

# Koncepcja remotoryzacji pomocniczego pojazdu szynowego z wykorzystaniem napędu elektrycznego

**Streszczenie.** Niniejszy artykuł przedstawia koncepcję przebudowy lekkiego pomocniczego pojazdu szynowego, napędzanego silnikiem spalinowym. Do przebudowy wykorzystany zostanie elektryczny zespół napędowy, zasilany z akumulatorów. Omówiono zasady doboru komponentów zespołu napędowego i bateryjnego zasobnika energii. Przedstawione zostały przykładowe charakterystyki trakcyjne dla pojazdu przebudowanego, z uwzględnieniem jego przewidywanego zasięgu.

**Abstract.** This article presents a concept for the conversion of a light auxiliary rail vehicle powered by an internal combustion engine. The conversion will use an electric drive train, powered by batteries. The principles of selecting the components of the powertrain and the battery energy storage unit are discussed. Sample traction characteristics for the rebuilt vehicle are presented, including its expected range. (**Concept of remotorization of an auxiliary rail vehicle using electric drive**)

**Słowa kluczowe:** pojazd szynowy, zasobnik trakcyjny, modernizacja.

**Keywords:** rail vehicle, traction battery, modernization.

## Wprowadzenie

Pomocnicze pojazdy szynowe wykorzystywane są w szerokim zakresie: zarówno do prac manewrowych z wagonami na bocznicach kolejowych, jak również prac roboczych przy infrastrukturze torowej. Pojazd taki może prowadzić prace robocze samodzielnie lub ze składem wagonów, a także prace manewrowe z wagonami towarowymi, osobowymi, lokomotywami oraz jednostkami trakcyjnymi. Prace te odbywać się mogą również wewnątrz budynków, hal czy innych elementów infrastruktury (np. tunele kolejowe), gdzie możliwość pracy silnika spalinowego jest mocno ograniczona ze względu na emisję spalin, co może być szkodliwe dla pracujących w pobliżu ludzi.

Podkreślić należy często znaczny stopień wyeksploatowania silników spalinowych w takich pojazdach, a także problemy z dostępnością części zamiennych, uniemożliwiających wykonanie pełnej naprawy głównej jednostki spalinowej.

Zgodnie z danymi największego przewoźnika krajowego, aktualnie w Polsce średnia wieku eksploatowanych lokomotyw spalinowych przekracza 40 lat. Co istotne, wiek lekkich lokomotyw manewrowych funkcjonujących w Polsce nie odbiega znacząco od tej średniej [9]. Rozwiązania technologiczne stosowane w tych jednostkach, nawet po modernizacjach i naprawach głównych, często nie spełniają nawet limitów norm emisji spalin z 1990 roku, a ich właściciele nie są w stanie zapłacić za ich dodatkową modernizację. Aby spełnić normy należałoby wymienić tabor na nowy lub przeprowadzać wysokobudżetowe naprawy główne wraz z modernizacją, co często jest ekonomicznie nieuzasadnione, a dla wielu użytkowników wręcz niewykonalne. W związku z tym wyeksploatowane pojazdy są w dalszym ciągu w użytku.

Przykładowo – manewrowa lokomotywa spalinowa Fablok 2D (typ fabryczny Ls150 / 2Ls150, moc silnika 150 kW) i jej typ pochodny Zastał 409Da (moc silnika 180 kW) została wyprodukowana w ilości prawie 1000 sztuk w latach 1959-1995. Do chwili obecnej eksploatowanych jest w niezmienionej formie jeszcze kilkadziesiąt sztuk tych lokomotyw na bocznicach przemysłowych i wśród przewoźników (np. PKP Cargo i spółki zależne – seria SM03) [7, 9].

Natomiast PKP PLK i spółki zależne (DOLKOM, PNUIK, ZRK-DOM, PPM-T, TRAKCJA) eksploatują duże ilości pojazdów pomocniczych, takich jak wózki motorowe, oczyszczarki tucznicza czy drezyny robocze - o zbliżonej mocy silnika spalinowego [7, 8].

Do tej pory na rynku brak jest kompleksowego rozwiązania, które umożliwiłoby znaczne zmniejszenie emisyjności dla szynowych pojazdów pomocniczych oraz lekkich lokomotyw manewrowych, przy założonym ograniczonym budżecie właściciela pojazdu.

## Przyjęte założenia

Przedstawiona koncepcja ma stanowić remotoryzację, tzn. przystosowanie pojazdu spalinowego do napędu elektrycznego. Pojazd poprzez wymianę spalinowego układu napędowego i implementację elektrycznego układu napędowego ma zostać przystosowany do jazdy zeroemisyjnej w trybie baterijnym.

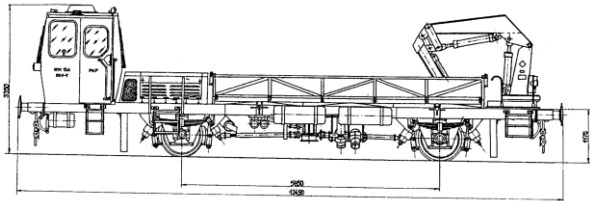
Zamierzone jest osiągnięcie wymaganych i nie odbiegających od traktacji spalinowej wartości prędkości przejazdowych po szlaku kolejowym, przy określonej autonomii samego pojazdu. Zastosowanie baterijnego zasobnika energii pozwoli na uniezależnienie pojazdu od traktacji elektrycznej, co oznacza, że pojazd będzie mógł poruszać się zarówno po każdym rodzaju linii kolejowej (zarówno linii zelektryfikowanej jak i niezelektryfikowanej). Jazda w trybie bezemisyjnym nie będzie zależna od infrastruktury kolejowej, lecz wyłącznie od punktów ładowania zasobników energii, które będą przystosowane do szybkiego ładowania.

Kolejnym aspektem jest minimalizacja zużycia energii na potrzeby własne i trakcyjne pojazdu, w celu zapewnienia niezbędnej autonomii. Baterijny zasobnik energii posiada pewną ograniczoną ilość zmagazynowanej energii, a poprzez zarządzanie obwodami pomocniczymi oraz trakcyjnymi możliwe jest ograniczenie jej zużycia, zwiększające w efekcie czas pracy trakcyjnej i roboczej dla pojazdu. Odpowiadać za to będzie system sterowania bezemisyjnego układu napędowego, którego algorytmy pracy będą ukierunkowane na redukcję zużycia energii. W ramach systemu sterowania zaimplementowana będzie funkcja bieżącego monitoringu zużycia energii i zapisu wszystkich istotnych parametrów w czasie rzeczywistym, co po opracowaniu danych stanowić może nieocenione źródło dla optymalizacji algorytmów sterowania napędem i obwodami pomocniczymi.

## Obiekt badawczy

Pojazdem pomocniczym, który będzie stanowić bazę dla zabudowy bezemisyjnego układu napędowego, jest wózek motorowy WM-15A (rys. 1). Pojazdy tej serii zostały

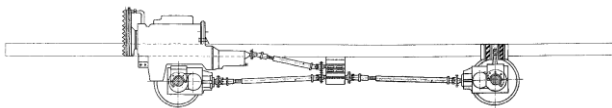
wyprodukowane w liczbie 555 sztuk przez zakłady w Stargardzie [10]. W chwili obecnej nadal kilkaset sztuk jest czynnych, pracując w zakładach PKP PLK, ich spółkach zależnych i u użytkowników prywatnych [8].



Rys.1. Rzut boczny wózka motorowego WM-15A [1]

Pojazd wyposażony jest w wysokoprężny silnik spalinowy z rodziny SW680, o mocy znamionowej 147 kW [1, 2]. Silnik, wraz z niezbędnym osprzętem, umieszczony w przedziale silnikowym, ulokowanym pomiędzy kabiną a skrzynią ładunkową.

Przeniesienie napędu do zestawów kołowych odbywa się w sposób mechaniczny, za pośrednictwem skrzyni biegów, skrzynki rozdzielczej z układem rewersu i przekładni osiowych. Elementy te połączone są wałami Kardana. Schematyczny widok układu napędowego przedstawiony został na poniższym rysunku (rys. 2).



Rys.2. Widok układu napędowego [1]

Pojazd posiada również instalację hydrauliczną, służącą m.in. do napędu żurawia hydraulicznego i wywrotu skrzyni ładunkowej. Pompa hydrauliczna dla zasilania obwodu jest napędzana z wału silnika spalinowego za pośrednictwem przekładni pasowej.

Dodatkowo, na silniku spalinowym zabudowana jest sprężarka powietrza napędzana z wału pompy wtryskowej silnika spalinowego, zapewniająca zasilanie dla obwodu pneumatycznego hamulca kolejowego [1].

### Wyznaczenie charakterystyk trakcyjnych przed przebudową

Dane wejściowe dla przebudowy pojazdu stanowić będą obliczone charakterystyki trakcyjne dla oryginalnego układu napędowego [1, 2].

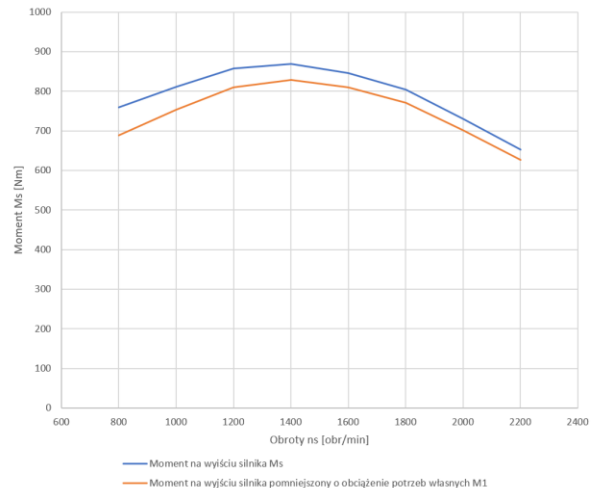
Dokumentacja techniczno-ruchowa pojazdu podaje następujące parametry trakcyjne:

- prędkość maksymalna: 80 km/h,
- masa pojazdu: ok. 21 ton,
- ładowność 15 ton,
- możliwość ciągnięcia wagonów o masie do 30 ton.

Pierwszy etap stanowi wyznaczenie charakterystyki silnika spalinowego. Uwzględniając odbiory dodatkowe (alternator, sprężarka), wyznaczona została jego charakterystyka zewnętrzna w użytecznym zakresie prędkości obrotowej, tj. 800 – 2200 obr./min (rys. 3).

Następnie, uwzględniając sprawność wszystkich elementów przeniesienia napędu, a także wartości przełożeń w skrzyni biegów, rozdzielaczu i przekładniach osiowych, można wyznaczyć charakterystykę trakcyjną.

Charakterystyka silnika

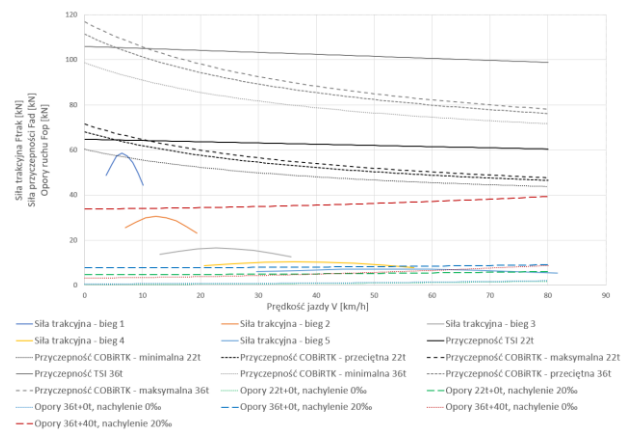


Rys.3. Charakterystyka silnika spalinowego

W charakterystyce uwzględnione zostały również krzywe przyczepności dla pojazdu pustego i w pełni załadowanego. Krzywe te wyznaczone zostały dwoma metodami – według wzorów podanych przez COBiRTK [4, 5], oraz umieszczonych w dokumentach TSI [6]. Krzywa przyczepności minimalnej odpowiada warunkom, gdy szyny są mokre, natomiast krzywa przyczepności maksymalnej wskazuje przypadek, gdy szyny są w pełni suche i posypane piaskiem.

Opory ruchu zostały wyznaczone dla jazdy po torze prostym, na torze płaskim i na wzniesieniu o nachyleniu 20 promili, dla pojazdu pustego, załadowanego, oraz załadowanego ciągnącego wagon o masie 40 ton.

Charakterystyka trakcyjna drezyny WM-15 z silnikiem SW680



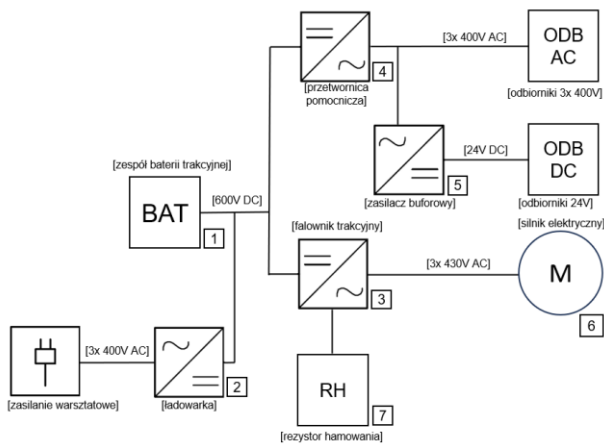
Rys.4. Charakterystyka trakcyjna pojazdu przed przebudową

### Koncepcja obwodu głównego

Obwód główny pojazdu będzie zbudowany z wykorzystaniem głównej szyny zasilającej (DC link), do której przyłączone zostaną poszczególne komponenty (rys. 5) [3]. Umożliwi to łatwą skalowalność i ewentualne przebudowy takiego układu, czy też rozbudowę o dodatkowe, awaryjne źródło energii (np. pomocniczy spalinowy zespół prądotwórczy).

Założono wartość napięcia na głównej szynie zasilającej w granicach 450 – 750 V DC, ze względu na powszechną dostępność urządzeń energoelektronicznych pracujących w

takim właśnie zakresie napięć (trakcja tramwajowa, trolejbusowa, autobusy elektryczne). Założone zostało napięcie pracy całego obwodu poniżej 1 kV, co powoduje, iż wymagania dotyczące izolacji obwodów są znacznie łatwiejsze do spełnienia.



Rys.5. Schemat blokowy obwodu głównego

#### A. Blok baterii trakcyjnej

Blok baterii trakcyjnej zawiera baterijny zasobnik energii (1), zapewniający zasilanie dla pojazdu. Zespół ten posiada układy nadzoru pracy ogniwi i niezbędne zabezpieczenia. Ze względu na konieczność pracy większości typów ogniwi w stałej temperaturze, w bloku tym powinien również znaleźć się obwód kondycjonowania termicznego zasobnika (grzanie, chłodzenie), co umożliwi pracę zasobnika w optymalnych warunkach – pod względem żywotności, a także możliwych do uzyskania jak najwyższych wartości prądów ładowania i rozładowania.

#### B. Blok ładowania zewnętrznego

Ze względu na założony brak innego źródła energii w pojeździe, ładowanie baterii możliwe jest jedynie z wykorzystaniem sieci energetycznej nn (3x 400 V AC). Bateria trakcyjna (1) jest ładowana za pośrednictwem zabudowanej na pojeździe ładowarki (2). W przypadku typowego zasilania warsztatowego daje to możliwość ładowania baterijnego zasobnika energii mocą chwilową nie przekraczającą 43 kVA. Jeżeli taka moc ładowania jest niewystarczająca, należy rozważyć zastosowanie stacjonarnej ładowarki DC, która umożliwi szybsze ładowanie zasobnika lub też zastosowanie wymiennych baterijnych zasobników energii.

#### C. Blok napędu

Blok napędu pojazdu składa się z falownika trakcyjnego (3) zasilanego bezpośrednio z głównej szyny zasilającej. Falownik ten wykorzystywany jest do napędu trójfazowego asynchronicznego silnika elektrycznego, zabudowanego w miejscu istniejącego obecnie spalinowego silnika wysokoprężnego. Przewidziana została również możliwość hamowania elektrodynamicznego pojazdu, przy czym podstawowym odbiornikiem energii w takim przypadku powinien być zespół baterii trakcyjnej, natomiast w przypadku niemożności odebrania przez niego energii, falownik wykorzystuje rezystor hamowania (7) do rozproszenia energii hamowania.

#### D. Blok przetwornic pomocniczych

Założone jest zastosowanie zespołu dwóch przetwornic pomocniczych. Pierwsza z nich (4) przetwarza napięcie z głównej szyny zasilania na napięcie przemiennie 3x 400 V AC. Druga natomiast, określona jako zasilacz buforowy (5), przetwarza napięcie to na wartość 24 V DC.

W pojeździe przed przebudową znajduje się instalacja 24 V DC, służąca do zasilania obwodów pomocniczych, w tym oświetlenia wewnętrznego i zewnętrznego. Pojazd wyposażony jest w akumulatory kwasowe, które zapewniają zasilanie obwodów pomocniczych przy nie pracującym silniku spalinowym. Zasilacz buforowy ma przejąć funkcję alternatora, zabudowanego na silniku spalinowym, zapewniając doładowanie akumulatorów i zasilanie obwodów 24 V DC.

Zmiana silnika spalinowego na elektryczny stanowi konieczność zabudowy obwodów 3x 400 V AC na pojeździe. Przede wszystkim konieczny jest napęd sprężarki powietrza oraz pompy hydraulicznej. Nie jest celowe wykorzystywanie do tego istniejącego układu, zapewniającego mechaniczne przeniesienie napędu. Zastosowanie pompy hydraulicznej oraz sprężarki powietrza, napędzanych oddzielnymi silnikami elektrycznymi umożliwi płynną regulację ich wydajności dzięki wykorzystaniu np. falowników, co może obniżyć sumaryczne zużycie energii przez pojazd. Dodatkowym aspektem obecności napięcia 3x 400V AC jest możliwość wykorzystania pojazdu jako źródła takiego napięcia do zasilania różnych urządzeń zewnętrznych podczas pracy roboczej, np. przy infrastrukturze kolejowej. Do tej pory konieczne było użytkowanie spalinowego zespołu prądotwórczego.

#### Dobór elementów obwodu głównego

W celu zachowania charakterystyk trakcyjnych założono zastosowanie silnika o mocy nie mniejszej niż moc wyjściowa silnika spalinowego. Założony zakres prędkości obrotowej powinien być nie mniejszy, niż dla silnika spalinowego.

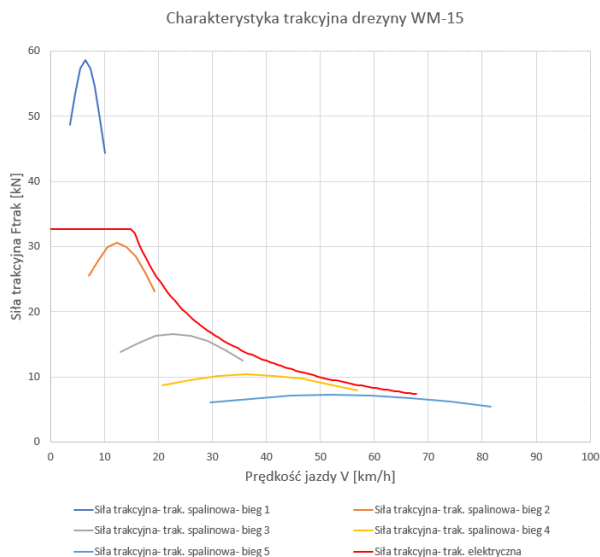
Dla celów obliczeniowych wybrany został trójfazowy silnik asynchroniczny o mocy znamionowej 160 kW, z zakresem prędkości obrotowych do 2600 obr/min.

Na podstawie otrzymanych charakterystyk wyznaczono jego charakterystykę wyjściową (rys. 6).



F

Poniższa charakterystyka (rys. 7) stanowi porównanie charakterystyk dla silnika spalinowego, wykorzystującego skrzynię biegów, z silnikiem elektrycznym przyłączonym z pominięciem skrzyni biegów.

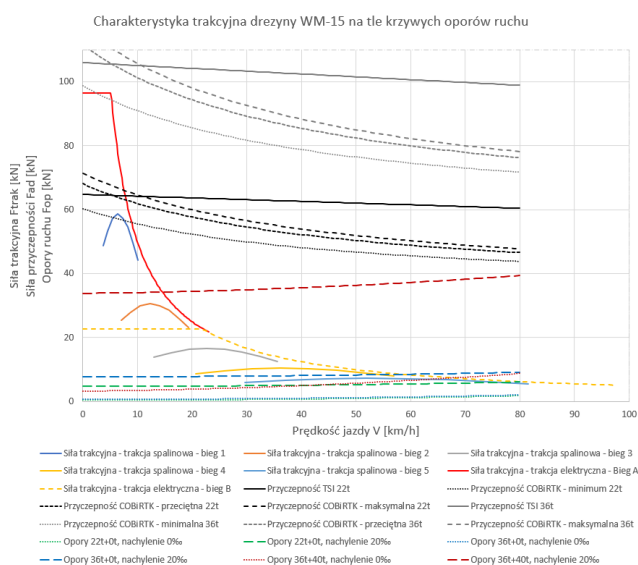


Rys.7. Charakterystyka trakcyjna porównująca siłę trakcyjną na kołach pojazdu dla silnika spalinowego i elektrycznego

Powyższa charakterystyka wskazuje, iż w ramach przyjętych założeń nie jest możliwe pominięcie skrzyni biegów w istniejącym układzie bez utraty właściwości trakcyjnych pojazdu – zmniejszenia siły trakcyjnej w zakresie małych prędkości (wynikającej z charakterystyki silnika elektrycznego w zakresie małych prędkości obrotowych) oraz ograniczenia prędkości maksymalnej (spowodowanej maksymalną prędkością obrotową silnika elektrycznego).

Poza powyższymi mankamentami charakterystyka silnika elektrycznego pokrywa w pełni przełożenia 2, 3 oraz 4 dla pracy pojazdu spalinowego.

Możliwe jest zatem zastosowanie stałego przełożenia, zapewniającego dostateczną wartość siły pociągowej, przy czym silnik ten musiałby mieć znacznie wyższy zakres prędkości obrotowych.



Rys.8. Charakterystyka trakcyjna pojazdu dla silnika elektrycznego pracującego w dwóch zakresach przekładni

Drugim rozwiązaniem jest wykorzystanie istniejącej skrzyni biegów w zakresie dwóch przełożeń, aby pokryć pełną charakterystykę dla pojazdu, co przedstawia poniższa charakterystyka (rys. 8).

Przy takim wykorzystaniu przekładni w pełni pokryta jest charakterystyka w całym zakresie prędkości pojazdu. Znaczna nadwyżka siły trakcyjnej w zakresie małych prędkości przekracza krzywe przyczepności dla pojazdu pustego, co może powodować konieczność stosowania układów przeciwpoślizgowych lub też konieczność właściwego kształtowania wartości zadawania mocy trakcyjnej w tym zakresie poprzez układ sterowania pojazdem (TCMS).

Dobór przetwornic pomocniczych określony jest przez bilans mocy dla przebudowanego pojazdu, który zakłada zastosowanie napięcia 3x 400 V AC dla napędu pompy hydraulicznej i sprężarki. Podkreślenia wymaga fakt, iż pompa hydrauliczna pracuje prawie wyłącznie podczas trybu roboczego pojazdu, który wtedy nie przemieszcza się lub też jedzie z minimalną prędkością.

Bazując na powyższych założeniach, należy przyjąć moc dla przetwornicy 3x 400 V AC na poziomie 30 kVA, natomiast przetwornica 24V DC może mieć moc wyjściową na poziomie 5 kW, gdyż pojazd ten posiada relatywnie niewiele obwodów pomocniczych.

Ostatnim istotnym elementem do doboru jest akumulatorowy zasobnik energii. W tym przypadku konieczne jest zapewnienie autonomii pojazdu pozwalającej na przejazd około 100 km w pełni załadowanym pojazdem z wagonem, na trudnym profilu trasy, oraz zapewnienie odpowiedniej nadwyżki energii dla przewidywanej pracy roboczej. Wynika to ze specyfiki pracy takich pojazdów, które na dalsze odległości przeważnie przemieszczają się bez napędu w składzie pociągów roboczych. Dopiero ostatni odcinek (od miejsca postoju pociągu roboczego do miejsca wykonywania prac) pokonują z wykorzystaniem własnego napędu. Po dotarciu do miejsca wykonywania robót zakładana jest praca obwodu hydraulicznego oraz pobór napięcia 3x400 V AC dla urządzeń, wykorzystywanych w ramach wykonywanych prac. Istotna jest też zdolność zasobnika do możliwości oddania dużych ilości energii w krótkim czasie, jak również możliwość jej przyjęcia (podczas hamowania elektrodynamicznego). W przypadku takiego pojazdu właśnie ten czynnik jest decydujący przy doborze pojemności zasobników. Zakładając zdolność do oddawania energii na poziomie 1C, zasobnik musi mieć pojemność co najmniej 200 kWh (maksymalny pobór energii przez falownik oraz przez przetwornicę pomocniczą – na przykład podczas ruszania składu na wzniesieniu, z załączoną sprężarką, może wynieść do 200 kW chwilowego poboru mocy). Zdolność do szybkiego przyjmowania energii przez zasobnik umożliwi realizację hamowania odzyskowego, co pozwoli na dłuższą pracę pojazdu bez konieczności ładowania. Jednocześnie taka wartość stanowi rozsądny kompromis pomiędzy autonomią i czasem ładowania pojazdu. W przypadku ładowania pojazdu z wykorzystaniem sieci 3x 400 V AC, czas ten wynosić będzie około 10 godzin ładowania z mocą 22 kVA (3x 400V AC 32A), około 5 godzin dla 43 kVA (3x 400V AC 63 A).

Istotny dla wydajności i sprawności bateryjnych zasobników energii, zabudowanych w pojeździe, jest przewidywany zakres temperatur otoczenia. Dla pojazdów kolejowych zdefiniowany jest on normą PN-EN 50125 [11], wraz z normami związanymi, np. PN-EN 50155 [12] dotyczącą wyposażenia elektronicznego stosowanego w taborze kolejowym. Stąd też przyjęto podstawowy zakres temperatur pracy pojazdu w zakresie od -25 °C do +40 °C temperatury powietrza w otoczeniu (dla spełnienia klasy T1 przywołanej normy [11]). Praktycznie każdy kolejowy pojazd

trakcyjny wymaga pewnego czasu na osiągnięcie gotowości do pracy od momentu uruchomienia, na przykład konieczne jest napełnienie zbiorników powietrza w instalacji pneumatycznej pojazdu (ze względu na specyfikę działania hamulców kolejowych). Założono zatem, że w czasie tym nastąpi również osiągnięcie optymalnej temperatury pracy ogniw w bateryjnych zasobnikach energii, z użyciem obwodu kondycjonowania termicznego, co z kolei umożliwi pracę ogniw z pełną wydajnością. Energia pobrana w tym celu z bateryjnych zasobników energii jest relatywnie niewielka, dlatego też została ogólnie uwzględniona w "odbiorach własnych" dla pojazdu.

### Podsumowanie

Przedstawiona w artykule koncepcja przebudowy szynowego pojazdu pomocniczego z wykorzystaniem elektrycznego układu napędowego spełnia przyjęte założenia, dotyczące zachowania obecnych charakterystyk trakcyjnych.

Przewidywana autonomia pojazdu na poziomie 100km stanowi "najgorszy przypadek", tj. ciągły pobór pełnej mocy na cele trakcyjne i odbiory pomocnicze. Taka sytuacja w praktycznej eksploatacji nie jest spotykana. Tak więc realny zasięg pojazdu może być wyższy.

Proponowany zakres przebudowy jest relatywnie niewielki, w porównaniu do kompleksowej modernizacji pojazdu. Koszt takiej przebudowy będzie znacznie niższy od zakupu nowego pojazdu, spełniającego analogiczne zadania.

Dodatkowym atutem przedstawionego rozwiązania jest możliwość pracy pojazdu praktycznie bez ograniczeń w zamkniętych przestrzeniach (np. hale naprawcze, tunele) ze względu na brak emisji spalin. Podkreślić należy również przewidywane znaczne ograniczenie emisji hałasu, wynikającego dotychczas z pracy silnika spalinowego pojazdu.

**Autorzy:** dr inż. Maksymilian Cierniewski, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny, Centrum Nowoczesnej Mobilności, ul. Warszawska 181, 61-055 Poznań, E-mail: [maksymilian.cierniewski@pit.lukasiewicz.gov.pl](mailto:maksymilian.cierniewski@pit.lukasiewicz.gov.pl); mgr inż. Patryk Radziszewski, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny, Centrum Nowoczesnej Mobilności, ul. Warszawska 181, 61-055 Poznań, E-mail: [patryk.radziszewski@pit.lukasiewicz.gov.pl](mailto:patryk.radziszewski@pit.lukasiewicz.gov.pl).

### LITERATURA

- [1] Dokumentacja techniczno – ruchowa. Wózek motorowy typ WM-15. Centralne Biuro Konstrukcyjne Maszyn i Urządzeń Drogowych przy ZNTK „Stargard” w Stargardzie, Stargard, 1978.
- [2] Leyland SW 680/1 – instrukcja obsługi silników wysokoprężnych, WSK Mielec, 1972
- [3] Cierniewski M., Jakuszko W., Stobnicki P., Sterowanie obwodem głównym hybrydowego pojazdu szynowego, doi:10.15199/48.2022.09.62, *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 98, NR 9/2022.
- [4] Praca zbiorowa pod redakcją Krzysztofa Karwowskiego, Energetyka Transportu Zelektryfikowanego, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2020.
- [5] Podoski J., Kacprzak J., Mysłek J., Zasady trakcji elektrycznej, ISBN WKiŁ, 1980
- [6] ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 1302/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. (ze zmianami) w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor — lokomotywy i tabor pasażerski” systemu kolei w Unii Europejskiej
- [7] Strona internetowa Urzędu Transportu Kolejowego <https://utk.gov.pl/>
- [8] Strona internetowa PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. <https://www.plk-sa.pl/>
- [9] Strona internetowa Ilostan Pojazdów Trakcyjnych <https://ilostan.forumkolejowe.pl/>
- [10] Strona internetowa Wikipedia - ZNTK Stargard WM-15 [https://pl.wikipedia.org/wiki/ZNTK\\_Stargard\\_WM-15](https://pl.wikipedia.org/wiki/ZNTK_Stargard_WM-15)
- [11] Polska Norma PN-EN 50125-1:2014-06
- [12] Polska Norma PN-EN 50155:2022-05