

## Koncepcja polskiej lokomotywy spalinowej z hybrydowym układem napędowym

*Artykuł jest poświęcony zagadnieniom związanym z zastosowaniem hybrydowych układów napędowych w lokomotywach spalinowych przeznaczonych do prac manewrowych i prowadzenia lekkich pociągów towarowych. Przedstawiono w nim korzyści wynikające z wprowadzenia napędu hybrydowego oraz zaprezentowano będące w eksploatacji lokomotywy użytkowane za granicą. Ponadto w referacie przedstawiono wytyczne i wymagania w stosunku do głównych zespołów i urządzeń napędu hybrydowego oraz wstępne koncepcje krajowych lokomotyw hybrydowych zbudowanych na bazie manewrowych lokomotyw spalinowych typu 6Di, 401Da i TEM2. W zakończeniu przedstawiono koncepcje przewidywane do osiągnięcia po wprowadzeniu napędów hybrydowych w krajowych lokomotywach spalinowych. Referat został przygotowany w ramach realizowanego projektu rozwojowego NR 10 0062-10/2011 pt „Lokomotywa manewrowa z hybrydowym układem napędowym z wykorzystaniem wysokowydajnych zasobników energii”*

### 1. Wprowadzenie

W ostatnich latach coraz częściej zwraca się uwagę na minimalizację oddziaływania szkodliwego pojazdów szynowych, w tym lokomotyw spalinowych na środowisko naturalne. Oprócz ograniczenia zużycia energii (w tym zmniejszenie zużycia jednostkowego paliwa i środków smarnych) dąży się również do redukcji zanieczyszczeń środkami toksycznymi i gazami cieplarnianymi emitowanych do środowiska naturalnego, przede wszystkim przez silniki spalinowe.

Jednym ze sposobów ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne jest zastosowanie w eksploatacji pojazdów trakcji spalinowej napędów hybrydowych.

Z doświadczeń krajów wysoko uprzemysłowionych wprowadzenie napędów hybrydowych (układów napędowych z minimum dwoma źródłami energii) przyniosło w eksploatacji lokomotyw spalinowych następujące korzyści [1,2,4]:

- zmniejszenie do 60% zużycia paliwa
- odzysk do 40 % energii wykorzystywanej w procesie hamowania
- ograniczenie o 40% emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub> i HC) do atmosfery
- zmniejszenie o 10% emisji CO i NO<sub>x</sub> oraz cząstek stałych do atmosfery
- redukcję poziomu hałasu zewnętrznego i wewnętrznego w kabinach sterowniczych
- obniżenie poziomu drgań w kabinach sterowniczych
- obniżenie kosztów eksploatacji i utrzymania

Ponadto zastosowanie napędów hybrydowych w lokomotywach spalinowych zwłaszcza pracujących w ruchu manewrowym pozwalać będzie na pełne wykorzystanie mocy silników trakcyjnych, optymalną pracę silnika spalinowego, dłuższe przebiegi i czas pracy silników spalinowych oraz wyraźną poprawę komfortu jazdy.

W pojazdach trakcji spalinowej stosowane są zasadniczo dwa rodzaje układów hybrydowych – szeregowy i równoległy [2], przy czym napędy trakcyjne mogą być zasilane wyłącznie z akumulatorów lub wykorzystywać tylko silnik spalinowy. Można również wykorzystywać oba źródła energii jednocześnie.

Najbardziej racjonalnym układem napędu hybrydowego w zastosowaniu do lokomotyw spalinowych jest układ szeregowy ponieważ silnik spalinowy może pracować na węższym zakresie obrotów, unika się szybkich zmian prędkości i obciążeń oraz dodatkowej emisji składników toksycznych spalin do atmosfery, silnik pracuje w optymalnym zakresie, a jego jednostkowe zużycie oleju napędowego jest najmniejsze a ponadto zasięg ciągniętych pociągów jest duży – mimo małej mocy zainstalowanego zespołu prądotwórczego.

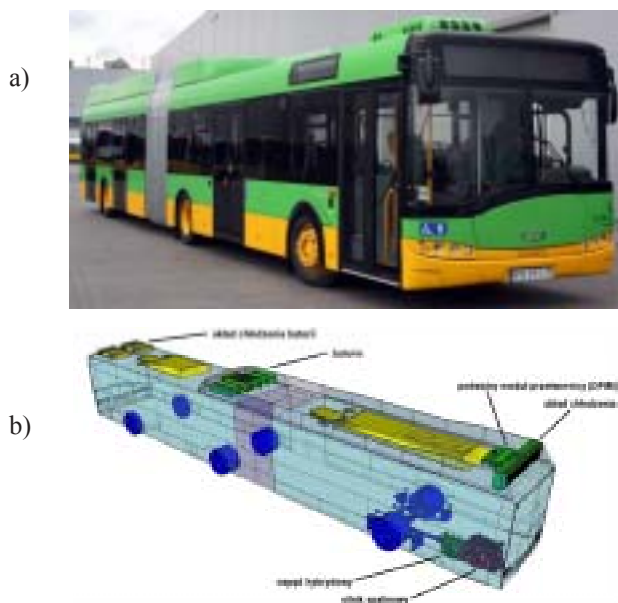
Dalszą część prezentowanego referatu będzie poświęcona ogólnej prezentacji układów hybrydowych stosowanych w pojazdach drogowych i szynowych z napędem spalinowym oraz koncepcje zabudowy układów hybrydowych w modernizowanych spalinowych lokomotywach przewidzianych do prac manewrowych oraz prowadzenia lekkich pociągów towarowych i osobowych.

Prace związane z przygotowaniem koncepcji i założeń konstrukcyjnych napędów hybrydowych w zastosowaniu do lokomotyw serii SM42 i typu 401Da oraz TEM2 zostały rozpoczęte w połowie 2011 r. w Instytucie Pojazdów Szynowych „Tabor” w Poznaniu.

## 2. Przegląd hybrydowych układów napędowych drogowych i szynowych pojazdów z napędem spalinowym.

W pojazdach drogowych układy napędu hybrydowego stosowane są w autobusach miejskich i służą przede wszystkim do odzysku energii hamowania a następnie jej wykorzystaniu podczas ruszania i przyspieszania pojazdu. W autobusach miejskich stosowane są układy hybrydowe szeregowy, równoległy i mieszane [2].

Przykładami hybryd autobusowych są między innymi autobusy Mercedes Benz Citaro, MAN Lion, Volvo 7700 oraz Solaris Urbino 18 Hybrid II generacji. Widoki wybranych autobusów z układami hybrydowymi przedstawiono na rys.1 i 2 a ich główne parametry w tabelicy 1.



Rys.1 Autobus miejski Solaris Urbino 18 Hybrid II generacji (a) oraz rozmieszczenie w nim zespołów i urządzeń układu hybrydowego (mieszanego) (b)



Rys.2 Autobus miejski firmy MAN typu Lions City z układem hybrydowym

Należy również wspomnieć o napędach hybrydowych stosowanych w trolejbusach, tramwajach oraz elektrycznych zespołach trakcyjnych w których stosowane są układy związane z odzyskiwaniem energii uzyskiwanej najczęściej podczas procesu hamowania oraz jej akumulowanie, w wysokowydajnych zasobnikach energii [1,2,3].

Dość późno rozpoczęto wprowadzanie układach napędowych w spalinowych pojazdach szynowych. Przestankami decydującymi o ich wprowadzeniu była poprawa oddziaływania na środowisko naturalne oraz obniżenie zużycia paliwa. Najczęściej napędy hybrydowe stosowane są w lokomotywach spalinowych poddanych procesom modernizacyjnym lub odnowy, chociaż w ostatnich okresie rozpoczęto budowę nowych lokomotyw spalinowych przeznaczonych przede wszystkim do prac manewrowych i prowadzenia lekkich pociągów towarowych i osobowych.

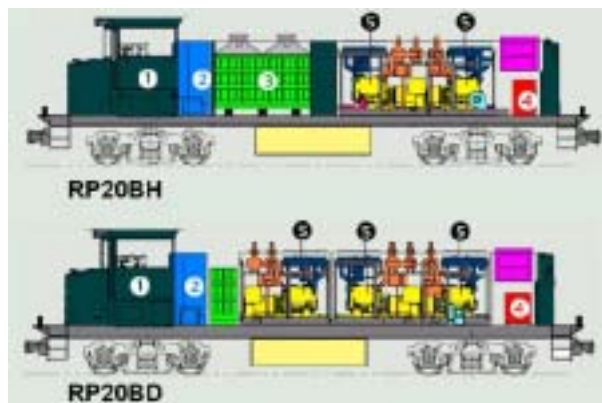
Największe doświadczenie w wdrażaniu hybrydowych układów napędowych ma firma Railpower Technologies Corp, która zmodernizowała i przerobiła już kilkadziesiąt sztuk lokomotyw manewrowych i liniowych w większości starego typu i wycofanych z eksploatacji. W lokomotywach tych napęd hybrydowy tworzy zespół prądowórczy (silnik spalinowy + prądnica synchroniczna) oraz ładowane przez niego

**Tabela 1 Parametry techniczne autobusów z napędami hybrydowymi**

Parametr \ typ autobusu	Jelcz PR110 Lublin	Skoda 21TrACI	Solaris Trollino 18
Moc agregatu prądowórczego	-	100kW	100kW
Moc superkondensatorów	0.75kWh	-	0.61kWh
Akumulatory	6kWh	-	-
Zasięg autobusu bez trakcji	2-3 km	nieograniczony	400m/nieograniczony
Masa własna	11600 kg	11850 kg	18500 kg
Liczba miejsc ogółem/siedz.	110/36	86/26	171/48
Wymiary d/s/w	12000/2500/3480 mm	11760/2500/3365 mm	18000/2550/3220 mm
Typ silnika spalinowego	Elmor DK210A3P	b.d.	CEGELEC
Moc silnika spalinowego	110 kW	140 - 175 kW	288 kW

wysokowydajne zasobniki energii. Energia z zasobników poprzez przekształtnik trakcyjny zasila silniki trakcyjne. W zależności od zapotrzebowania na energię silniki trakcyjne mogą być zasilane z zasobników, prądnicy głównej lub z obu źródeł jednocześnie, przy czym optymalnym wykorzystaniem energii steruje układ mikroprocesorowy.

Modułową konstrukcję lokomotyw firmy Railpower Technologies Corp przedstawiono na rys.3 a ideę działania napędu hybrydowego na rys.4



Rys.3 Modułowe konstrukcje liniowych lokomotyw hybrydowych firmy Railpower Technologies Corp 1-kabina maszynisty, 2-przedział elektryczny, 3-zasobniki energii, 4-przedział pneumatyczny, 5-agregaty prądowców



Rys.4 Idea działania napędu hybrydowego konstrukcji Railpower Technologies Corp

Innymi przykładami spalinowych lokomotyw hybrydowych są lokomotywy firmy Alstom wyposażone w oszczędny i ekologiczny generator z silnikiem wysokoprężnym, który ładuje akumulatory i może być wykorzystywany również bezpośrednio do napędu silników trakcyjnych przy ekstremalnych obciążeniach. Lokomotywy mogą pracować zasadniczo w ruchu manewrowym, jak i liniowych.

Widok ogólny tych lokomotyw przedstawiono na rys. 5 i 6.



Rys.5 Hybridowa lokomotywa spalinowa serii BR203 firmy Alstom



a)



b)

Rys.6 Hybridowa lokomotywa spalinowa typu H3 firmy Alstom a-widok ogólny, b-rozmieszczenie maszyn i urządzeń w lokomotywie

Podobna w budowie jest lokomotywa typu H300 o układzie osi Bo-Bo zaprojektowana w zakładach Toshiba w Japonii do obsługi terminali towarowych w Tokio [3]. Widok ogólny lokomotywy przedstawiono na rys.7.



Rys.7 Hybridowa lokomotywa manewrowa typu HD 300 firmy Toshiba

Innymi ciekawymi rozwiązaniami lokomotyw hybrydowych jest ciężka lokomotywa towarowa o mocy 4400 kW (a dzięki magazynowanej energii w akumulatorach moc można podnieść do 6400kW) wykonana w firmie General Electric [2] oraz lokomotywa typu BREAm 923 o układzie osi Bo dla kolei szwajcarskich, która napędzana jest zarówno przez zespół prądowców z silnikiem spalinowym o mocy 360kW lub z sieci trakcyjnej prądu przemiennego o napięciu 15kV/16,7Hz (lub 25kV/50Hz). Przy zasilaniu z sieci moc lokomotywy może wzrosnąć nawet do 1500kW [2, 3]. Widoki ogólne lokomotyw przedstawiono na rys.8 i 9.



a)



b)



Rys. 8 Spalinowa lokomotywa hybrydowa typu 2010GE GE Evolution Hybrid firmy General Electric (a-widok ogólny, rozmieszczenie maszyn i urządzeń)



Rys.9 Hybrydowa lokomotywa kolei szwajcarskiej BR Eem 923

Ogólne parametry wybranych spalinowych lokomotyw hybrydowych przedstawiono w tablicy 2.

### 3. Koncepcje krajowych spalinowych lokomotyw manewrowych z hybrydowymi układami napędowymi.

Zaniechanie produkcji nowoczesnych lokomotyw spalinowych w kraju zdecydowało o rozpoczęciu procesu ich modernizacji prowadzonej w ramach napraw głównych. Dotyczyło to początkowo lokomotyw manewrowych, a w ostatnim okresie również

Tablica 2 Podstawowe parametry techniczne hybrydowych lokomotyw spalinowych

Lp	Lokomotywy		Moc silnika spalinowego	Moc zmagazynowana w akumulatorach	Rodzaj użytych baterii	Prędkość maksymalna	Układ osi
	Typ	Producent					
1.	Evolution Hybrid	General Electric	4400 KM	1471 kW	-	120 km/h	Co-Co
2.	BR203	Alstom	238 kW	-	Baterie akumulatorów firmy Hoppecke	60 km/h	Bo-Bo
3.	GK10B	Railpower Technologies Corp	120 KM	-	700V DC 600Ah typu VRLA		Bo-Bo
4.	GG20B	Railpower Technologies Corp	268 KM	-	700V DC 1200Ah typu VRLA		Bo-Bo
5.	RP20BH	Railpower Technologies Corp	(2 silniki) 667 KM	-	700V DC 600Ah typu VRLA		Bo-Bo
6.	RP20BD	Railpower Technologies Corp	(3 silniki) 667 KM	-	-		Bo-Bo
7.	64Z/Desiro	MTU Friedrichshafen GmbH	315 kW	400 kW	-		-
8.	KiHa E200 DEMU	Hitachi	331 kW	-	16 wysokowydajnych akumulatorów litowo jonowych pojemności 15.2Ah	100 km/h	Bo-Bo
9.	H3	Alstom	Wersja pierwsza - 700 kW Wersja druga - 2 silniki o łącznej mocy 700 kW Wersja trzecia - 1000 kW	-	-	100 km/h	Ao-Ao-Ao
10.	HD300-901	Toshiba	-	-	-	110 km/h	Bo-Bo
11.	ALP-45DP	Bombardier	4200 KM	-	-	160÷200 km/h	Bo-Bo

lokomotyw liniowych. Szczegółowa analiza eksploatacyjna lokomotyw wykazała również ich małą obciążalność, zwłaszcza w realizacjach prac manewrowych (nawet do ok. 80% czasu pracy na biegu jałowym). Celowym więc byłoby wyposażenie tych lokomotyw w wysokowydajne zasobniki energii, co w konsekwencji da zastosowanie nowoczesnych silników spalinowych o mniejszej mocy, mniejszym zużyciu paliwa oraz mniejszą emisją składników toksycznych zawartych w spalinach do atmosfery.

Wśród wielu lokomotyw spalinowych eksploatowanych w kraju procesem hybrydyzacji należałoby objąć lokomotywy manewrowe serii SM42 (zmodernizowane) oraz typu TEM2 (SM48) i 401Da, ponieważ ich liczba jest duża, tak więc wprowadzenie napędów hybrydowych dałoby największe efekty ekonomiczne.

### **3.1. Parametry lokomotyw bazowych przewidzianych do wyposażenia w napęd hybrydowy**

W pracach nad koncepcją spalinowych lokomotyw manewrowych wyposażonych w układ napędowy hybrydowy przewiduje się wykorzystanie lokomotyw typu 401Da, 6D i TEM2.

Lokomotywa spalinowa typu 401Da jest przewidziana do lekkich i średnich prac manewrowych na stacjach i górkach rozrządowych oraz do prowadzenia lekkich pociągów towarowych i gospodarczych.

Jest lokomotywą wyposażoną w silnik spalinowy o mocy 350kW i silniki trakcyjne typu Lsa-430 o mocy 173kW. Układ osi C (z wiązarami i dwoma silnikami trakcyjnymi) umożliwi jazdę z prędkością 60km/h. Mimo wykonania około 500 szt. lokomotywy tego typu nie doczekały się żadnej większej i kompleksowej modernizacji.

Lokomotywa spalinowa serii SM42 (typu 6Dg, 6Di, 6Dk) jest typową lokomotywą manewrową a jednocześnie jest wykorzystywana jako lokomotywa (serii SP42 lub SU42) do prowadzenia lekkich pociągów osobowych i towarowych. Bazowa lokomotywa 6D jest wyposażona w silnik typu a8C22 o mocy 800kW, prądnicę prądu stałego oraz silniki trakcyjne typu Lsa-430 o mocy 173kW. Układ osi Bo-Bo umożliwi rozwijanie prędkości do 90km/h. Obecnie na rynku przewozowym wykorzystywane są lokomotywy typu 6Dg i 6Dk modernizowane przez Newag Nowy Sącz i PESA Bydgoszcz, a w 2012r. wprowadzona zostanie lokomotywa 6Di wyprodukowana przez Fablok Chrzanów. Wszystkie lokomotywy wyposażone zostały w nowoczesne silniki spalinowe, zespół prądnic synchronicznych oraz zmodernizowane nadwozie. Bez zmian pozostało podwozie i układy biegowe (wózki).

Lokomotywa spalinowa typu TEM2 (na PKP znane jako SM48) jest lokomotywą przeznaczoną do realizacji ciężkich prac manewrowych oraz prowadzenia pociągów towarowych.

Bazowa lokomotywa TEM2 jest wyposażona w silnik spalinowy typu 882kW, zespół prądnic i silniki trakcyjne prądu stałego. Układ osi Co-Co i prędkość maksymalna 100km/h jest wystarczająca do realizacji zadań trakcyjnych.

Obecnie w eksploatacji są wykorzystywane zmodernizowane lokomotywy TEM2 wyposażone w silniki typu 12V356TC14 i 12V4000R41 firmy MTU i zespół prądnic synchronicznych wykonanych przez konsorcjum „Tamara” oraz lokomotywy typu 15D i 16D (na tor normalny i szeroki) wyprodukowane przez Newag Nowy Sącz i wyposażone w silniki spalinowe firmy CAT typu 3512C o mocy 1480kW.

Do wprowadzenia nowych lokomotyw zmodernizowanych na bazie TEM-2 przygotowuje się również PESA Bydgoszcz i IPS TABOR Poznań. Przewiduje się wykonanie dwóch wersji lokomotyw – jedno i dwuagregatowej w oparciu o nowoczesne silniki spalinowe firmy MTU o mocach od 690 do 1800kW i zespół prądnic synchronicznych. Zachowana zostanie konstrukcja ostoi oraz układy biegowe, przy zmodernizowanych częściowo usprężynowaniu i prowadzeniu zestawów kołowych w ramie wózka.

### **3.2. Podstawowe wymagania i wytyczne dla lokomotyw spalinowych z napędami hybrydowymi**

W przewidzianych do modernizacji spalinowych lokomotywach manewrowych wszystkie nowe i modernizowane układy i zespoły związane z napędem hybrydowym powinny cechować się następującymi wymaganiami i wytycznymi [5]:

- Układ biegowy – bez zasadniczych zmian spełniający wymagania ujęte w normie PN-EN 14363:2007, karcie UIC 518 i raporcie nr 8 ORE (ERRI) B55 w zakresie bezpieczeństwa przed wykołajeniem i oddziaływania na tor
- Układ nadwozia – spełniający wymagania wytrzymałościowe ujęte zasadniczo w normie PN-EN 12663-1:2010 oraz w zakresie kabiny ujęte w TSI „Lokomotywy i wagony pasażerskie”
- Silnik spalinowy – poziom IIIb emisji spalin wg Rozporządzenia MGIP – Dz.U. nr 202 poz 1681 z 19.08.2005 tj. CO -max 3,5g/kWh, HC+NOx -max 4,0g/kWh i cząstki stałe PT -max 0,025g/kWh, małe jednostkowe zużycie paliwa i środków smarnych, duża trwałość
- Zespół prądnic – synchroniczne na jednym wale
- Silnik trakcyjny i napęd osiowy – zasadniczo bez zmian
- Zasobniki energii – baterie litowo-żelowe polimerowe lub niklowo-kadmowe, napięcie zbliżone do napięcia znamionowego silników trakcyjnych, pojemność na min 2h pracy a

- trwałość 1000 cykli, gęstość energii – 40kWh/kg, masa i gabaryty – dobór indywidualny do danego typu lokomotywy
- Układ sterowania układu hybrydowego i lokomotywy - mikroprocesorowy z pełną diagnostyką i możliwością rejestracji wszystkich parametrów pracy
- Układ przekształtnika trakcyjnego – możliwość zasilania z prądnicy, zasobnika i obu źródeł jednocześnie, masa i gabaryty w zależności od typu i mocy lokomotywy
- Układ ładowania i rozładowania zasobników – możliwość ładowania z prądnicy i obcego (zewnętrznego) źródła, czas ładowania poniżej 5h, pełna kontrola rozładowania i pełna diagnostyka w zakresie parametrów prądowo-napięciowych, temperatur i energii, masa i gabaryty w zależności od wielkości zasobników

Oczywistym jest, że szczegółowe parametry poszczególnych zespołów i układów hybrydowych zależne będą od typu (serii) lokomotywy przeznaczonej do ich zabudowy.

### 3.3. Wstępne koncepcje lokomotyw z napędami hybrydowymi

Największy i racjonalny efekt uzyska się wprowadzając układy napędu hybrydowego w modernizowanych lokomotywach w których dodatkowo zabuduje się (w miejsce silnika dużej mocy) nowy zespół prądowców o mniejszej mocy o około 70-80% spełniający najnowsze wymagania w zakresie zużycia paliwa i środków smarnych oraz wymagania w zakresie emisji składników toksycznych spalin, w tym CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub> i cząstek stałych do atmosfery.

W proponowanych lokomotywach zakłada się zastosowanie szeregowego układu napędu hybrydowego, w którym silnik spalinowy poprzez prądnicę synchroniczną i prostownik ładuje wysokowydajne zasobniki energii. Po naładowaniu zasobniki zasilają silniki trakcyjne. W proponowanej wstępnej koncepcji zakłada się zwiększoną ilość baterii o pojemnościach gwarantujących rozwijanie pełnej mocy przez silniki trakcyjne. Dodatkowo w koncepcji założono również możliwość wykorzystania do ładowania zasobników, energii odzyskiwanej w procesie hamowania, z zewnętrznego źródła prądu lub z zbudowanego (jako jeden z wariantów) odbieraka prądu pod-

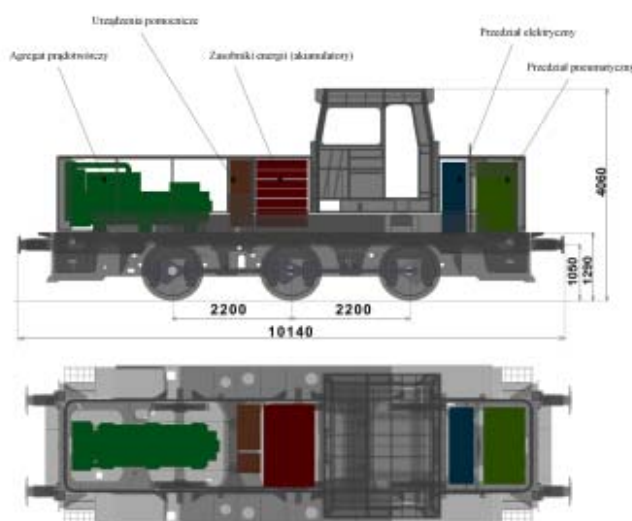
czas eksploatacji pod siecią trakcyjną.

Ogólny (wstępny) schemat blokowy napędu hybrydowego dla wszystkich branych pod uwagę lokomotyw przedstawiono na rys. 10.

W koncepcji nie należy wykluczać zastosowania równoległego (lub mieszanego) układu napędu hybrydowego jak również zabudowy dwóch lub trzech zespołów prądowców oraz zabudowy kilku segmentów wysokowydajnych zasobników energii. Do dyspozycji mamy między innymi akumulatory ołowio-kwasowe, niklowo-kadmowe, niklowo-metalowo-wodorkowe firmy Hoppecke, ogniwa ołwiowe i baterie niklowo-kadmowe firmy Hawker oraz akumulatory niklowo-kadmowe firmy Ferak.

Dla lokomotywy typu 401Da można skompletować zasobniki z akumulatorów firmy Hawker typu „Odyssey” o pojemności 42Ah, prądzie rozruchowym 550A, pracujących w temperaturze od -60 do +70°C. Oczywiście jest, że lokomotywy typu 401Da wymagać będą pełnej modernizacji nadwozia tj. przedziałów maszynowych i kabiny sterowniczej z zastosowaniem modułowej konstrukcji poszczególnych sekcji modułów.

Widok ogólny lokomotywy typu 401Da z układem napędu hybrydowego przedstawiono na rys.11.

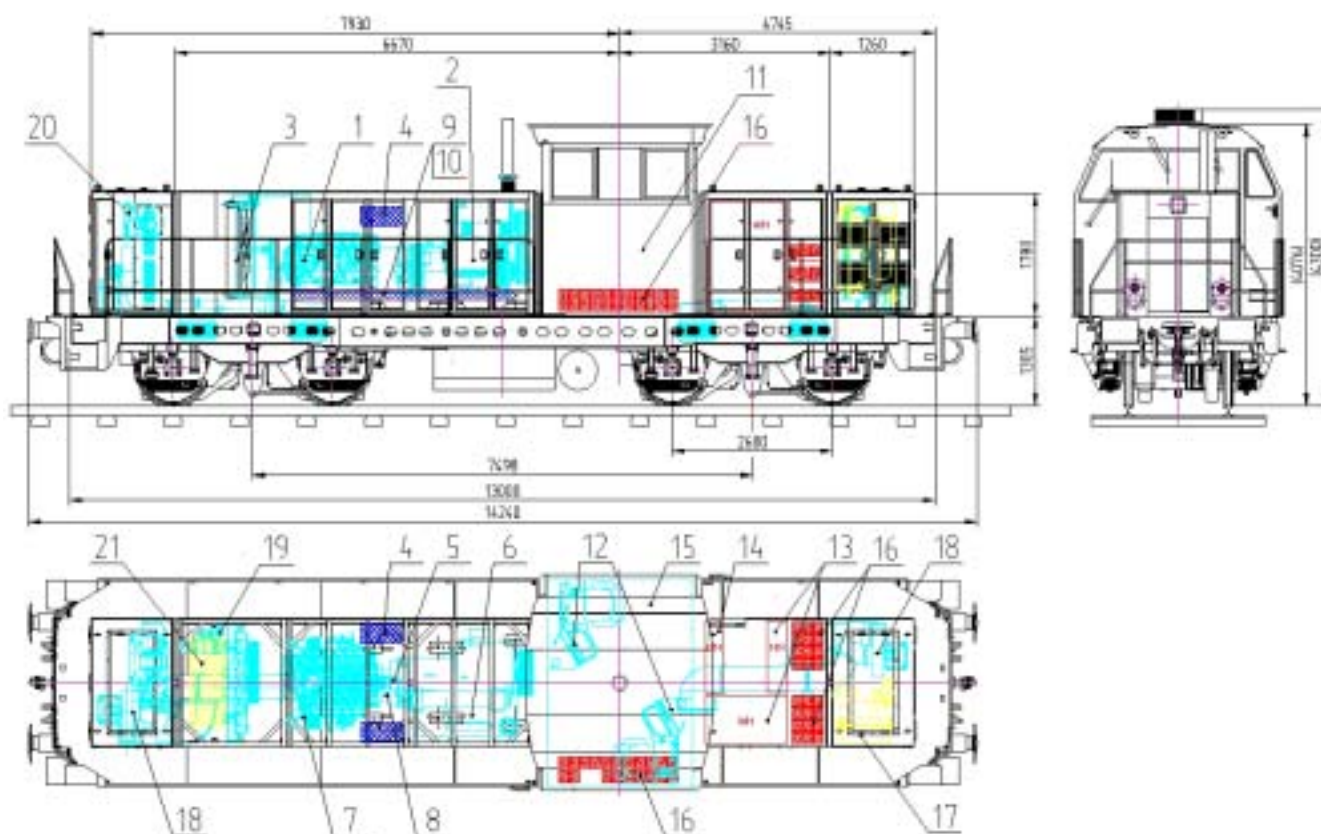


Rys.11 Ogólny widok wraz z rozmieszczeniem zespołów i urządzeń w lokomotywie typu 401Da z hybrydowym układem napędowym



Rys. 10 Wstępny schemat blokowy napędu hybrydowego spaliniowej lokomotywy manewrowej





Rys.12 Ogólny widok wraz z rozmieszczeniem zespołów i urządzeń w lokomotywie typu 6Di z hybrydowym układem napędowym

1. Silnik spalinowy , 2. Zespół prądnic synchronicznych , 3. Chłodnica / wentylator , 4. Filtr powietrza, 5. Rury wydechowe, 6. Tłumik wydechu , 7. Rury powietrza doladowania, 8. Sprzęgło główne, 9. Rama podsilnikowa / amortyzator, 10. Belka podsilnikowa, 11. Kabina maszynisty, 12. Pulpity sterownicze, 13. Szafy WN, NN, 14. Tablica NN, 15. Skrzynia prostowników / falowników, 16. Skrzynia akumulatorów, 17. Tablica pneumatyczna, 18. Wentylatory silników trakcyjnych , 19. Podgrzewacz Webasto, 20. Agregat sprężarkowy, 21. Wylot powietrza z chłodnicy

Dla lokomotyw typu TEM2 koncepcja zabudowy układu napędu hybrydowego będzie podobna do koncepcji rozwijanej z wykorzystaniem zmodernizowanej lokomotywy spalinowej typu 6Di.

#### 4. Podsumowanie

Układy napędów hybrydowych dla spalinowych lokomotyw manewrowych (w przyszłości również liniowych) to z jednej strony obniżenie kosztów eksploatacji, z drugiej natomiast zmniejszenie ich szkodliwego oddziaływania na środowisko naturalne.

Obecnie w Instytucie Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu prowadzi się prace wstępne i koncepcyjne nad zastosowaniem układów napędu hybrydowego w spalinowych lokomotywach manewrowych. Należy oczekiwać, że wprowadzenie napędów hybrydowych przyniesie wymierne efekty ekonomiczno-ekologiczne, przy czym będą one wyższe im więcej lokomotyw będzie zmodernizowanych. Oczywiście jest, że na pewno obniży się zużycie paliwa, szkodliwa emisja składników toksycznych do atmosfery oraz hałas i drgania, a także zwiększy się niezawodność zespołów.

Dokładne wartości oczekiwanych efektów będą ustalone dopiero po zbudowaniu lokomotyw z układami napędu hybrydowego oraz po przeprowadzeniu prób i badań w tym wielomiesięcznych prób eksploatacyjnych.

#### 5. Literatura.

- [1] Marciniak Z.; *Hybrydowe układy napędowe lokomotyw spalinowych. Logistyka, 2010, nr 4.*
- [2] Marciniak Z.; *Napędy hybrydowe pojazdów trakcji elektrycznej i spalinowej. Pojazdy Szynowe, 2011, nr 4.*
- [3] *Praca zbiorowa: Przegląd pojazdów trakcyjnych (elektrycznych i spalinowych) z hybrydowymi układami napędowymi. Opracowanie OR-10111, IPS TABOR Poznań, 09.2011.*
- [4] *Praca zbiorowa: Analiza konstrukcyjna i eksploatacyjna lokomotyw spalinowych z hybrydowymi układami napędowymi. Opracowanie OR-10112, IPS TABOR Poznań, 09.2011.*
- [5] *Praca zbiorowa. Wytyczne i wymagania dla głównych zespołów i urządzeń napędów hybrydowych. Opracowanie OR-10127, IPS TABOR Poznań, 02.2012.*