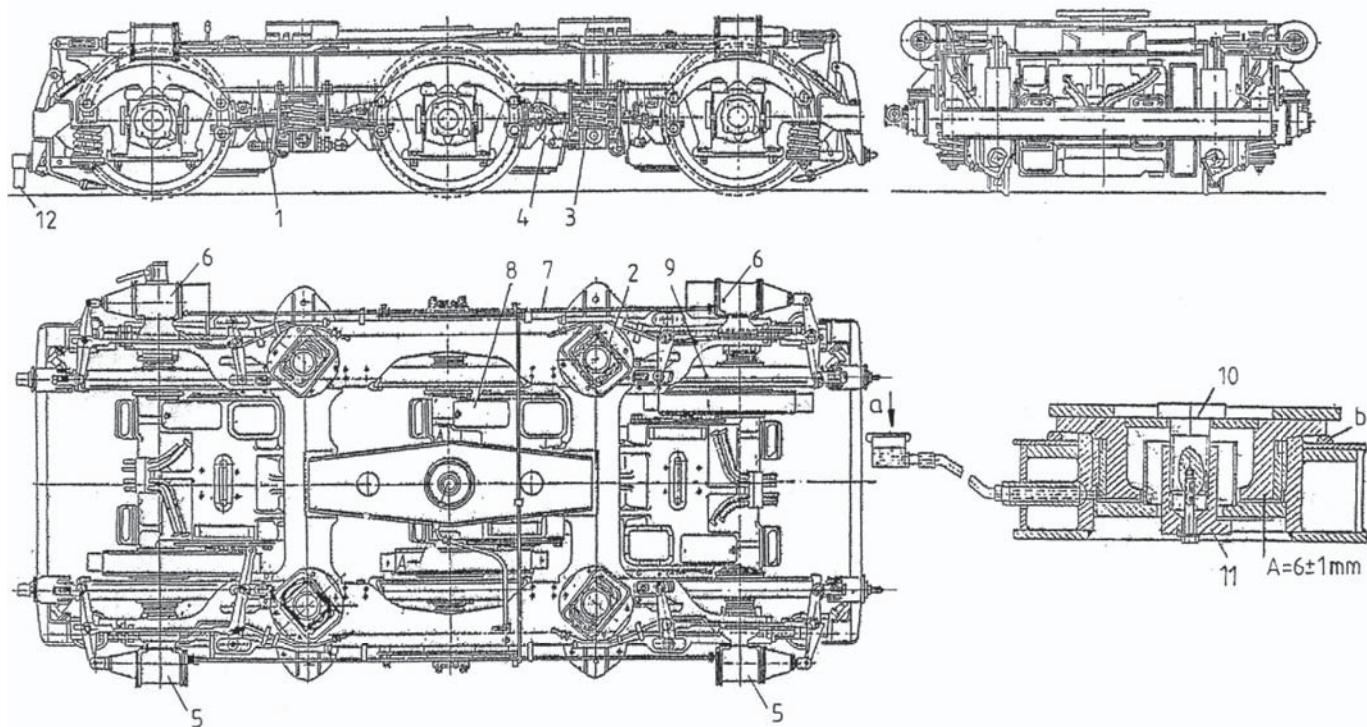
Prawa strona zawiera symbole graficzne informujące maszynistę o stanie poszczególnych obwodów lokomotywy. Symbol graficzny może być tylko sygnalizujący, tzn. informujący o jakimś stanie lub w formie przycisku. Jeżeli pojawia się przycisk, infor-

muje o powstałym stanie, a konkretne informacje uzyskujemy po jego naciśnięciu. Tym sposobem można przejść na ekran opisujący konkretny stan. Po prawej stronie pojawiają się następujące symbole graficzne:

-  poślizg lokomotywy (lub lokomotyw w sterowaniu wielokrotnym) podczas jazdy pod prądem (informuje o ograniczeniu mocy napędu do minięcia poślizgu) lub poślizg podczas hamowania pneumatycznego;
-  bateria lokomotywy (lub lokomotyw), informuje o ładowaniu baterii lokomotywy;
-  informuje o pracy sprężarki lokomotywy lub lokomotyw;
- START** informuje o rozruchu silnika spalinowego lokomotywy lub lokomotyw;
- STOP** informuje o zatrzymaniu silnika spalinowego lokomotywy lub lokomotyw;
- $1^{\circ}+2^{\circ}$  informuje o włączonym stopniu bocznikowania lokomotywy;
- $< t^{\circ}C$  informuje o niskiej temperaturze wody silnika spalinowego przed rozruchem;
-  informuje o zadziałaniu przekaźnika ziemnozwarciowego obwodu głównego pierwszej lokomotywy lub lokomotyw;
-  informuje o jeździe zabronionej pierwszej lokomotywy lub lokomotyw.

W dolnej części ekranu są z góry definiowane przyciski do przełączania między poszczególnymi ekranami:

-  przełączanie na ekran z rejestracją i diagnostyką;
-  przełączanie na ekran z menu;



Rys. 9. Wózek trakcyjny

1 - rama wózka; 2 - urządzenia podparcia; 3 - usprężynowanie; 4 - dźwignie hamulcowe; 5 - cylinder hamulcowy z nastawiaczem skoku; 6 - cylinder hamulcowy z nastawiaczem skoku i hamulcem postojowym; 7 - przewód powietrzny; 8 - zestaw kołowy z silnikiem trakcyjnym; 9 - ostona przekładni zębatej; 10 - sworzeń; 11 - nakrętka; 12 - zgarniacz

- i** pojawia się w przypadku pojawienia się awarii lub usterki na pierwszej lokomotywie; po naciśnięciu następuje przełączanie na ekran z usterkami pierwszej lokomotywy;
- i 2** pojawia się w przypadku pojawienia się awarii lub usterki na drugiej lokomotywie; po naciśnięciu następuje przełączanie na ekran z usterkami drugiej lokomotywy;
- i 3** pojawia się w przypadku pojawienia się awarii lub usterki na trzeciej lokomotywie; po naciśnięciu następuje przełączanie na ekran z usterkami trzeciej lokomotywy.

## Układy biegowe

Wózki trakcyjne zmodernizowanej lokomotywy (rys. 9) nie będą miały znaczących zmian konstrukcyjnych.

Wprowadzono jedynie:

- układ smarowania obrzeży kół na smar stały (suchy), firmy Century Oils Ltd, biologicznie obojętny i akceptowany przez środowisko naturalne;
- obręcze z materiału P60 ulepszone cieplnie;
- dodatkowe pierścienie uszczelniające zabudowane na kotnie-rzu panewki zabezpieczającej przed wyciekami oleju smarowego z panewek zawieszenia silników trakcyjnych;
- uszczelnienia obudowy przekładni osiowych w celu likwidacji występujących często wycieków smaru;
- nowe 9" cylindry hamulcowe.

## Układ hamulca

Zmodernizowana lokomotywa zostanie wyposażona w następujące rodzaje hamulców:

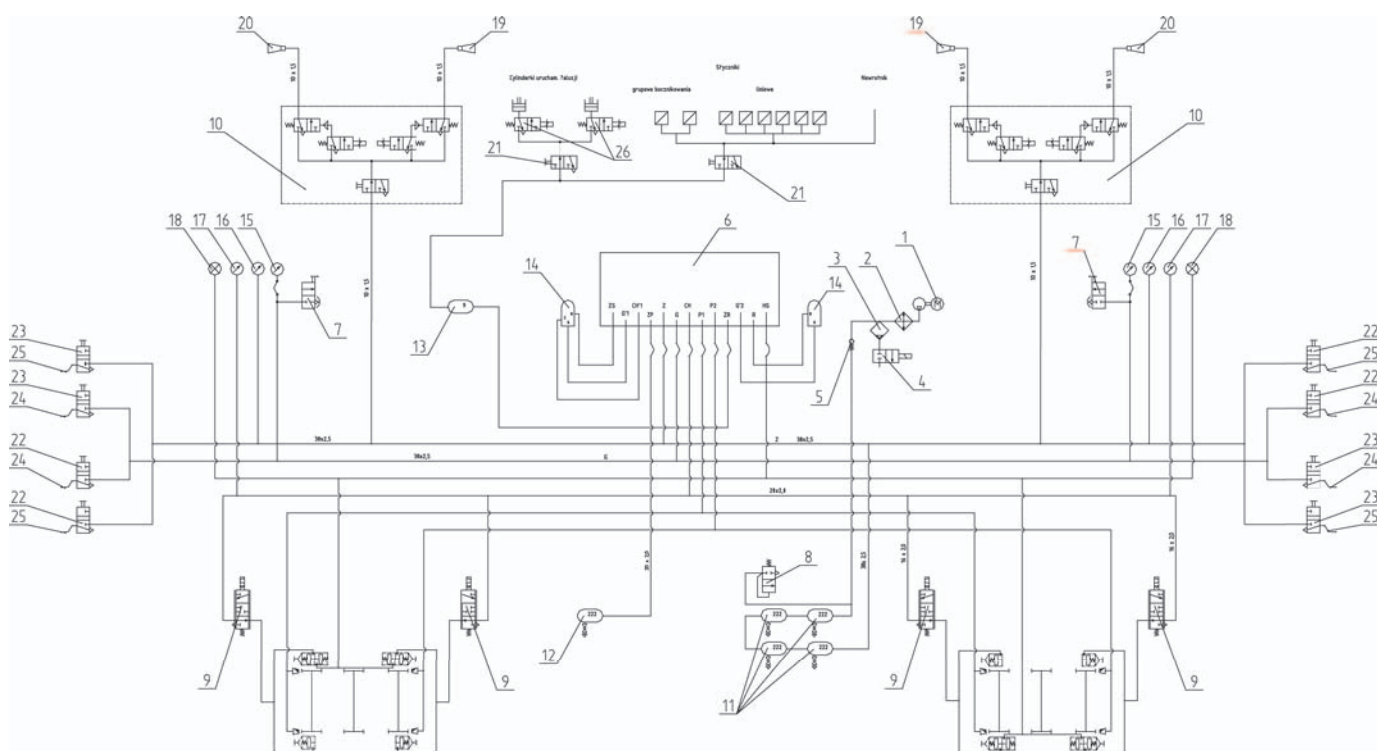
- zespolony pneumatyczny przeznaczony do hamowania zarówno lokomotywy jak i prowadzonego pociągu,
- dodatkowy (bezpośredni) hamulec do hamowania lokomotywy,
- hamulec postojowy typu sprężynowego,
- elektropneumatyczny hamulec parkingowy,
- hamulec bezpieczeństwa.

Schemat układu pneumatycznego lokomotywy przedstawiono na rysunku 6.

Urządzeniami wykonawczymi hamulców zespolonego, dodatkowego i parkingowego będą mechanizmy hamulca klockowego uruchamiane czterema cylindrami hamulcowymi (na wózek) o średnicy 9". Dwa mechanizmy hamulcowe każdego z wózków wyposażone będą w siłowniki sprężynowe (hamulec postojowy).

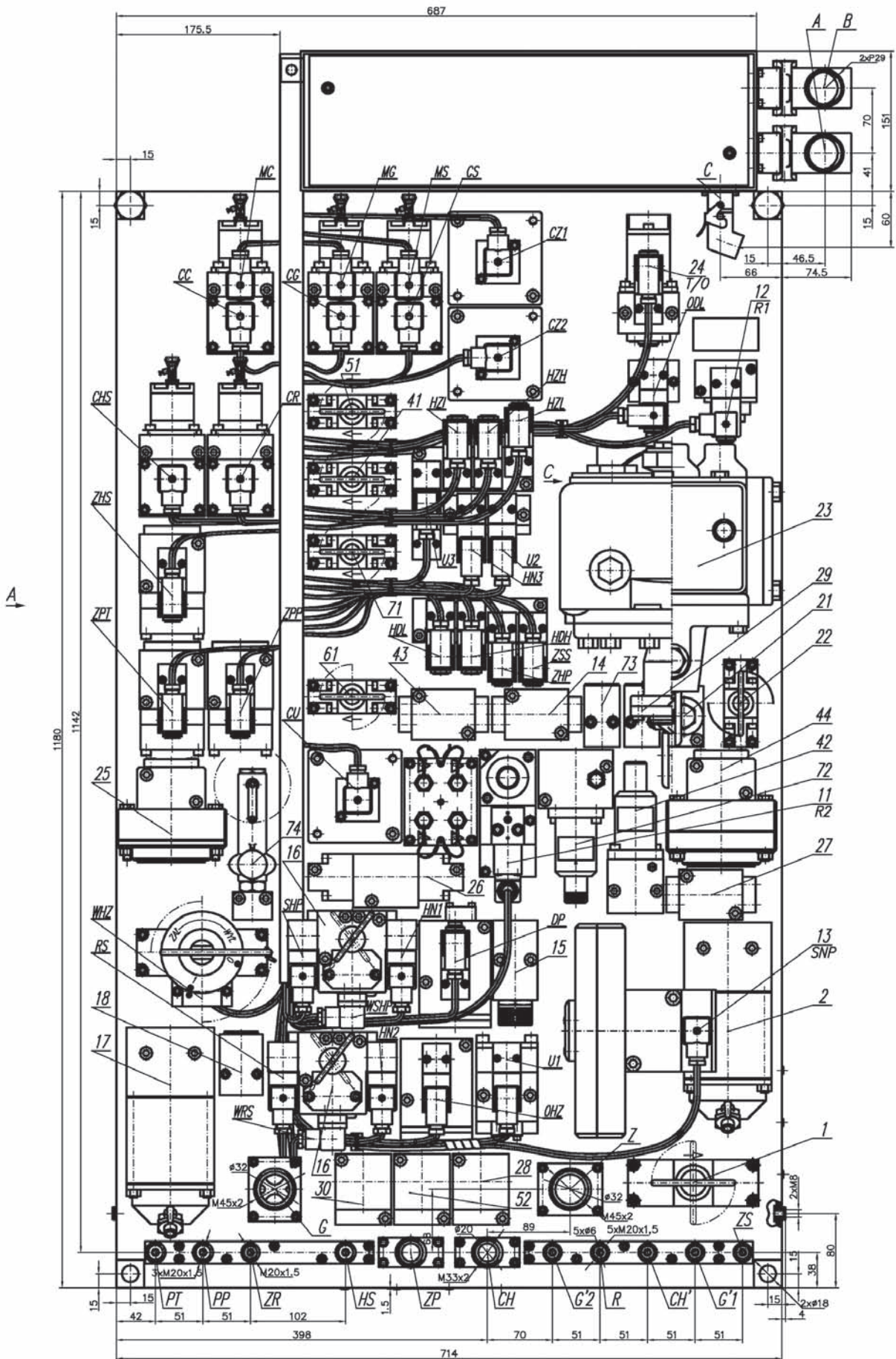
Układ hamulcowy umożliwia sterowanie manualne hamulcem zespolonym lokomotywy i prowadzonego przez nią pociągu (za pomocą manipulatora o działaniu impulsowym, wspólnym dla napędu i hamowania) oraz hamulcami dodatkowym i postojowym lokomotywy zarówno w trakcji pojedynczej, jak i wielokrotnej.

Sterowanie tymi hamulcami odbywać się będzie za pośrednictwem binarnych sygnałów elektrycznych generowanych przez ich urządzenia nastawcze. Sterowanie to umożliwi również realizację wybranych funkcji hamulca zespolonego na polecenie układu utrzymania prędkości zadanej.



Rys. 10. Schemat układu pneumatycznego hamulca

- 1 - Agregat sprężarkowy; 2 - Chłodnica; 3 - Separator cyklonowy; 4 - Zawór spustu kondensatu z nast. czas.; 5 - Zawór zwrotny; 6 - Tablica pneumatyczna lokomotywy; 7 - Zawór bezpieczeństwa; 8 - Zawór bezp. prop. z gw. Z/W; 9 - Zawór upustowy urz. p. pośl; 10 - Zespół zaworów syren; 11 - Zbiornik główny 222 l; 12 - Zbiornik pomocniczy 222l; 13 - Zbiornik rozrządu 9l; 14 - Zbiornik trójkomorowy; 15 - Manometr  $\varnothing 80$  przewód główny; 16 - Manometr  $\varnothing 63$  zbiornik zasil.; 17 - Manometr  $\varnothing 80$  cyl. hamulc.; 18 - Wskaźnik stanu zaham. ham. post.; 19 - Syrena pneumatyczna niskotonowa; 20 - Syrena pneumatyczna wysokotonowa; 21 - Zawór odc. Kul. Z odp.; 22 - Kurek końcowy prawy 32; 23 - Kurek końcowy lewy 32; 24 - Sprzęg hamulcowy G; 25 - Sprzęg hamulcowy Z; 26 - Zawór elektropneumatyczny.



Rys. 11. Tablica pneumatyczna

Ponadto lokomotywa wyposażona będzie w układ przeciwpoślizgowy i diagnostyczny sterowany wspólnym sterownikiem mikroprocesorowym.

Układ przeciwpoślizgowy zapewni likwidację poślizgów zarówno podczas rozruchu lokomotywy jak i podczas jej hamowania, a ponadto zapewni kontrolę poprawnego funkcjonowania hamulców lokomotywy i zaprezentuje maszyniście informacje odnośnie wykonywanych prób hamulcowych.

Urządzenia (aparaty) pneumatyczne i elektropneumatyczne zostaną zabudowane na specjalnej tablicy, przedstawionej na rysunku 11.

Aparaty zabudowane na tablicy pneumatycznej, zintegrowanej zespołem pośredniczącym w sterowaniu hamulcami i rozrządzie sprężonego powietrza tworzyć będą następujące układy:

- przewodu zasilającego z urządzeniami pośredniczącym w sterowaniu sprężarką główną lokomotywy;
- sterowania hamulcem zespolonym pociągu,

- sterowania hamulcem zespolonym lokomotywy,
- sterowania hamulcem dodatkowym lokomotywy,
- sterowania sprężynowym hamulcem postojowym lokomotywy,
- rozrządu powietrza dla pomocniczych obwodów pneumatycznych lokomotywy.

Na tablicy zabudowane zostaną ponadto cyklony i filtry powietrza, niezbędne do ochrony aparatów przed zanieczyszczeniami, szybkozłączki do pomiaru ciśnień, niezbędne do diagnostyki oraz analogowe i binarne przetworniki ciśnienia.

Zasilanie układu hamulcowego w sprężone powietrze odbywać się będzie z agregatu sprężarkowego ze sprężarką śrubową o zwiększonej wydajności.

Układy hamulcowe pracować będą w trakcji wielokrotnej, a nastawnik hamulcowy zabudowany na aktywnym stanowisku maszynisty lokomotywy sterującej umożliwi sterowanie z tego stanowiska hamulcem zespolonym i hamulcami postojowymi całego składu (2 lub 3) lokomotyw.

Z lokomotywy sterującej zapewnione będzie również:

- sterowanie sprężarkami,
- uruchomienie odłączacza,
- uruchomienie hamulca parkingowego i hamulca postojowego typu sprężynowego,
- uruchomienie piasecznic we wszystkich lokomotywach sterowanych.

## Nadwozie lokomotywy

Podstawowa konstrukcja nadwozia pozostanie zasadniczo bez zmian. Wsporniki w pudle zostaną przystosowane do zabudowy nowych lub zmodernizowanych układów i urządzeń elektrycznych i mechanicznych.

Rekonstrukcji ulegną ściany boczne i dach odejmowalny w wyniku przesunięcia drzwi wejściowych, zastosowania nowych układów żaluzji wlotowych i wylotowych (dla sprężarki, prostownika, filtrów powietrza, wentylacji silników trakcyjnych, przewietrzania wnętrza, wentylacji szaf elektrycznych), przebudowania okien bocznych i czołowych oraz zastosowania nowych tłumików wylotu spalin.

Wnętrze nadwozia zostanie pokryte specjalnymi matami głuszącymi, a zastosowane materiały będą nieszkodliwe dla środowiska.

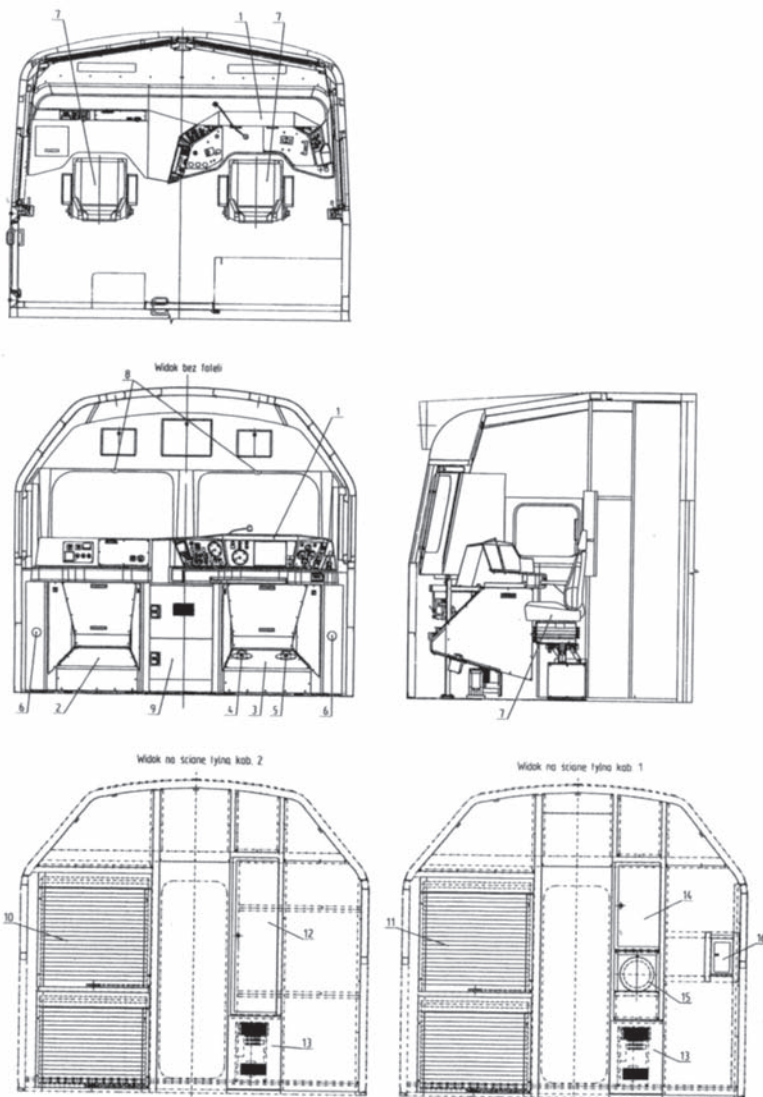
Rama (ostoja) lokomotywy ulegnie niewielkim zmianom wynikającym z zabudowy nowych urządzeń zwłaszcza nowoczesnego zespołu prądotwórczego. Konstrukcja ostoi i nadwozia zostanie sprawdzona wytrzymałościowo za pomocą obliczeń z wykorzystaniem metody elementów skończonych.

Zwewnątrz lokomotywy zostanie wyposażona również w układ oświetlenia wykorzystującego reflektory halogenowe oraz lampy sygnałowe oraz powłoki malarskie z zabezpieczeniem antygraffiti.

## Kabina maszynisty

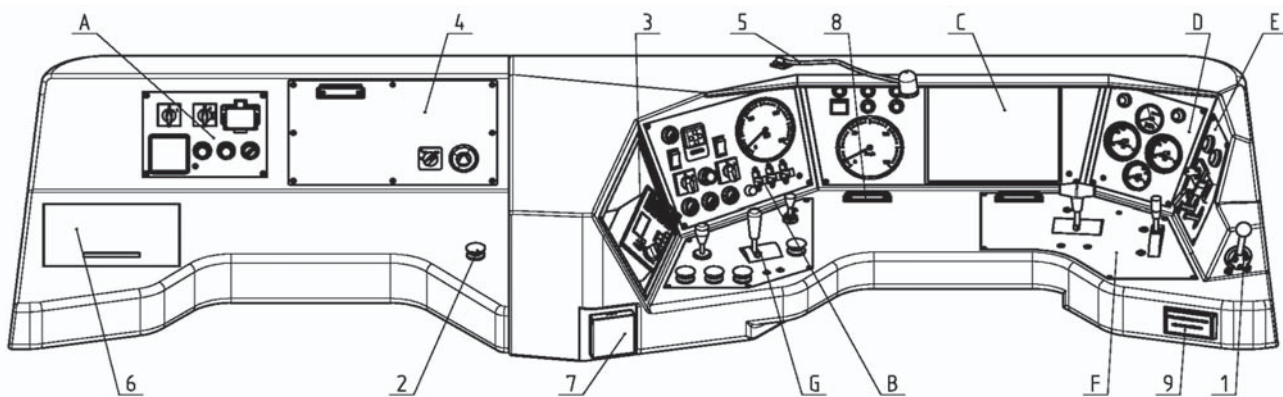
Zmodernizowana lokomotywa posiadać będzie nowoczesne i ergonomiczne kabiny maszynisty.

Dla poprawy bezpieczeństwa i komfortu pracy obsługi nastąpi powiększenie objętości kabiny w wyniku przesunięcia ścian tylnych i rezygnacji z przedsiónek po-



Rys. 12. Rozmieszczenie urządzeń w kabinie

- 1 - pulpit; 2 - podnózek pomocnika; 3 - podnózek maszynisty; 4 - nożny przycisk czujności; 5 - nożny przycisk piasecznic; 6 - wylot powietrza z klimatyzatora na kabine; 7 - fotel; 8 - zasłony okien czołowych; 9 - klimatyzator; 10 - szafa NN2; 11 - szafa NN1; 12 - szafka odzieżowa; 13 - szafka z grzejnikami kabinowymi; 14 - szafka z ogrzewaczem bezciśnieniowym; 15 - umywalka odchylna; 16 - lodówka



Rys. 13. Rozmieszczenie urządzeń i aparatów na pulpicie sterującym

1 - zawór hamulca bezpieczeństwa; 2 - przycisk dezaktywacji SHP/CA; 3 - panel radiotelefonu; 4 - panel sterujący klimatyzatora; 5 - lampka pulpitowa; 6 - kuchenka 230V; 7 - podstawka pod szklanę; 8 - klips do rozkładu jazdy; 9 - popielniczka; A - panel; B - panel przełączników lewy; C - panel czołowy; D - panel manometrów; E - panel boczny prawy; F - panel prawy; G - panel lewy

średnich. Do każdej kabiny prowadzić będą jedne drzwi zewnętrzne, usytuowane po stronie pomocnika, drzwi wewnętrzne przejściowe w środku usytuowane na ścianie tylnej oraz drzwi zewnętrzne usytuowane na ścianach bocznych.

Ogólne rozmieszczenie urządzeń w kabinie maszynisty zaprezentowano na rysunku 12.

W wyniku modernizacji każda kabina maszynisty uzyska:

- nowoczesny pulpit sterujący o rozdzielonych płaszczyznach informacyjnych i wykonawczych (rys. 13),
- układ klimatyzacji z klimatyzatorem zabudowanym w pulpicie sterującym oraz dodatkowe nagrzewnice elektryczne zabudowane na ścianie tylnej,
- instalację radiotelefonu nadawczo-odbiorczego powiązanego z systemem radiostopu,
- dwa nowoczesne fotele spełniające wymagania ergonomii i zapewniające możliwość szybkiej ewakuacji,
- drzwi wewnętrzne usytuowane na ścianie tylnej zapewniające szybką ewakuację w przypadku zagrożenia,
- zastony przeciwsłoneczne na oknach czołowych i przyciemnione szyby okien bocznych typu odskokowo przesuwne,
- okna czołowe z elektrogrzewczymi szybami wielowarstwowymi i z wycieraczkami oraz spryskiwaczami z napędem elektrycznym,
- lusterka boczne podgrzewane elektrycznie z regulacją z wnętrza kabiny,
- płytę grzewczą (kuchenkę) zabudowaną na pulpicie sterującym,
- lodówkę, pojemnik na odpady, szafki narzędziowe i odzieżowe oraz umywalkę,
- izolację akustyczną i termiczną spełniającą wysokie wymagania dotyczące tłumienia dźwięku i zapewniające właściwy komfort ciepły,
- nowe wyłożenia płytami poliwęglowanymi i laminatami poliestrowo-szklanymi,
- podłogę pokrytą wykładziną antypoślizgową.

Poprawę widoczności w kabinie przewiduje się uzyskać w wyniku zastosowania szyb elektrogrzewczych, wycieraczek i spryskiwaczy o napędzie elektrycznym oraz podgrzewanych lusterek. Układ pulpit sterujący – fotel zapewni możliwość realizacji jazdy i hamowania w pozycji siedzącej i stojącej.

Oświetlenie kabiny zapewnią świetlówki z możliwością regulacji natężenia oraz lampy oświetlenia awaryjnego i pulpitowego.

Oświetlenie zewnętrzne lokomotywy tworzyć będą małogabarytowe lampy z żarówkami halogenowymi oraz lampy sygnałowe z filtrami czerwonymi.

Nad kabinami, na dachu, zostaną zainstalowane syreny akustyczne, a pod ostoją od czoła elektryczne sygnały ostrzegawcze.

Hałas emitowany przez lokomotywę na zewnątrz i wewnątrz zarówno na postoju, jak i podczas jazdy spełniać będzie określone wymagania zawarte w polskich przepisach kolejowych.

### Układ zabezpieczenia przeciwpożarowego

Konstrukcja zmodernizowanej lokomotywy uwzględniać będzie wymagania przeciwpożarowe ujęte w ustalonych przepisach krajowych i międzynarodowych. W zmodernizowanej lokomotywie w przedziale maszynowym (silnikowym), zabudowana zostanie stała instalacja gaśnicza z gazem gaszącym obojętnym zarówno dla obsługi, jak i dla urządzeń wewnętrznych.

Schemat instalacji gaszącej przedstawiono na rysunku 14.

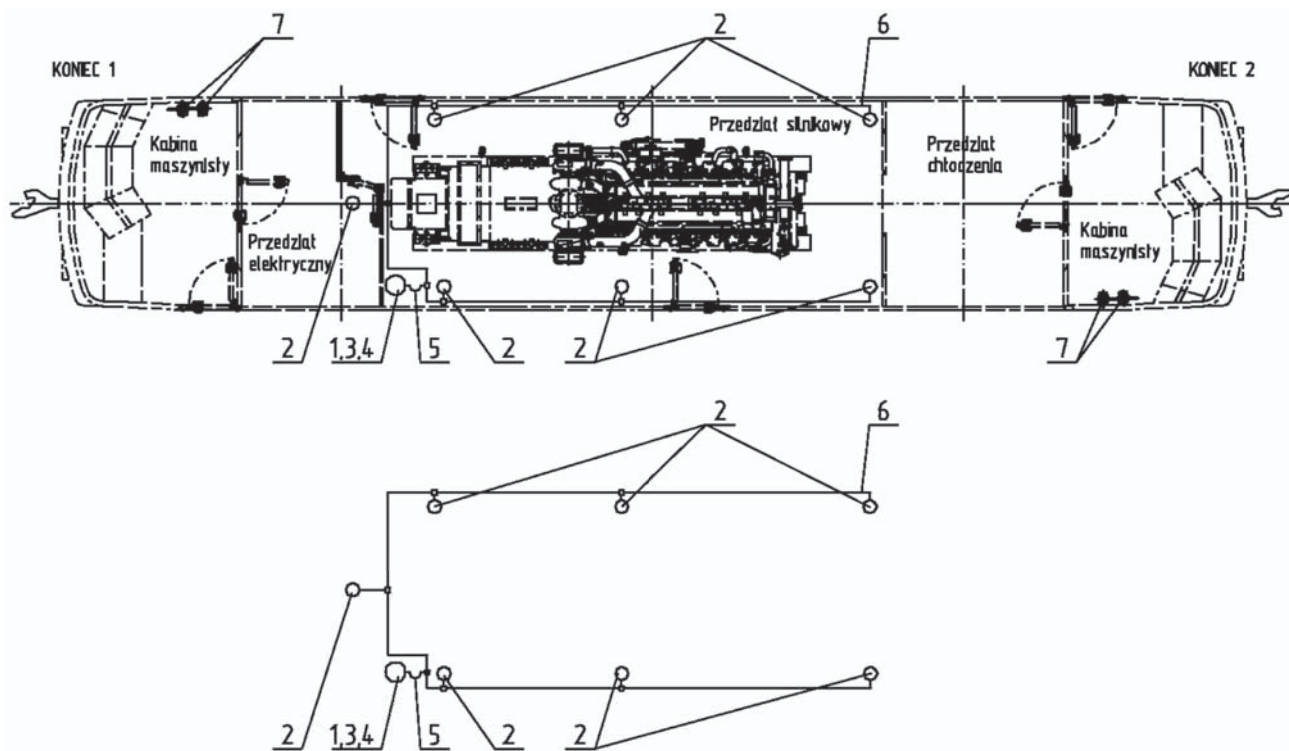
Gaz sprężony w butli o pojemności 87 dcm<sup>3</sup> zapewni ochronę całego przedziału maszynowego. Z butli gaz zostanie rozprowadzony rurami do dysz. Układ będzie uruchamiany automatycznie, ręcznie lub awaryjnie za pośrednictwem siłownika ręcznego zabudowanego na zaworze butli. Wyzwalanie automatyczne będzie następować po wykryciu pożaru przez czujki i potwierdzeniu sygnału przez maszynistę. Wyzwalanie ręczne nastąpi po uruchomieniu przez maszynistę, a wyzwalanie awaryjne będzie miało miejsce w sytuacjach krytycznych, gdy zawładnie wyzwalanie automatyczne lub ręczne.

Ponadto instalacja gaśnicza będzie uruchamiana z każdej kabiny każdej lokomotywy przy eksploatacji w trakcji wielokrotnej.

### Schemat utrzymania lokomotywy w eksploatacji

Zmodernizowana lokomotywa wyposażona w system diagnostyki umożliwi łatwą lokalizację uszkodzeń zespołów i urządzeń oraz ich wykrywalność. Przewidywany cykl przeglądowo-naprawczy obejmować będzie:

- przegląd P1 – mały wykonywany co 15 000 km ±10%,
- przegląd P2 – średni wykonywany co 45 000 km ±10%,



Rys. 14. Schemat instalacji gaśniczej

1 - butla, pojemność 87 dcm<sup>3</sup>; 2 - dysza DN15, 1800; 3 - zawór; 4 - siłownik; 5 - łącznik elastyczny; 6 - orurowanie; 7 - gaśnice

- przegląd P3 – duży wykonywany co 135 000 km  $\pm$ 10%,
- naprawę rewizyjną R1 – wózków co 400 000 km;
- naprawę rewizyjną R2 – lokomotywy, co 800 000 km,
- naprawę główną NG – lokomotywy co 1 600 000 km.

Zakres czynności przeglądowych będzie adekwatny do zebranych informacji z systemu diagnostycznego, a przebiegi między przetoczeniami kół będą większe niż 180 000 km.

Przewiduje się również, że współczynnik gotowości technicznej będzie większy niż 0,9, a zmodernizowana lokomotywa będzie z powodzeniem eksploatowana przez następne 25 lat.

Technologiczność naprawczą lokomotywy zapewnią:

- łatwa dostępność do zespołów i elementów,
- mała pracochłonność wymiany uszkodzonych zespołów i elementów,
- łatwy demontaż i montaż,
- unifikacja części.

### Zakończenie

Zaprezentowane rozwiązania konstrukcyjne zastosowane w modernizowanej lokomotywie winny przynieść następujące główne efekty:

- zmniejszenie zużycia oleju napędowego (dla prównywalnych zadań trakcyjnych),

- zdecydowaną poprawę własności trakcyjnych (zwiększenie prędkości jazdy na trudniejszych odcinkach trasy LHS),
- wydłużenie okresów międzyprzeglądowych i międzynaprawczych,
- zmniejszenie pracochłonności przeglądów i napraw,
- poprawę warunków pracy i bezpieczeństwa obsługi.

Ostateczne określenie jakościowe i ilościowe efektów modernizacji będzie możliwe po przeprowadzeniu prób i badań lokomotywy a zwłaszcza po eksploatacji próbnej i wykonaniu poszczególnych przeglądów okresowych.

Należy jednak zauważyć, że kierunki tej modernizacji zostały wybrane prawidłowo, o czym świadczą mogą wykonane podobne modernizacje na lokomotywach SM42, SM48 (TEM2) i SP32.

Autorzy

dr inż. Zygmunt Marciniak

dr inż. Zbigniew Durzyński

Instytut Pojazdów Szynowych „Tabor” Poznań