

# ANALIZA KONSTRUKCYJNA I FUNKCJONALNA HYBRYDOWYCH UKŁADÓW NAPĘDOWYCH STOSOWANYCH W AUTOBUSACH MIEJSKICH

Kazimierz LEJDA<sup>1</sup>, Paweł WOJEWODA<sup>2</sup>

W artykule przedstawiono analizę konstrukcyjną i funkcjonalną różnych rodzajów układów hybrydowych, ich najważniejsze elementy i strukturę przeniesienia napędu. Zakresem rozważań objęto rozwiązania hybrydowych układów napędowych stosowanych w autobusach miejskich takich firm, jak: BAE Systems, EATON, VOITH Turbo oraz Vossloh Kiepe.

## 1. WSTĘP

Realnych możliwości rozwiązania problemu oszczędności energii przy jednoczesnej ochronie środowiska upatruje się w zastosowaniu napędu hybrydowego oraz ogniw paliwowych. Obie koncepcje już od wielu lat stanowią przedmiot badań naukowców i konstruktorów. Wyniki badań przeprowadzonych w Laboratorium Energii i Środowiska przy Massachusetts Institute of Technology wskazują, że do 2020 roku lepszymi parametrami ekologicznymi będą charakteryzowały się samochody hybrydowe elektryczno-spalinowe. Zastosowanie w samochodzie napędu hybrydowego przyczynia się do redukcji emitowanych zanieczyszczeń oraz do oszczędności energii. Nie może być jednak traktowane jako rozwiązanie ostateczne. Równolegle prowadzi się badania dotyczące możliwości wprowadzenia do samochodu ogniw paliwowych oraz zastosowania energii słonecznej. Zastosowanie ogniwa paliwowego do zasilania silnika elektrycznego zapewni energooszczędność i niski poziom emisji gazów cieplarnianych. Nerozwiązanym problemem pozostaje jednak niekorzystny przebieg procesu pozyskiwania wodoru z jego związków do zasilania ogniwa paliwowego. Przewiduje się uzyskiwanie wodoru ze źródeł bezwęglowych.

Prace nad zastosowaniem napędu hybrydowego nabrały znaczenia przede wszystkim w USA, Japonii jak również w Europie. Prace nad zapewnieniem właściwego napędu pojazdom powinny być ukierunkowane na:

- udoskonalenie napędu spalinowego (eliminacja hałasu, oszczędność paliwa, stosowanie paliw alternatywnych, modernizacja silnika),
- zastąpienie silnika spalinowego elektrycznym, przy czym szczególnie ważne jest opracowanie właściwej technologii uzyskiwania dla niego energii i jej magazynowania w pojeździe [2].

Lata badań i poszukiwań oszczędności energetycznych w ruchu pojazdów dowodzą, jak znaczne rezerwy tkwią w konstrukcji pojazdów. Odnosi się to głównie do masy, kształtu nadwozia i opon, w mniejszej mierze do specjalnego oprzyrządowania konwencjonalnego silnika spalinowego.

W zakresie zużycia energii przez środki transportu obowiązkiem chwili jest przygotowywanie energooszczędnych konstrukcji przejściowych przy wykorzystaniu silnika cieplnego, a także takich konstrukcji, w których energia pierwotna nie jest uzyskiwana z paliw płynnych [4].

---

<sup>1</sup> Prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda; Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Zakład Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych

<sup>2</sup> Mgr inż. Paweł Wojewoda; Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Zakład Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych

## 2. CHARAKTERYSTYKA HYBRYDOWYCH UKŁADÓW NAPĘDOWYCH AUTOBUSÓW MIEJSKICH

Pojazdy z napędem hybrydowym charakteryzuje się współpracą co najmniej dwóch źródeł energii, przy czym co najmniej jedno z nich musi być źródłem wtórnym. Pojęcie „pierwotne źródło energii” należy rozumieć jako źródło o możliwie stałym wydatku, dostarczające energię do układu niezależnie od przemian zachodzących w tym układzie. Może to być silnik cieplny, silnik cieplny sprzężony z generatorem prądu lub sieć elektryczna. Pierwotne źródło energii charakteryzuje praca nieodwracalna. Pod pojęciem „wtórne źródło energii” (akumulator energii) rozumie się urządzenie akumulujące część energii pierwotnej i kinetycznej pojazdu przy hamowaniu oraz zasilające w energię zespół napędowy przy szczytowych obciążeniach zewnętrznych. Może to być akumulator elektrochemiczny, hydrauliczny lub mechaniczny. Wtórne źródło energii charakteryzuje praca odwracalna [4].

W niniejszym artykule scharakteryzowano różne rodzaje układów hybrydowych stosowanych w autobusach miejskich na przykładzie takich firm, jak: BAE Systems, EATON, VOITH Turbo oraz Vossloh Kiepe.

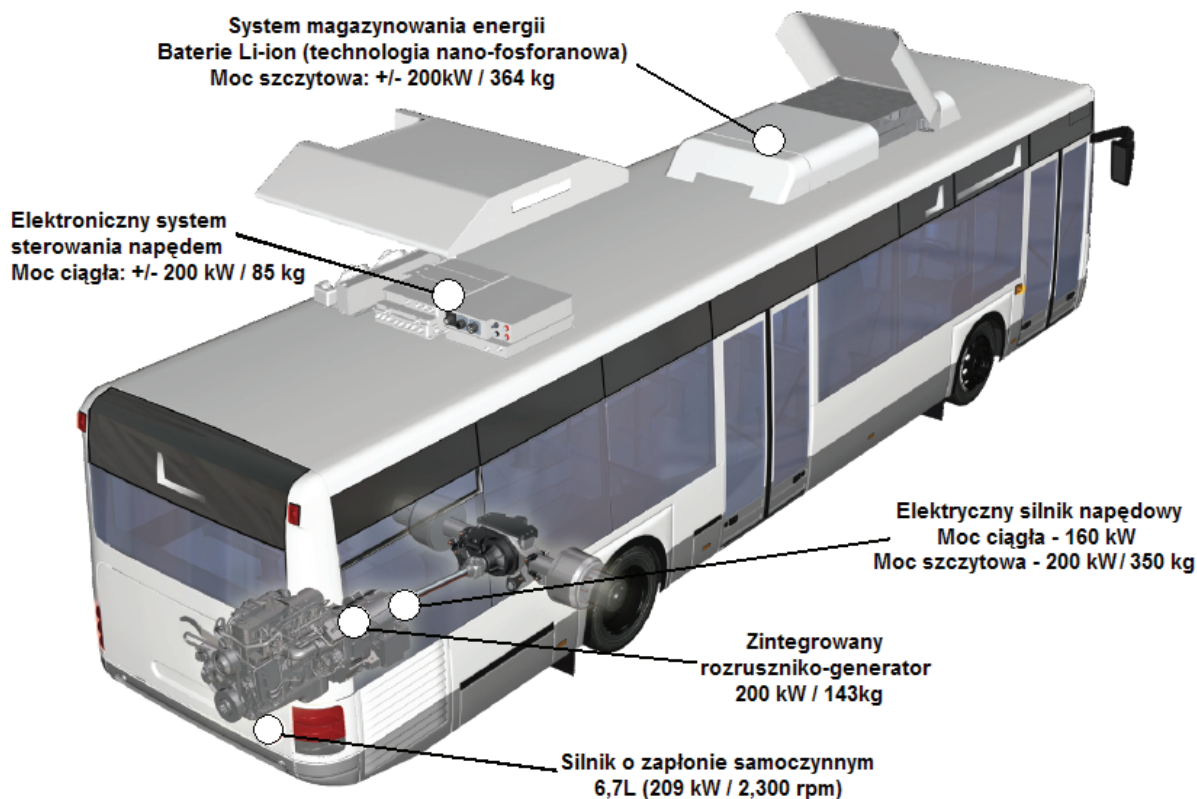
### 2.1 BAE HybriDrive®

BAE Systems to firma, która odniosła sukces dzięki hybrydowemu napędowi HybriDrive®, który od wielu lat jest aktualnie w użyciu w wielu miastach Ameryki Północnej (w Nowym Jorku, San Francisco, Houston, Toronto i Ottawie). W 1997 r. Firma Daimler Buses North America rozpoczęła współpracę z BAE Systems by stworzyć miejski autobus hybrydowy spalinowo-elektryczny. W wyniku tej współpracy powstał szeregowy spalinowo-elektryczny napęd hybrydowy HybriDrive® zamontowany w autobusie hybrydowym Orion VII NG (rys. 1).

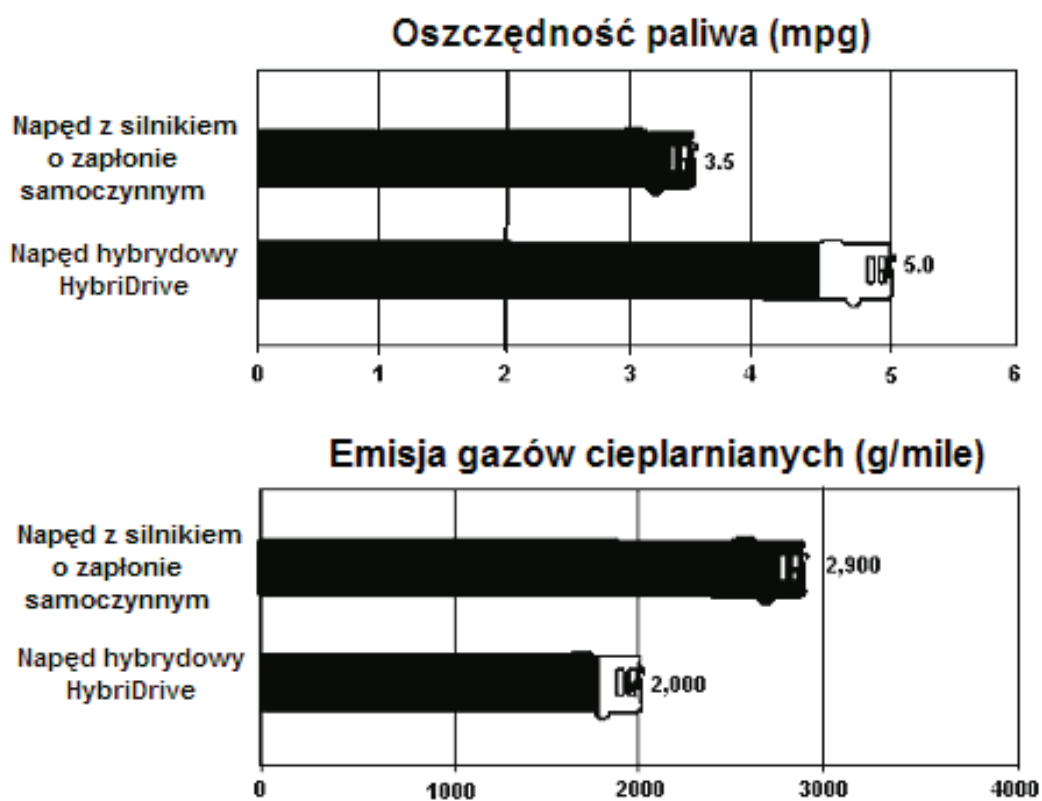
Hybrydowy układ napędowy składa się silnika wysokoprężnego, silnika elektrycznego i systemu magazynowania energii zarządzanego przez elektroniczny system sterowania napędem. Zastosowany silnik spalinowy napędzający generator jest mniejszej mocy niż te stosowane w autobusach z napędem klasycznym. Dzięki temu, że silnik spalinowy nie jest bezpośrednio połączony z elektrycznym silnikiem napędowym, działa w optymalnym zakresie prędkości obrotowej w celu uzyskania maksymalnej wydajności. Stabilizacja warunków pracy silnika spalinowego wpływa bezpośrednio na ograniczenie emisji związków toksycznych do atmosfery oraz na zmniejszenia zużycia paliwa (rys. 2).

Autobus hybrydowy Orion VII NG dysponuje również możliwością hamowania rekuperacyjnego, wykorzystując do opóźnienia autobusu elektryczny silnik napędowy o mocy 160 kW, który działa jak generator doładowujący system magazynowania energii, na który składają się baterie litowo-jonowe o wadze 364 kg. Układ napędu HybriDrive® eliminuje stosowanie skrzyni biegów, usuwając tym samym główne elementy podlegające częstej obsłudze technicznej w przypadku pojazdów pracujących w warunkach znacznych utrudnień ruchu, tzw. kongestii. Obniża tym samym koszty eksploatacji w porównaniu do konwencjonalnych autobusów.

Napęd elektryczny zapewnia szybkie przyspieszenie umożliwiając kierowcom szybsze i płynne włączenie się do ruchu o dużym natężeniu a pasażerom duży komfort podróżowania. Elastyczność systemu hybrydowego sprawia, że łatwo go dostosować do nowych technologii, takich jak dodanie ogniwo paliwowych jako pierwotnego źródła energii, czy zmian w technologii wtórnego źródła energii (baterii).



Rys. 1. Autobus hybrydowy Orion VII NG z szeregowym spaliniowo-elektrycznym napędem hybrydowym HybriDrive® firmy BAE Systems [5]

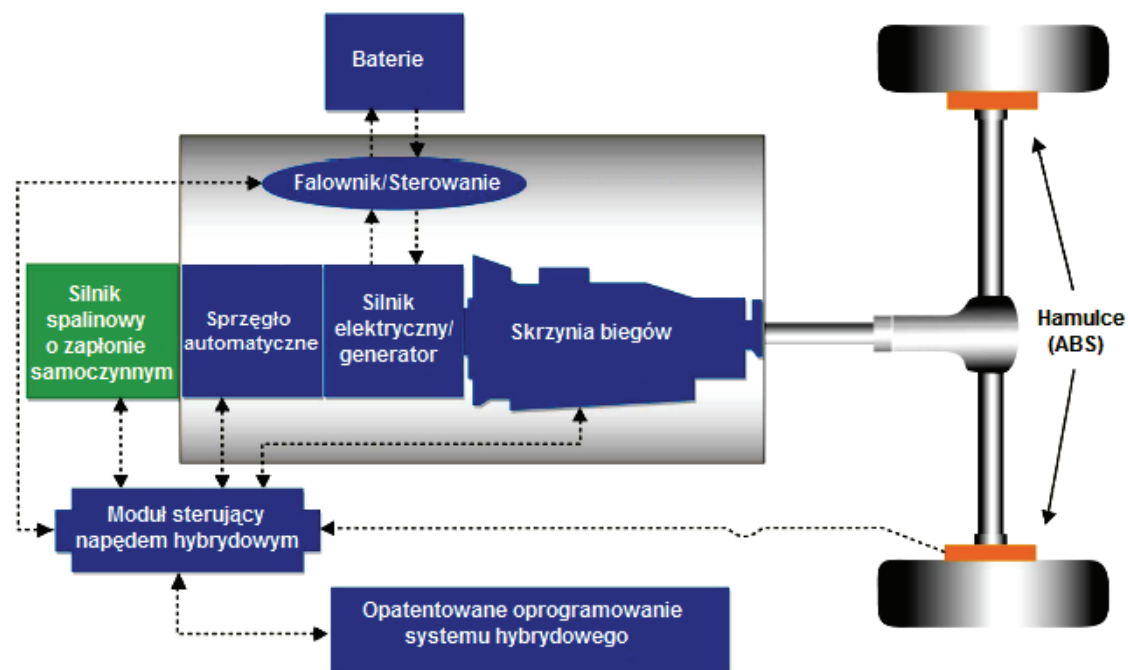


Rys. 2. Porównanie wybranych wskaźników napędów autobusów serii Orion z klasycznym napędem z silnikiem o zapłonie samoczynnym i autobusów z napędem hybrydowym HybriDrive® BAE Systems [5]

- Korzyści płynące z zastosowania napędu hybrydowego HybriDrive® są następujące[5]:
- eliminacja skrzyni biegów oznacza niższe koszty eksploatacji oraz elektryczne bezstopniowe, płynne przeniesienie napędu na koła,
  - silnik spalinowy pracuje w optymalnym zakresie prędkości obrotowej przy wysokiej wydajności,
  - tryb zerowej emisji - oznacza czystą (bez emisji spalin) i cichą jazdę autobusem przy wyłączonym silniku spalinowym na krótkich dystansach,
  - tryb wyłączania silnika spalinowego pracującego na biegu jałowym na postoju, w celu ograniczenia zużycia paliwa i redukcji emisji,
  - znacząca ekonomika zużycia paliwa i niższa emisja spalin,
  - cichsza praca w porównaniu do tradycyjnego napędu,
  - zwiększony moment obrotowy dla szybszego przyśpieszania i lepsza wydajność przy wjazdach na wzniesienia,
  - długi okres magazynowania energii w akumulatorach litowo-jonowych, większa wydajność przy niższej masie własnej,
  - w przyszłości wprowadzenie elektrycznej klimatyzacji, co wyeliminuje złożoność i wagę części takich, jak: pasy, koła pasowe i wężę.

## 2.2 Eaton Hybrid Electric System

Eaton jest globalną korporacją dostarczającą technologicznie zaawansowane podzespoły i systemy producentom z różnych gałęzi przemysłu. Eaton to światowy lider produkujący systemy zarządzania energią elektryczną, komponenty hydrauliczne i pneumatyczne dla producentów maszyn ciężkich i lotnictwa, a także podzespoły i części dla przemysłu motoryzacyjnego.



Rys. 3. Schemat równoległego napędu hybrydowego Eaton Hybrid Electric System [5]

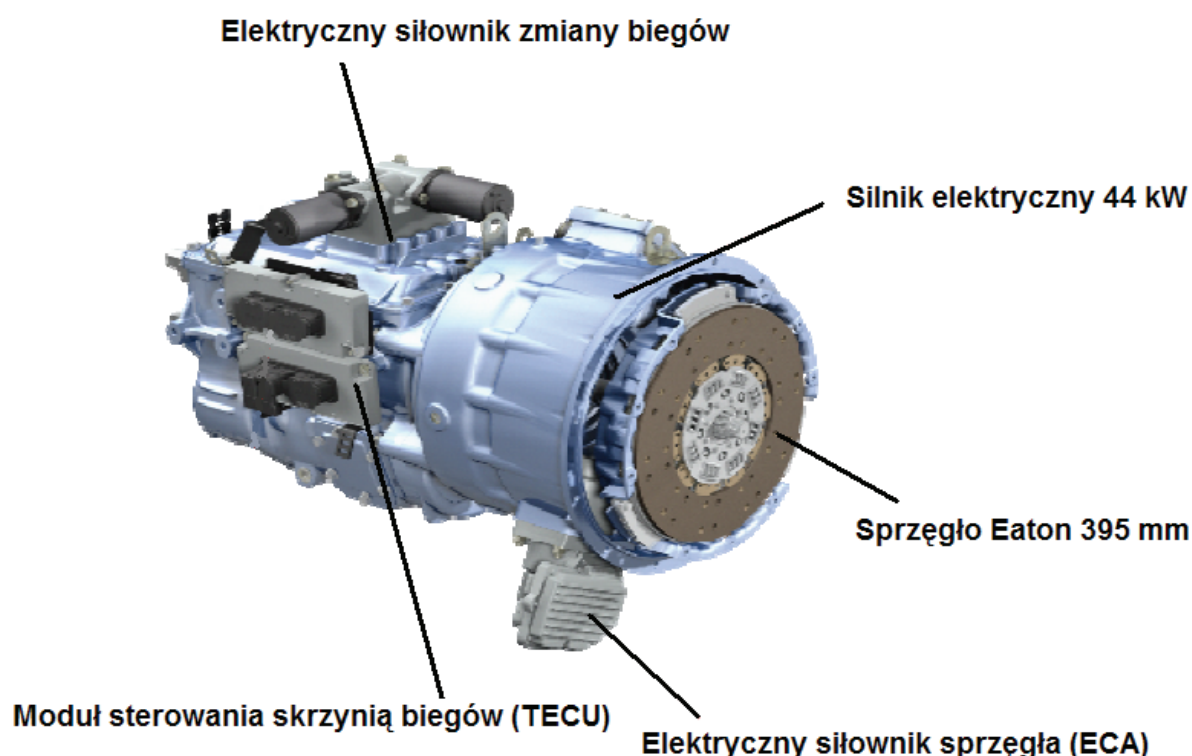
Eaton jest wiodącym dostawcą hybrydowych układów napędowych spalinowo-elektrycznych w Stanach Zjednoczonych dla pojazdów ciężarowych i autobusów. Jest także pionierem technologii hydraulicznych hybrydowych układów napędowych stosowanych w śmieciarkach, pojazdach dostawczych i autobusach.

Od 20 lat firma Eaton zajmuje się badaniami dotyczącymi technologii hybrydowych. Dysponuje napędami hybrydowymi spalinowo-elektrycznymi bez możliwości oraz

z możliwością doładowania akumulatorów z elektrycznej sieci naziemnej. Oferuje dwa hybrydowe hydrauliczne napędy, które są montowane w modelach samochodów ciężarowych DAF, Freightliner, Ford, International, Iveco, Kenworth, Mercedes-Benz i Peterbilt oraz w modelach autobusów BCI, Foton, Heng Tong, JNP, King Long, Long Shen, Solaris, Youngman, Yutong i Zhongtong.

Równoległy napęd hybrydowy Eaton Hybrid Electric System (rys. 3) łączy w sobie silnik o zapłonie samoczynnym Cummins, silnik elektryczny o maksymalnej mocy 44 kW zintegrowany z automatyczną sześciobiegową skrzynią biegów Eaton (rys. 4) oraz cztery baterie litowo-jonowe magazynujące energię elektryczną.

Autobusy z napędem hybrydowym Eaton wyposażone są w technologię start-stop, która automatycznie wyłącza silnik spalinowy, gdy autobus się zatrzymuje i włącza go ponownie, gdy jest zapotrzebowanie na moc. Ten system znacznie redukuje emisję związków toksycznych, w szczególności na przystankach autobusowych [5].



Rys. 4. Skrzynia biegów równoległego hybrydowego spalino-elektrycznego układu napędowego Eaton [5]

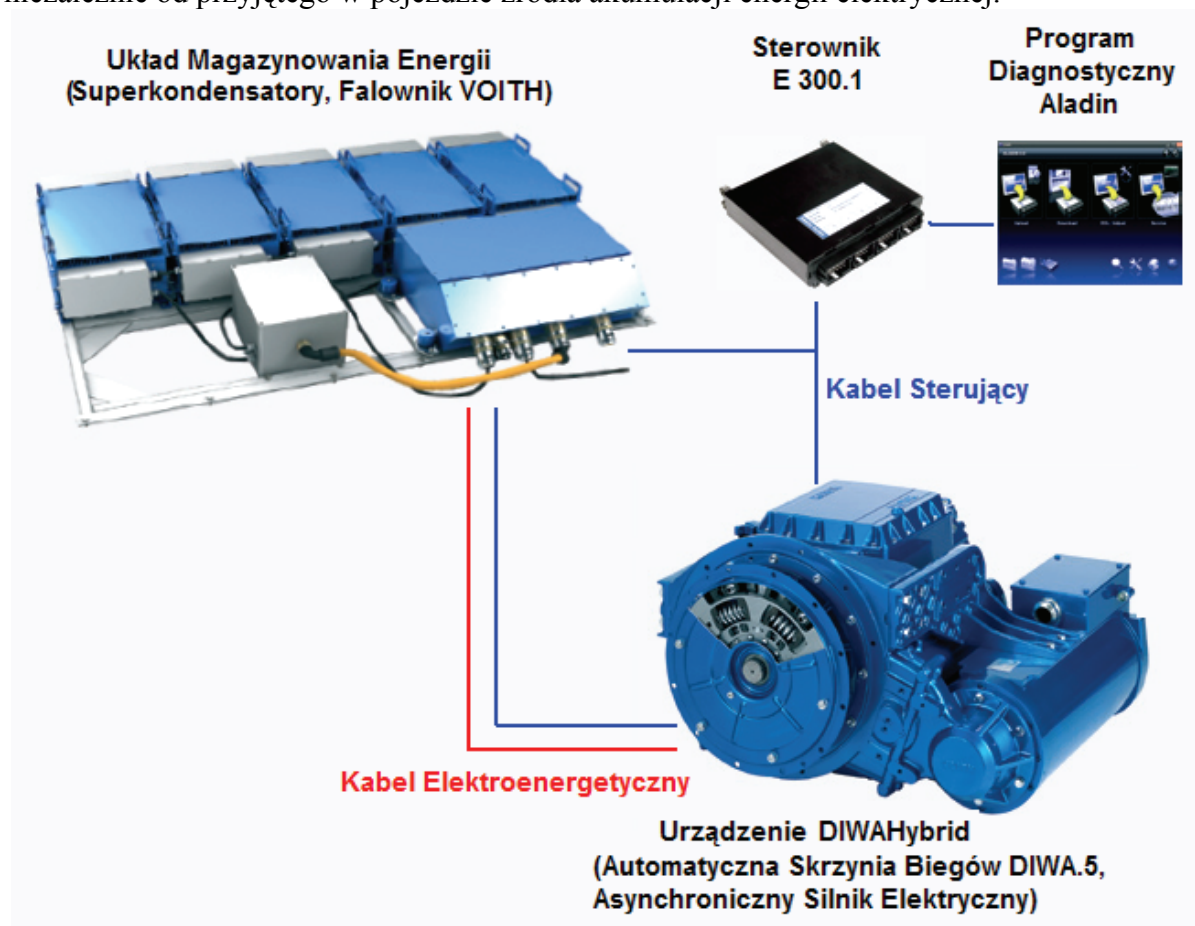
### 2.3 Voith DIWAHybrid i ElvoDrive

Voith Turbo to firma specjalizująca się w produkcji automatycznych skrzyń biegów do autobusów miejskich. Już w 1949 roku Voith Turbo zaprezentował automatyczną skrzynię biegów DIWA. Bazując na wypróbowanej technologii DIWA - uzupełnionej o elektryczną maszynę synchroniczną - firma Voith Turbo oferuje jednocześnie dwa rozwiązania napędów hybrydowych: DIWAHybrid (równoległy układ hybrydowy) i ElvoDrive (szeregowy układ hybrydowy).

Pierwszy autobus z napędem DIWAHybrid został przetestowany na wiosnę 2008 w Heidenheim. Napęd hybrydowy ElvoDrive zabudowany w autobusie marki Scania został zaprezentowany po raz pierwszy podczas wystawy UITP (International Association of Public Transport) w Helsinkach w 2007 roku. Początek wprowadzenia na rynek dwóch układów hybrydowych poprzedzono pokazami pojazdów na targach IAA (Internationale Automobil-

Ausstellung) w Hanowerze oraz targach APTA (American Public Transportation Association) w San Diego w 2008 roku.

Równoległy układ hybrydowy DIWAHybrid jest uniwersalny jeśli chodzi o zastosowanie, szczególnie jego zalety uwidaczniają się na liniach charakteryzujących się wyższymi prędkościami średnimi. Szeregowy układ hybrydowy ElvoDrive natomiast jest przeznaczony do pracy w warunkach dużego nasilenia ruchu ulicznego. Najważniejszym elementem obydwu koncepcji jest specjalnie zaprojektowany pod kątem specyfiki ruchu miejskiego falownik Voith. Został on skonstruowany z myślą o uniwersalnym zastosowaniu, niezależnie od przyjętego w pojeździe źródła akumulacji energii elektrycznej.

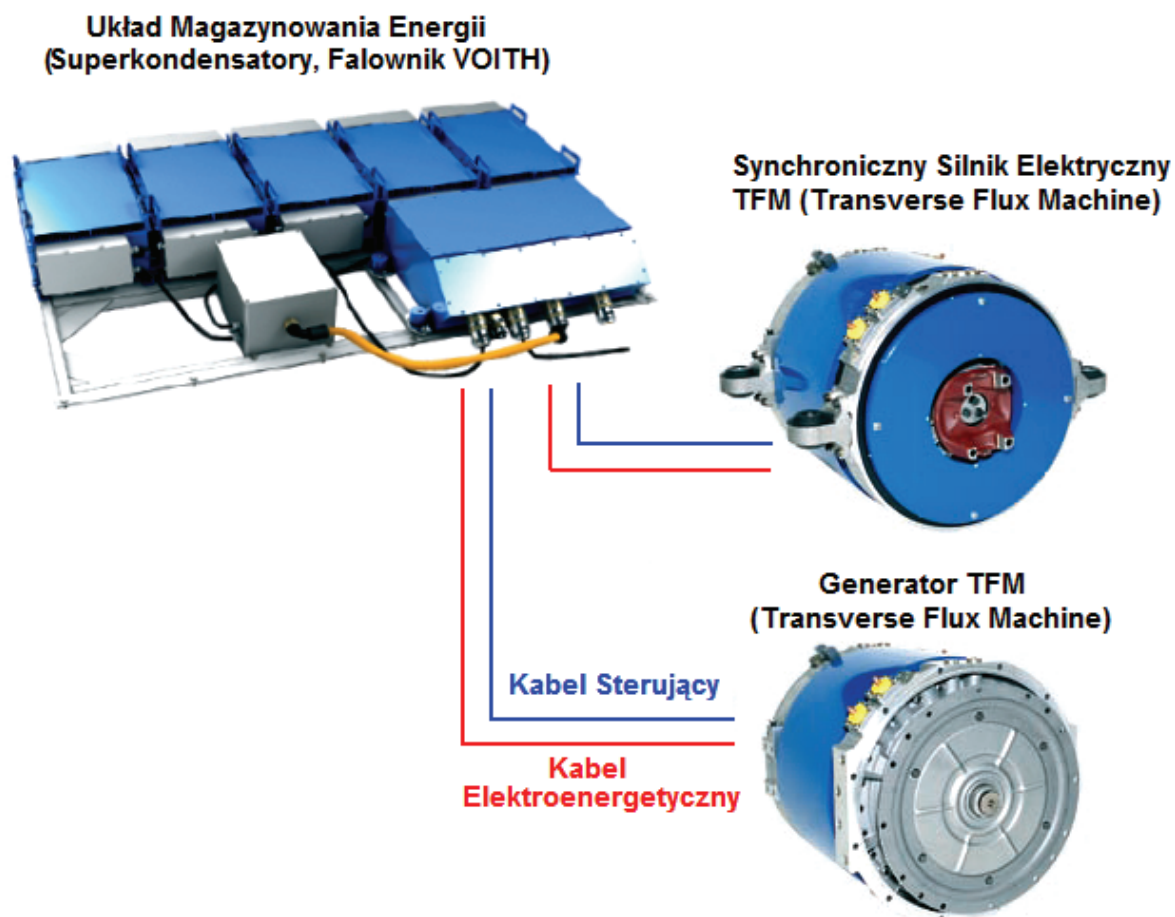


Rys. 5. Elementy układu napędowego równoległego hybrydowego spalinowo-elektrycznego DIWAHybrid z asynchronicznym silnikiem elektrycznym [5]

Urządzenie DIWAHybrid (rys. 5) jest dedykowane do zastosowania w równoległych systemach hybrydowych. Jest to automatyczna skrzynia biegów najnowszej generacji DIWA.5, uzupełniona asynchronicznym silnikiem elektrycznym o mocy wyjściowej 150 kW, pracującym jako silnik oraz generator. DIWAHybrid wykorzystuje zalety przekładni DIWA, takie jak: rozdział mocy w zakresie ruszania, retarder wtórny (hamowany jest wał przegubowy) oraz sterownik E300.1 z oprogramowaniem diagnostycznym Aladin. Maksymalna moc wejściowa urządzenia to 290 kW, natomiast maksymalny moment wejściowy wynosi 1600 Nm (w określonych warunkach 1700 Nm). Waga systemu bez układu magazynowania energii to ok. 820 kg. Dodatkowy silnik elektryczny wspiera silnik wysokoprężny podczas ruszania i przyspieszania. Podczas hamowania silnik elektryczny pracuje jako generator i działa jako retarder pierwotny, uzupełniając retarder wtórny w przekładni. Hamulec roboczy jest wówczas znacząco odciążony, co skutkuje minimalnym zużyciem okładzin. W skład układu magazynowania energii elektrycznej wykorzystywane są

superkondensatory i falownik Voith zapewniający stabilność oraz elastyczność zarządzania energią.

DIWAHybrid pozwala na oszczędności paliwa a tym samym obniżenie emisji CO<sub>2</sub> o 20 % dzięki magazynowaniu energii wytworzonej podczas hamowania, która jest następnie wydatkowana w kolejnych procesach przyspieszania.



Rys. 6. Elementy układu napędowego szeregowego hybrydowego spalinowo-elektrycznego ElvoDrive z synchronicznym silnikiem elektrycznym i generatorem TFM [5]

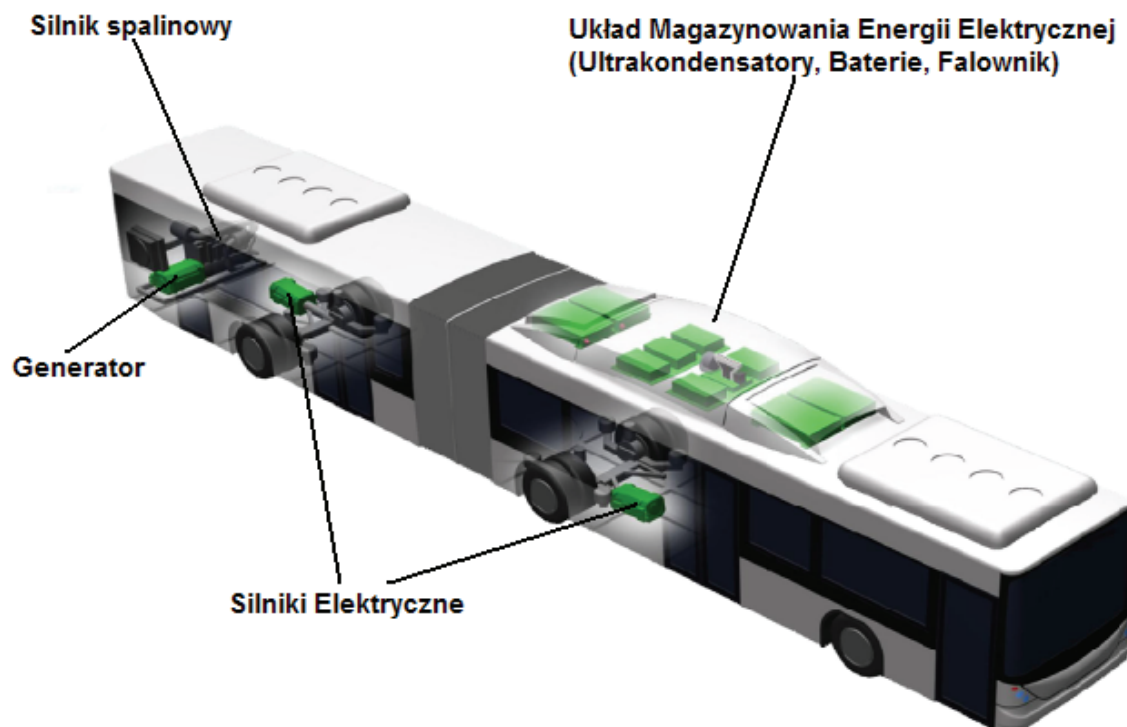
Drugim systemem hybrydowym Voith Turbo jest układ szeregowy ElvoDrive (rys. 6). W tym rozwiązaniu brak bezpośredniego, mechanicznego połączenia silnika wysokoprężnego z kołami, niezbędna moc przenoszona jest w pełni elektrycznie. ElvoDrive działa jako generator oraz jako silnik elektryczny wg technologii Voith TFM (Transverse Flux Machine) o mocy wyjściowej 175 kW. Technologia TFM, dzięki swojemu bardzo wysokiemu współczynnikowi sprawności w szerokim zakresie stosowania, daje gwarancję efektywnego wykorzystania całego systemu hybrydowego. Maksymalna moc wejściowa urządzenia to 220 kW, natomiast maksymalny moment wejściowy wynosi 1350 Nm. Waga systemu bez układu magazynowania energii to ok. 800 kg. Bardzo wysoka wydajność silnika synchronicznego, w połączeniu z bardzo wysokim momentem obrotowym, pozwala na odzyskanie podczas fazy hamowania energii elektrycznej oraz jej zmagazynowanie. Magazynowanie energii elektrycznej w superkondensatorach oraz możliwość elastycznego uruchamiania silnika spalinowego daje oszczędności paliwa nawet do 25 %. ElvoDrive dlatego idealnie nadaje się do trasy z niską średnią prędkością i dużą liczbą przystanków.

Praktyczne testy z hybrydowym napędem ElvoDrive były prowadzone od maja 2009 roku w sześciu pojazdach szwedzkiego producenta Scania w Sztokholmie. Po dwóch latach

badania uzyskano wysoce pozytywne wyniki, które potwierdziły oczekiwania. Pojazdy były wyposażone w silniki na bazie etanolu zamiast konwencjonalnych silników spalinowych; bilans CO<sub>2</sub> poprawiono nawet o 90% w połączeniu z ElvoDrive [5].

## 2.4 Vossloh Kiepe

Technologia hybrydowa z firmy Vossloh Kiepe GmbH z Düsseldorfu powstała z myślą stworzenia ekonomicznego, czystego i cichego autobusu miejskiego w oparciu o wieloletnie doświadczenie w produkcji napędów elektrycznych dla różnych środków transportu miejskiego.



Rys. 7. Elementy układu hybrydowego spalinowo-elektrycznego Vossloh Kiepe [5]

Napęd hybrydowy Vossloh Kiepe (rys. 7) dla autobusów miejskich zaprojektowany został z myślą o specjalnych warunkach eksploatacji, takich jak: długie okresy czasu pracy, częste przyspieszenia, hamowania i postoje. Celem nadrzędnym projektu było osiągnięcie maksymalnego zmniejszenia zużycia paliwa a tym samym obniżenie poziomu emisji spalin. Pomiary wykazały, że zużycie energii w pojazdach napędzanych wg technologii hybrydowej Vossloh Kiepe jest ok. 35% niższe w porównaniu z pojazdami z napędem konwencjonalnym. Zmniejszenie zużycia paliwa uzyskano dzięki zastosowaniu adaptacyjnego systemu zarządzania energią. Energy Manager Vossloh Kiepe to rozwiązanie zarządzające przepływem energii między generatorem, układem magazynowania energii ESS (Energy Storage System) i silnikiem trakcyjnym (silnikami trakcyjnymi). Dzięki wysokiej sprawności falownika możliwy jest do osiągnięcia wysoki stopień odzysku energii. W zależności od rodzaju pojazdu i jego konfiguracji, spośród dostępnych opcji sterowania można wybrać takie, które umożliwiają zmniejszenie prędkości obrotowej silnika spalinowego do całkowitego wyłączenia w różnych ramach czasowych. Na przykład, pojazd może ruszać i hamować z wyłączonym silnikiem spalinowym, czyli pracować w trybie zerowej emisji związków toksycznych i hałasu. Uwzględniono również w systemie uruchamianie funkcji, takich jak ABS, TCS i urządzenia wykrywające i usuwające usterki.



W zależności od wybranej strategii sterowania, silnik spalinowy napędza generator podczas jazdy pojazdu, który z kolei jest połączony poprzez pośredni obwód elektryczny do silnika trakcyjnego (silników trakcyjnych). Kiedy pojazd hamuje, energia kinetyczna przetwarzana jest na energię elektryczną i magazynowana przez opracowany przez Vossloh Kiepe układ magazynowania energii ESS, a następnie dostępna do wykorzystania w kolejnej fazie przyspieszenia. ESS działa w oparciu o trwałe, bardzo dynamiczne ultrakondensatory (dwuwarstwowe) o wysokim stopniu sprawności, baterie galwaniczne (np. litowo-fosforowe) oraz może zostać wyposażony w złącze zewnętrznego ładowania „plug-in”. Oba rozwiązania służą magazynowaniu energii z uwzględnieniem ich specyfiki. Baterie ładują się dłużej ale mogą zmagazynować więcej energii. Ultrakondensatory natomiast, w bardzo krótkim czasie, przyjmują dużą dawkę energii elektrycznej, którą mogą szybko oddać, np. podczas gwałtownego przyspieszania autobusu. Zarówno baterie jak i ultrakondensatory, mogą magazynować energię powstałą w wyniku pracy silnika spalinowego oraz z procesu rekuperacji energii. Źródła te napędzają z kolei silnik trakcyjny. System może działać w trybie hybrydowym bez konieczności dostarczania energii z zewnątrz. Złącze typu "plug-in" daje możliwość dostarczania energii do baterii, np. na pętli czy w zajezdni. Przewoźnik sam zatem decyduje, czy chce pozyskiwać energię elektryczną z zewnętrznych źródeł, czy też poprzez generator napędzany silnikiem spalinowym.

System hybrydowy Vossloh Kiepe współdziała z różnymi silnikami spalinowymi. Są one mniejsze od silników standardowo montowanych w autobusach, jednak razem z układem magazynującym energię gwarantuje dynamiczną i płynną jazdę, a jednocześnie spełniają surowe normy emisji spalin EEV. Szeregowy układ hybrydowy spalinowo-elektryczny Vossloh Kiepe, zaimplementowany w autobusie miejskim, ma możliwość pokonywania określonego odcinka trasy wyłącznie dzięki pracy silnika elektrycznego. Autobus napędzany jest wtedy energią zgromadzoną w bateriach i ultrakondensatorach. Dodatkowo, układ napędowy może być skorelowany z urządzeniem typu GPS, co umożliwia z niezwykłą precyzją wytyczenie miejsca w którym autobus ma przejść na tryb elektryczny, równoznaczny zerowej emisji spalin. Wszystko dzieje się bez dodatkowej uwagi kierowcy - system automatycznie wyłącza silnik spalinowy a następnie znów go uruchamia po pokonaniu określonego dystansu. Standardem wyposażenia autobusów jest również funkcja start&stop, która wyłącza silnik spalinowy podczas podjeżdżania i ruszania z przystanku przechodząc w tryb elektryczny [5].

### 3. PODSUMOWANIE

Troska o środowisko oraz jak najmniejsze zużycie paliwa to główne cele przyświecające przy konstrukcji miejskich autobusów z napędem hybrydowym. Osiągnięcie znacznej redukcji emisji spalin sprawia, że miejskie autobusy hybrydowe są przyjazne środowisku naturalnemu i mieszkańcom aglomeracji miejskich.

Biorąc pod uwagę konstrukcję i funkcjonalność napędów hybrydowych stosowanych w miejskich autobusach hybrydowych można wyróżnić ich najważniejsze zalety [1,3]:

- silnik spalinowy dobierany jest do średnich obciążeń, co zmniejsza masę silnika i pojazdu,
- możliwość pracy silnika w warunkach optymalnych ze względu na przewidywane cele:
  - energetyczne (przede wszystkim: moc użyteczna, moment obrotowy i średnie ciśnienie użyteczne),
  - ekonomiczne (głównie: sprawność ogólna, zużycie paliwa),
  - ekologiczne (np. emisja zanieczyszczeń i hałasu).
- ograniczenie udziału czasu trwania stanów dynamicznych w całkowitym czasie pracy silnika spalinowego,
- możliwość odzyskiwania części energii hamowania (mniejsze straty energetyczne),
- indywidualny napęd i hamowanie kół jezdnych,

- możliwość ograniczenia zespołów mechanicznych w układach przeniesienia energii,
- możliwość zastosowania różnych sposobów sterowania układu hybrydowego ze względu na przyjęte cele:
  - tylko napęd elektryczny w obszarach chronionych ekologicznie,
  - jednoczesne wykorzystywanie mocy silnika elektrycznego i spalinowego w warunkach dużego zapotrzebowania na moc (przyspieszanie pojazdu, jazda z maksymalną prędkością, jazda pod górę itp.),
- możliwość przyjęcia różnych strategii sterowania pracą hybrydowego zespołu napędowego:
  - w układzie szeregowym można przyjąć zasadę „rozszerzenia zasięgu pojazdu”, co oznacza, że dopóki jest to możliwe, pojazd używa energii zmagazynowanej, następnie jest uruchamiany silnik spalinowy,
  - w układzie równoległym można zastosować strategię „równoległej asysty mocy”, tzn. elektryczny napęd jest włączany w razie potrzeby.

## LITERATURA

- [1] Lejda K., Wojewoda P.: Uwagi do projektowania hybrydowych spalinowo-elektrycznych układów napędowych. Praca zbiorowa pod redakcją KAZIMIERZA LEJDY SAKON'09, Tom XX, Rzeszów 2009.
- [2] Jastrzębska G.: Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne. WNT, Warszawa 2009.
- [3] Merkisz J., Pielecha I.: Alternatywne napędy pojazdów. WPP, Poznań 2006.
- [4] Szumanowski A.: Akumulacja energii w pojazdach. WKiŁ, Warszawa 1984.
- [5] Materiały informacyjne firm: BAE Systems, EATON, Orion, Solaris, VOITH Turbo, Vossloh Kiepe 2008 - 2011.

## CONSTRUCTIONAL AND FUNCTIONAL ANALYSIS OF HYBRID DRIVE SYSTEMS USED IN CITY BUSES

The article presents constructional and functional analysis of different types of hybrid systems, their most important elements and structure of the transmission. The range of the considerations are solutions of hybrid propulsion systems used in city buses by companies such as BAE Systems, EATON, VOITH Turbo and Vossloh Kiepe.