

# BADANIA DOŚWIADCZALNE HYBRYDOWEGO NAPĘDU ELEKTRO- HYDROSTATYCZNEGO

Wiesław Grzesikiewicz<sup>1a</sup>, Lech Knap<sup>1b</sup>, Michał Makowski<sup>1c</sup>,  
Janusz Pokorski<sup>1d</sup>

<sup>1</sup>Instituto Pojazdów, Politechnika Warszawska

<sup>a</sup>wgr@simr.pw.edu.pl, <sup>b</sup>l.knap@simr.pw.edu.pl, <sup>c</sup>m.makowski@simr.pw.edu.pl,

<sup>d</sup>Janusz.Pokorski@simr.pw.edu.pl

## Streszczenie

---

W referacie przedstawione zostały wyniki badań eksperymentalnych dotyczące możliwości odciążenia napędu elektrycznego pojazdu miejskiego za pomocą wspomaganie napędem hydrostatycznym. W rozważanym napędzie hybrydowym napęd elektryczny jest cyklicznie wspomagany napędem hydrostatycznym podczas przyspieszania lub odzyskowego hamowania pojazdu. Przedstawione w referacie wyniki badań doświadczalnych zostały uzyskane na zaprojektowanym i zbudowanym stanowisku badawczym odwzorowującym model lekkiego pojazdu dostawczego przeznaczonego do użytku w mieście i wyposażonego w analizowany napęd hybrydowy. Uzyskane wyniki wskazują, że istnieje możliwość znaczącego zwiększenia efektywności przetwarzania energii w elektrycznym napędzie pojazdu za pomocą wspomaganie hydrostatycznego.

**Słowa kluczowe:** napęd hybrydowy, energochłonność napędu, hamowanie odzyskowe, cykl miejski

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF AN ELECTRO- HYDROSTATIC HYBRID DRIVE

### Summary

---

In the paper, we present the results of an experimental investigation of an electro-hydrostatic hybrid drive of a utility van intended for city traffic. In this hybrid drive, an electric drive is periodically assisted by a hydrostatic drive, especially during acceleration and regenerative braking of the vehicle. We present the results of experimental investigations of the hybrid as well as electric drive. We present the results of the experimental investigation indicative of substantial relief of the electric drive by support of hydrostatic drive. Consequently, the energy consumption of the vehicle with the hybrid drive is lower than the energy consumption of vehicle only with the electric drive. This result indicates that it is possible to significantly increase the efficiency of the energy conversion in the electric drive by support of the hydrostatic drive.

**Keywords:** hybrid drive, energy consumption, energy efficiency, regenerative braking, city traffic

### 1. WSTĘP

Obiektem badań przedstawionych w niniejszym artykule był zaprojektowany i zbudowany laboratoryjny model hybrydowego napędu elektryczno-hydrostatycznego przeznaczonego dla lekkiego dostawczego pojazdu miejskiego. Celem podjętych badań było ustalenie możliwości

odciążenia napędu elektrycznego pojazdu za pomocą wspomaganie napędem hydrostatycznym. Takie wspomaganie może skutkować zmniejszeniem trakcyjnej energochłonności pojazdu, zwiększeniem zasięgu jazdy oraz zwiększeniem trwałości akumulatora elektrycznego.

Samochody elektryczne mimo swoich zalet ekologicznych, ujawniających się przede wszystkim na terenach zurbanizowanych, budzą wątpliwości co do efektywności skumulowanego procesu przetwarzania energii [6]. Należy także zaznaczyć, że analizowana w artykule koncepcja napędu elektrycznego ze wspomaganie hydrostatycznym ma kilka słabych stron, które na obecnym etapie rozwoju napędu elektrycznego mogą okazać się ważniejsze od analizowanej tu zalety, jaką jest mniejsza energochłonność napędu hybrydowego. Tymi słabymi stronami są: większa masa napędu hybrydowego i wynikający stąd większy koszt pojazdu. Znaczenie tych słabych stron napędu hybrydowego może być mniej istotne dla pojazdów użytkowych o dużej energochłonności trakcyjnej spowodowanej jazdą po terenach zurbanizowanych, np. autobusy komunikacji miejskiej z napędem elektrycznym.

Problematyka artykułu dotyczy poprawy efektywności przetwarzania energii w rozważanym napędzie hybrydowym hipotetycznego pojazdu dostawczego, uzyskanej dzięki zastosowaniu napędu elektrycznego ze wspomaganie hydrostatycznym. Wspomaganie hydrostatyczne ma na celu odciążenie napędu elektrycznego podczas ruszania oraz hamowania.

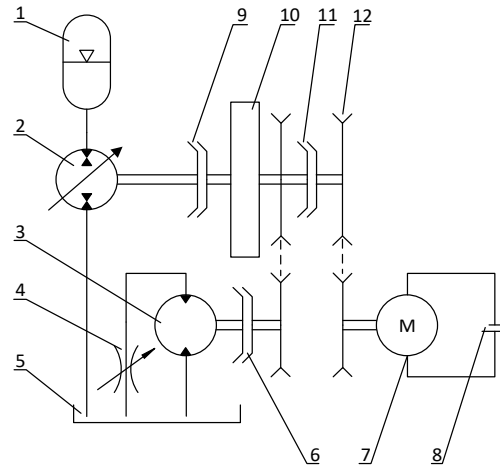
W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych oraz syntetyczny opis budowy stanowiska laboratoryjnego, które posłużyło do przeprowadzenia badań doświadczalnego napędu hybrydowego. Badania przeprowadzono przy założeniu realizacji przez hipotetyczny pojazd wybranego cyklu jazdy miejskiej.

## 2. BUDOWA STANOWISKA DO BADANIA NAPĘDU HYBRYDOWEGO ELEKTRYCZNO-HYDROSTATYCZNEGO

Omawiany hybrydowy układ napędowy powstał w wyniku połączenia równoległego napędu elektrycznego i hydrostatycznego. Takie połączenie napędów oznacza, że momenty napędowe silnika elektrycznego i pomposilnika hydraulicznego wspólnie działają na wał napędowy pojazdu. W tak zbudowanym układzie hybrydowym zasadnicze znaczenie dla efektywności przetwarzania energii ma ustalenie udziału obu napędów w przypadkowym momencie napędzającym lub hamującym pojazd. Ta problematyka została omówiona w pracy [3].

Przy budowie stanowiska do badań doświadczalnych napędu hybrydowego elektryczno-hydraulicznego założono, że będzie ono odzwierciedlało konfigurację napędu hybrydowego równoległego (tzw. full-hybrid), co pozwala na pracę obu napędów lub każdego z nich z osobna w określonej fazie ruchu pojazdu. Schemat ideowy

rozpatrywanego laboratoryjnego napędu hybrydowego przedstawiono na rys. 1. Laboratoryjny model pojazdu wyposażonego w badany napęd hybrydowy składa się z napędu elektrycznego, napędu hydrostatycznego, układu przeniesienia napędu, bezwładnika odwzorowującego bezwładność pojazdu oraz układu hydraulicznego odwzorowującego opory ruchu pojazdu.



Rys. 1. Schemat stanowiska do badania napędu hybrydowego elektryczno-hydrostatycznego: 1- akumulatorem hydropneumatyczny, 2 - pompo-silnik o zmiennym wydatku/chłonności jednostkowej, 3 - pompa hydrauliczna, 4 - zawór dławiący nastawny, 5 - zbiornik, 6 - sprzęgło, 7 - silnik elektryczny, 8 - bateria akumulatorów, 9 - sprzęgło, 10 - bezwładnik, 11 - sprzęgło, 12 - przekładnia pasowa.

Elektryczny układ napędowy został zbudowany na podstawie gotowych podzespołów. Podstawowymi elementami napędu są:

- bateria akumulatorów (8) - składająca się z akumulatorów trakcyjnych typu SLA (ołowiowo-kwasowe) przeznaczone do pracy cyklicznej. Bateria akumulatorów została zbudowana poprzez połączenie 6 akumulatorów o napięciu 12V i pojemności 64Ah każdy,
- silnik/prądnica elektryczna (7) - jednostka prądu stałego z magnesami stałymi typu BLDC o mocy 8kW firmy Golden Motors [1], napięcie zasilania 72V, maksymalna prędkość obrotowa 4400obr/min, silnik chłodzony cieczą, sprawność do 91%, rezystancja  $12\text{m}\Omega/72\text{V}$ , indukcyjność  $154\mu\text{H}/72\text{V}$  (100kHz),
- kontroler elektroniczny typu FOC (Field-Oriented Control) firmy Goldem Motors [1] - napięcie zasilania silnika elektrycznego - 72V, znamionowy prąd silnika - 100A, maksymalna dopuszczalna wartość prądu silnika - 300A, możliwość regulacji maksymalnych parametrów pracy silnika BLDC.

Elektryczny układ napędowy został połączony z wałem bezwładnika poprzez sprzęgło rozłączne elektromagnetyczne (11) oraz przekładnię pasową (12) o przełożeniu 3:8 redukującym prędkość obrotową. Dobór przełożeń

układu napędowego elektrycznego podyktowany został optymalnymi parametrami pracy pomposilnika hydraulicznego.

Napęd hydrostatyczny został zbudowany na podstawie następujących głównych podzespołów:

- pomposilnik hydrauliczny wielotłoczkowy (2) z wychylną tarczą oporową typu SYDFE1X- firmy Rexroth [5] - jednostka ta posiada następujące podstawowe parametry techniczne: maksymalny jednostkowa objętość geometryczna  $18\text{cm}^3/\text{obr}$ , maksymalna prędkość obrotowej  $3300\text{obr}/\text{min}$ , maksymalna wartość ciśnienia tłoczenia/pracy  $280\text{bar}$ , maksymalna moc -  $27,7\text{kW}$ , maksymalna wartość momentu  $80,1\text{Nm}$ , napięcie w układzie sterowania:  $24\text{V}$ ;
- akumulator hydropneumatyczny pęcherzowy (1) o pojemności nominalnej  $10\text{dm}^3$  i ciśnieniu wstępnym gazu w akumulatorze  $55\text{bar}$  oraz o ciśnieniu dopuszczalnym  $350\text{bar}$ ów.

Hydrostatyczny układ napędowy połączony został z wałem bezwładnika poprzez rozłączne sprzęgło elektromagnetyczne (9). W stanowisku badawczym inercja pojazdu została odwzorowana głównie poprzez bezwładnik (10) o masie  $m_b = 27\text{kg}$  i momencie bezwładności  $J_b = 0,82\text{kgm}^2$ . Łączna masa oraz moment bezwładności bezwładnika, części sprzęgieł związanych na stałe z bezwładnikiem oraz wału, na którym został osadzony bezwładnik, wynosi odpowiednio  $m_{zb} = 44,73\text{kg}$  i  $J_{zb} = 0,84\text{kgm}^2$ . Elementem, który w stanowisku odwzorowuje cechy napędzanego pojazdu (lub maszyny) jest bezwładnik, którego moment bezwładności  $J$ . Jest związany z masą pojazdu ( $m$ ) zależnością  $m = \frac{i^2}{r^2}J$ , gdzie  $i$  - przełożenie przekładni przenoszącej napęd z wału silnika na koło,  $r$  - promień koła.

Stosownie do przyjętej konstrukcyjnej koncepcji modelowanego obiektu otrzymuje się różne wartości jego

masy np. dla  $i = 8$ ,  $r = 0,3\text{m}$  mamy  $m \approx 600\text{kg}$ , a poza tym obrotom  $n = 1250\text{obr}/\text{min}$  odpowiada prędkość  $V = 5\text{m}/\text{s}$ , a przyspieszenie i opóźnienie pojazdu wynosi  $1\text{m}/\text{s}^2$ .

Na pojazd w czasie ruchu działają siły oporów ruchu, które pojazd musi pokonać. Siły te w zakresie małych prędkości ruchu pojazdu wynikają głównie z oporów toczenia się pojazdu po podłożu oraz przy dużych prędkościach od oporów aerodynamicznych.

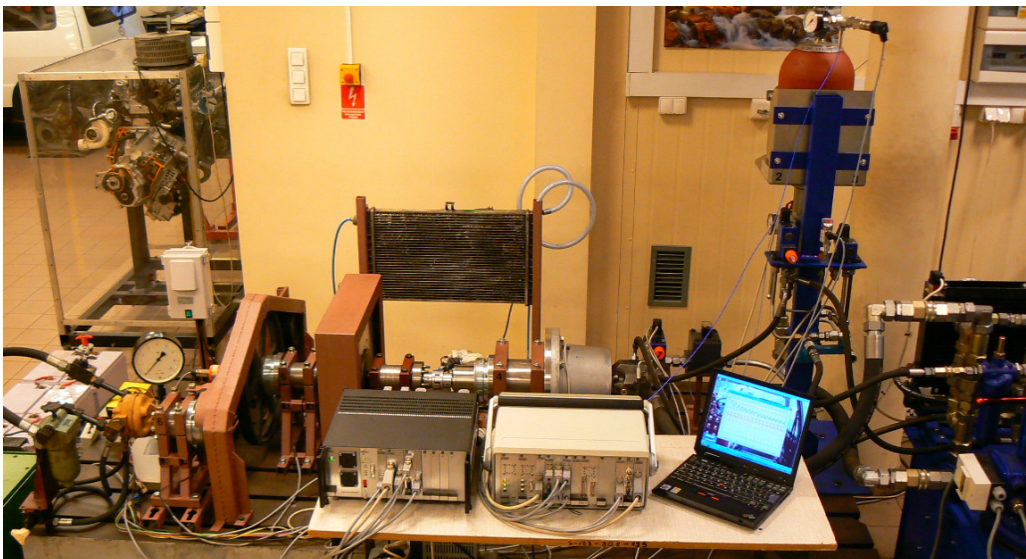
Z tego też względu zbudowany został układ hydrauliczny pozwalający na odwzorowywanie oporów ruchu pojazdu. Głównym elementem składowym układu, obok zaworu dławiącego (4), jest pompa zębata (3) o stałym wydatku typu 1608 firmy Waryński. Wydatek jednostkowy pompy wynosi  $14,6\text{cm}^3/\text{obr}$ , a maksymalne ciśnienie pracy  $175\text{bar}$ ów. Dopuszczalna prędkość obrotowa jednostki hydraulicznej wynosi  $2700\text{obr}/\text{min}$ .

Jak już wspomniano, poszczególne układy napędowe zostały połączone z bezwładnikiem za pomocą sprzęgieł elektromagnetycznych. Ze względu na fakt, że pomposilnik hydrauliczny oraz silnik/prądnica elektryczna posiadają różne prędkości maksymalne oraz nominalne, poszczególne układy napędowe zostały połączone przy wykorzystaniu przekładni pasowych.

Dzięki takiej budowie stanowiska możliwe jest badanie procesów przyływu energii pomiędzy poszczególnymi napędami zarówno w fazie rozpędzania, ruchu oraz hamowania pojazdu. W szczególności możliwa jest praca stanowiska w następujących konfiguracjach:

- bezwładnik połączony z napędem hydrostatycznym,
- bezwładnik połączony z napędem elektrycznym,
- bezwładnik połączony z obydwooma napędami.

Widok zbudowanego stanowiska z opisanymi układami, podzespołami, przekładniami pasowymi został przedstawiony na rys. 2.



Rys. 2. Widok ogólny stanowiska do badania napędu hybrydowego elektryczno-hydrostatycznego.

### 3. UKŁAD POMIAROWO-STERUJĄCY STANOWISKA BADAWCZEGO

Na potrzeby obsługi stanowiska badawczego został opracowany i uruchomiony oryginalny system pomiarowo-sterujący. System ten składa się z dwóch warstw: sprzętowej i programowej. Warstwa sprzętowa systemu pomiarowego o symbolu PCI-EPP/PCM bazuje na układzie pomiarowo-sterujący składającym się z trzech podstawowych elementów:

- komputer sterujący typu PC,
- stacja akwizycji danych PCI 16/32E,
- kondycjoner sygnałów pomiarowo-sterujących.

Stacja akwizycji danych PCI 16/32E jest uniwersalnym układem pomiarowo-sterującym opracowanym przez firmę GrapolElectronic i mającą zastosowanie w wielu krajowych aplikacjach opracowywanych wspólnie z Instytutem Pojazdów PW. Kondycjoner sygnałów jest specjalnie skonstruowanym dla celów realizacji omawianego zadania badawczego układem elektronicznym łączącym stację akwizycji danych PCI 16/32E ze stano-

wiskiem laboratoryjnym napędu hybrydowego w celu sterowania jego pracą. W połączeniu tym pośredniczą:

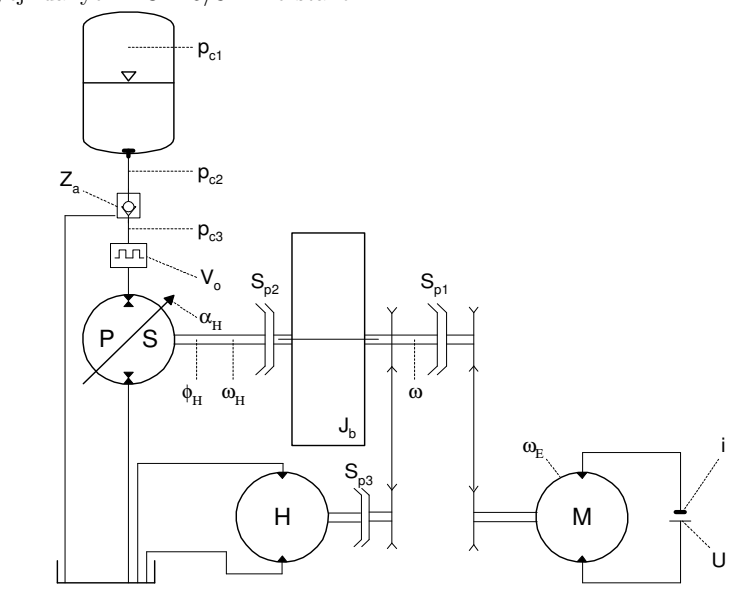
- czujniki pomiarowe (analogowe i impulsowe),
- sterownik silnika elektrycznego VEC300,
- sterownik pompo-silnika hydraulicznego VT-5041,
- elektrozawory hydrauliczne oraz sprzęgła elektromagnetyczne.

Uniwersalne czujniki pomiarowe zastosowane w stanowisku napędu hybrydowego obejmują:

- analogowe czujniki ciśnienia (Peltron NPXA 300),
- analogowy czujnik temperatury (CZAKI Typ 363),
- przepływomierz impulsowy (KOBOLD DZR 1010S),
- enkodery impulsowe (KUBLER Type 8/3600).

Pozostałe czujniki pomiarowe stanowią elementy składowe sterowników VEC300 i VT-5041 lub stanowią oryginalne rozwiązania opracowane do realizacji zadania badawczego (pomiar prądu i oraz napięcia  $U$  silnika PMCM).

Na rys. 3 zamieszczono symbole sygnałów pomiarowo-sterujących wykorzystywanych w procedurach sterujących pracą stanowiska badawczego.



Rys. 3. Sygnały pomiarowo-sterujące stanowiska laboratoryjnego

Podczas pracy stanowiska mierzone są następujące sygnały pomiarowe:

- $p_{c1}$  - ciśnienie gazu w akumulatorze hydraulicznym,
- $p_{c2}$  - ciśnienie oleju w akumulatorze hydraulicznym,
- $p_{c3}$  - ciśnienie oleju pod zaworem zwrotnym akumulatora hydraulicznego,
- $T$  - temperatura gazu w akumulatorze hydraulicznym,

- $\alpha_H$  - kąt wychylenia łopatek pomposilnika (wielkość zadawana oraz sygnał zwrotny układu sterowania),
- $i$  - natężenie prądu płynącego z akumulatora do silnika elektrycznego,
- $U$  - napięcie na zaciskach akumulatora zasilającego silnik elektryczny,
- $\phi_H$  - kąt obrotu wału pomposilnika,
- $\omega_H$  - prędkość kątowa wału wyjściowego pomposilnika,
- $\omega$  - prędkość kątowa bezwładnika,

- $\omega_E$  - prędkość obrotowa silnika elektrycznego,
- $V_o$  - objętość oleju przepływającego przez pomposilnik.

Sterowanie pracą napędu hybrydowego odbywa się poprzez dwa przetworniki analogowo-cyfrowe sterujące momentami napędowymi na wałach wyjściowych pomposilnika hydrostatycznego (PS) oraz silnika elektrycznego (M). Właściwą konfigurację układu napędowego (elektryczny, hydrostatyczny, hybrydowy) uzyskuje się poprzez sterowanie:

- $Z_a$  - elektrozaworem zwrotny akumulatora ciśnienia,
- $S_{p1}$  - sprzęgłem elektromagnetycznym silnika elektrycznego,
- $S_{p2}$  - sprzęgłem elektromagnetycznym pomposilnika,
- $S_{p3}$  - sprzęgłem elektromagnetycznym pompy hydraulicznej symulującej opory ruchu.

Pompa hydrauliczna (H) imitująca opory ruchu sterowana jest ręcznie.

W warstwie programowej wykorzystano uniwersalne pakiety programowe systemu PCI-EPP/PCM, uzupełniając je o dodatkowe moduły związane ze sterowaniem członami wykonawczymi stanowiska. Wykorzystując opracowane oprogramowanie, sterowanie pracą stanowiska badawczego można realizować w dwóch trybach:

- w trybie sterowania ręcznego,
- w trybie sterowania automatycznego wg. ustalonego scenariusza, np. założonego cyklu jazdy miejskiej.

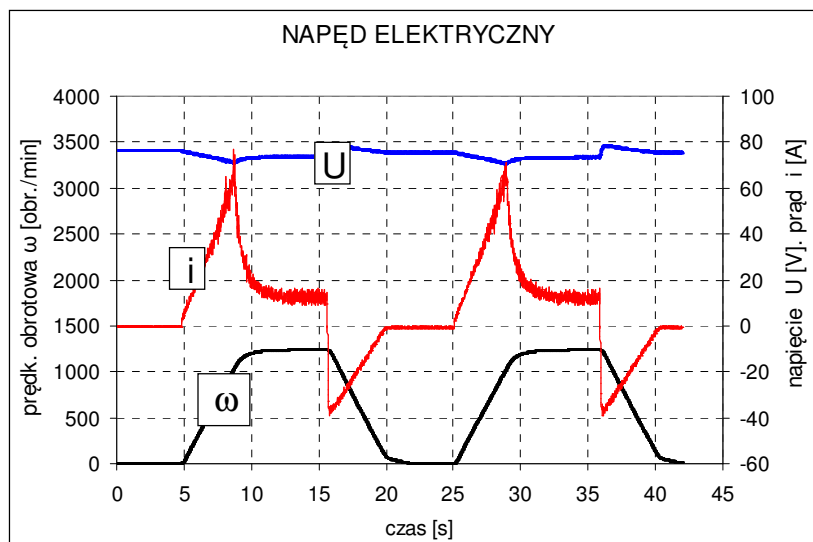
Algorytmy sterowania pracą układu hybrydowego zostały opracowane na podstawie modelu numerycznego, którego szczegółowy opis zamieszczono w pracy [2].

#### 4. BADANIA DOŚWIADCZALNE

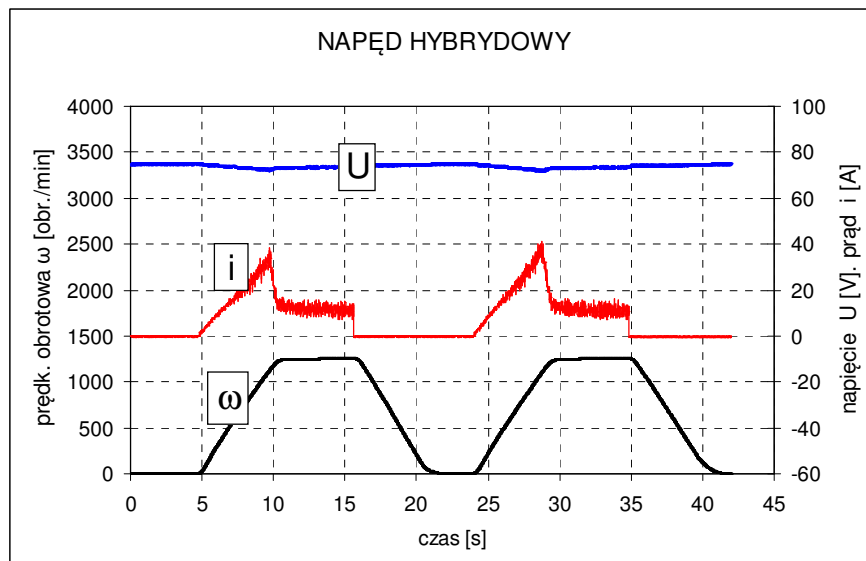
Badania doświadczalne zostały podzielone na dwa etapy. W pierwszym etapie przeprowadzono badania modelu pojazdu wyposażonego tylko w napęd elektryczny z możliwością rekuperacji energii podczas hamowania pojazdu. W drugim etapie założono badania tego samego układu, lecz już ze wspomaganie przez układ hydrostatyczny podczas hamowania i dalszego rozpędzania.

Na rys. 4 przedstawiono wyniki sterowania według wariantu pierwszego dla założonego scenariusza pracy napędu elektrycznego obejmującego dwa cykle rozpędzania i hamowania bezwładnika. Cykl pierwszy zakłada rozpędzanie bezwładnika jedynie za pomocą silnika elektrycznego w ciągu 5s do prędkości 1250 obr/min, a następnie utrzymanie tej prędkości przez następne 5s. Hamowanie odbywało się również wyłącznie za pośrednictwem silnika elektrycznego, lecz z odzyskiem energii elektrycznej. Energia elektryczna pobrana z akumulatora na rozpędzenie bezwładnika i utrzymanie ustalonej prędkości wynosiła średnio dla jednego cyklu 17,7kJ, natomiast zwrócona w czasie hamowania średnio 6,6kJ. Stopień rekuperacji energii elektrycznej wynosi w tym przypadku 37%. Wartość skuteczna prądu przepływającego w czasie realizacji dwóch cykli wynosiła 20,0A.

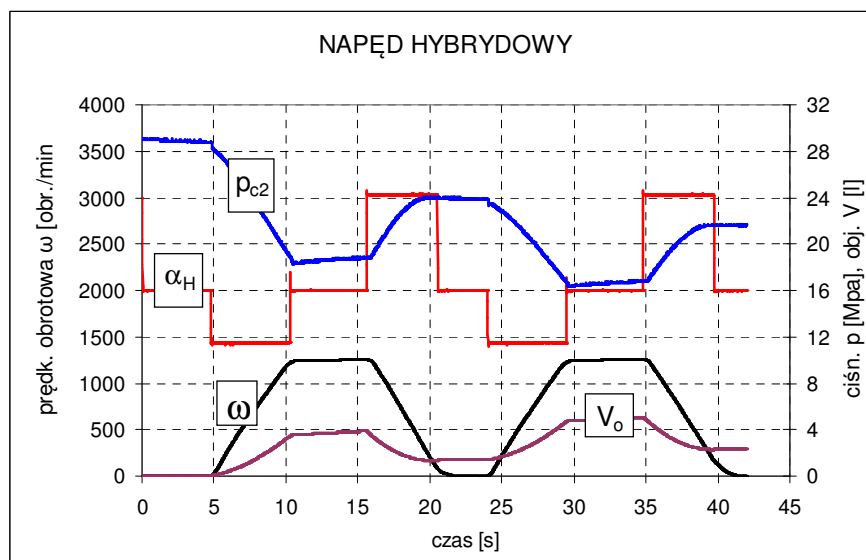
Na rys. 5 zamieszczono wyniki sterowania według wariantu drugiego, czyli wspomaganie napędu elektrycznego napędem hydrostatycznym. Idea pracy napędu hybrydowego polegała w tym przypadku na wspólnym rozpędzaniu i utrzymaniu stałej prędkości bezwładnika zarówno przez silnik elektryczny i silnik hydrostatyczny. Hamowanie modelu pojazdu odbywało się wyłącznie za pośrednictwem napędu hydrostatycznego – pompa hydrauliczna tłoczyła i sprężała olej w akumulatorze hydropneumatycznym. Proporcje udziałów każdego typu napędów zostały dobrane doświadczalnie tak, aby osiągnąć możliwie najlepszy efekt w zakresie dostępnych parametrów podzespołów układów napędu elektrycznego i hydrostatycznego.



Rys. 4. Dwa cykle pracy napędu elektrycznego, linie oznaczono symbolami:  $\omega$  - prędkość kątowna,  $i$  - prąd,  $U$  - napięcie



Rys. 5. Dwa cykle napędu hybrydowego – sygnały napędu elektrycznego, linie oznaczono symbolami:  $\omega$  - prędkość kątowna,  $i$  - prąd,  $U$  - napięcie



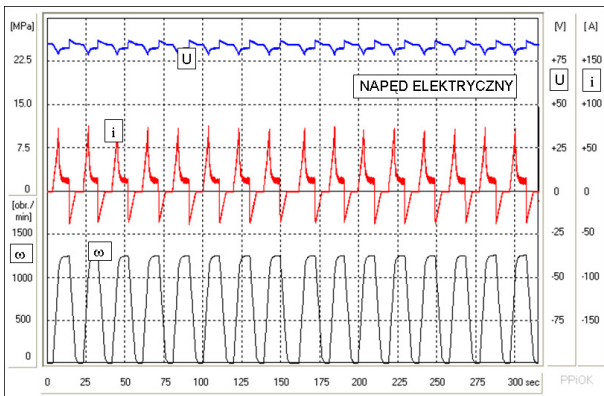
Rys. 6. Dwa cykle napędu hybrydowego – sygnały napędu hydrostatycznego, linie oznaczono symbolami:  $\omega$  - prędkość kątowna,  $p_{c2}$  - ciśnienie,  $V_o$  - objętość oleju,  $H$  - kąt wychylenia łopatek pomposilnika.

Energia elektryczna pobrana z akumulatora elektrycznego na rozpędzenie bezwładnika i utrzymanie ustalonej prędkości wynosiła w tym przypadku średnio dla jednego cyklu zaledwie 6.1kJ.

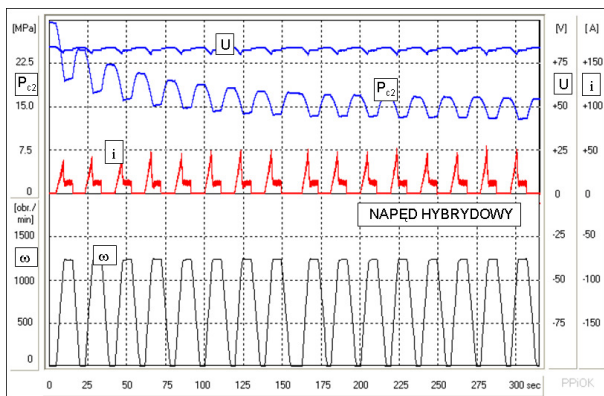
Wartość skuteczna prądu przepływającego w czasie realizacji dwóch cykli wynosiła 12,2A. Wartości te są istotnie mniejsze w porównaniu z napędem realizowanym tylko przez napęd elektryczny. Pracę napędu hydrostatycznego zobrazowano na rys. 6. Wykorzystanie napędu hydrostatycznego do wspomaganie procesu rozpędzania skutkuje opróżnieniem akumulatora hydro-pneumatycznego. Spada wówczas ciśnienie

w akumulatorze (oznaczone  $p_{c2}$ ) w ślad za wpływającym z niego olejem (oznaczonym  $V_o$ ). Wykorzystanie napędu hydrostatycznego (pompy hydraulicznej) do hamowania bezwładnika pozwala uzupełnić te straty jedynie w przybliżeniu w połowie. Przebieg kąta wychylenia łopatek pomposilnika obrazuje -  $\alpha_H$ . Wychylenie to w zaprezentowanym przykładzie wynosi +25% (w momencie rozpędzania) oraz -50% (w czasie hamowania) maksymalnego możliwego kąta obrotu.

W celu poglądowego porównania napędu elektrycznego i hybrydowego na rysunkach 7 i 8 zestawiono kopie ekranu dla 16 cykli rozpędzania i hamowania.



Rys. 7. Przykładowe wyniki sterowania stanowiskiem wg założonego scenariusza dla 16 cykli: napęd elektryczny



Rys. 8. Przykładowe wyniki sterowania stanowiskiem wg założonego scenariusza dla 16 cykli: napęd hybrydowy

Wartość skuteczna prądu przepływającego przez akumulator w czasie realizacji 16 cykli napędu elektrycznego wynosiła 22,3A. Wartość skuteczna prądu przepływającego w czasie realizacji 16 cykli przy wspomaganie napędem hydrostatycznym wynosiła 14,0A. Obciążenie akumulatora przy napędzie hybrydowym w porównaniu do czystego napędu elektrycznego spadło więc o około 37%, co zapewne znacznie zwiększy jego żywotność.

Analizując przebieg ciśnienia w akumulatorze hydro-pneumatycznym, należy zauważyć, że przy początkowo

całkowitym jego naładowaniu do około 30MPa ciśnienie spada po 8 cyklu hamowania do około 13MPa. W kolejnych cyklach oscyluje między 13MPa a 16MPa. Biorąc pod uwagę fakt, że ciśnienie wstępne w akumulatorze wynosi 5MPa, należy uznać te parametry pracy za korzystne.

## 5. WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań doświadczalnych potwierdziły tezę o możliwości zwiększenia efektywności procesu przetwarzania energii w elektrycznym napędzie pojazdu miejskiego za pomocą wspomaganie napędu elektrycznego napędem hydrostatycznym. Wspomaganie to sprowadza się do pobierania energii z akumulatora hydro-pneumatycznego podczas przyspieszania pojazdu oraz zwracania energii w trakcie hamowania odzyskowego.

Celem przeprowadzonych badań doświadczalnych było eksperymentalne ukazanie możliwości zmniejszenia energochłonności napędu elektrycznego dzięki wspomaganie napędem hydrostatycznym. Prezentowane w artykule wyniki badań pokazują, że nastąpiło istotne odciążenie napędu elektrycznego. W artykule są zamieszczone wybrane wyniki badań doświadczalnych dla wielokrotnego ruszania i hamowania pojazdu, które wskazują na 37% zmniejszenie ilości energii pobieranej przez napęd hybrydowy w porównaniu do napędu tylko elektrycznego. Dodatkowo zaobserwowano podobnego rzędu zmniejszenie wartości skutecznej prądów np. z 22,3A dla napędu elektrycznego do 14,0A dla napędu hybrydowego. Wynik ten wskazuje, że istnieje możliwość zwiększenia efektywności przetwarzania energii w elektrycznym napędzie pojazdu za pomocą wspomaganie hydrostatycznego.

*Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/01/B/ST8/06822 oraz z projektu PBS3/A9/0/2015.*

## Literatura

1. Golden Motor, „Golden Motor,” 2014. <http://www.goldenmotor.com>
2. Grzesikiewicz W., Knap L., Makowski M.: Symulacyjne badania napędu hydrostatycznego. W: Technika Transportu Szynowego. T. 9. Łódź: Instytut Naukowo-Wydawniczy „TTS” Sp. z o.o., 2012, s. 1243-1252.
3. Grzesikiewicz W., Knap L., Makowski M., Pokorski J.: Symulacyjne badania ruchu pojazdu z napędem hydrostatycznym. „Logistyka” 2014, nr 4, s. 387-395.
4. Grzesikiewicz W., Grąźewicz K., Knap L., Kostro J., Makowski M., Pokorski J.: Sprawozdanie merytoryczne z projektu badawczego 2011/01/B/ST8/06822. „Badania napędów elektryczno-hydraulicznych z odzyskiem energii hamowania”. Warszawa 2015.
5. Rexroth Bosch Group, 2014. <http://www.boschrexroth-us.com>.
6. Szczepaniak C.: Motoryzacja na przełomie epok. Warszawa: PWN, 2000. ISBN 8301132280.



Artykuł dostępny na podstawie licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 3.0 Polska.  
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/pl>