

# Podzespoły hydrokinetyczne w dobie pojazdów elektrycznych

Ireneusz Musiałek, Andrzej Kęsy

## Wstęp

Układ przeniesienia napędu maszyn to podzespoły mechaniczne mieszczące się między silnikiem napędowym a mechanizmem roboczym. Zadaniem układu przeniesienia napędu jest dostosowanie charakterystyki użytego silnika napędowego do wymogów ruchu maszyny. Dla pojazdów zadania te obejmują: łagodne ruszanie z miejsca i zatrzymywanie się, jazdę w ruchu miejskim oraz jazdę po autostradach.

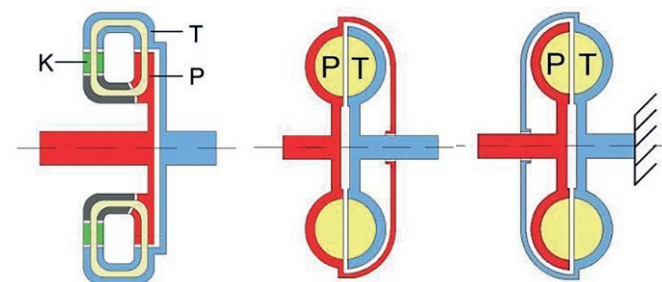
Powszechnie stosowanymi do napędu pojazdów są silniki spalinowe iskrowe oraz silniki z zapłonem samoczynnym, a do napędu maszyn technologicznych silniki elektryczne prądu zmiennego synchroniczne i asynchroniczne.

Przez wiele lat podstawowym podzespołem układu przeniesienia napędu, szczególnie pojazdów, były podzespoły hydrokinetyczne. Obecnie podzespoły te są wypierane ze swoich tradycyjnych zastosowań przez inne rodzaje podzespołów napędowych, głównie elektrycznych.

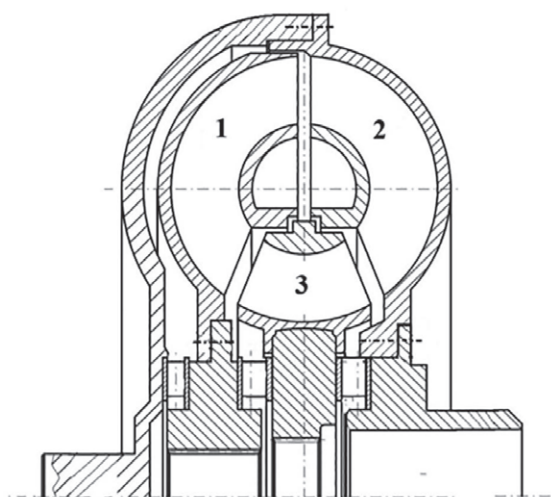
## 1. Podzespoły hydrokinetyczne

Podzespoły hydrokinetyczne, takie jak przekładnie, sprzęgła lub hamulce hydrokinetyczne, są obecnie powszechnie stosowane w napędach pojazdów, rys. 1.

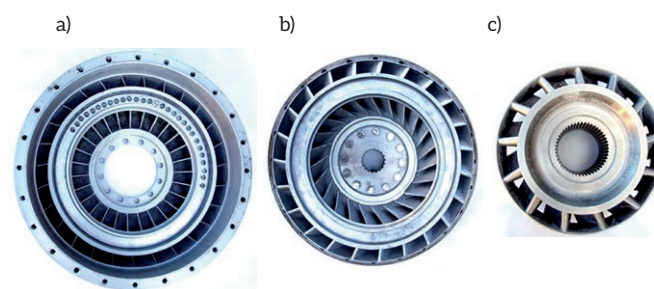
Zaletą podzespołów hydrokinetycznych jest duży stosunek przenoszonej mocy do masy, prosta budowa i zdolność samoczynnego dostosowywania się do obciążenia. Podzespół hydrokinetyczny składa się z typowych w budowie maszyn elementów konstrukcyjnych, takich jak: łożyskowany wał z zamocowanymi na stałe kołami łopatkowymi, dzielona szczelna obudowa i uszczelnienie wału. Obudowa jest wypełniona cieczą roboczą, rys. 2, 3.



Rys. 1. Podzespoły hydrokinetyczne: a - przekładnia hydrokinetyczna; b - sprzęgło hydrokinetyczne; c - hamulec hydrokinetyczny; P - koło łopatkowe pompy; T - koło łopatkowe turbiny; K - koło łopatkowe kierownicy



Rys. 2. Konstrukcja przekładni hydrokinetycznej do zamontowania w układzie napędowym: 1 - koło łopatkowe pompy; 2 - koło łopatkowe turbiny; 3 - koło łopatkowe kierownicy



Rys. 3. Koła łopatkowe przekładni hydrokinetycznej: a - koło łopatkowe pompy; b - koło łopatkowe turbiny; c - koło łopatkowe kierownicy

Charakterystyki podzespołów hydrokinetycznych bezpośrednio zależą od przestrzeni roboczej kół łopatkowych określonej przez kształt kanałów, w których płynie cieść robocza. Przestrzeń robocza kół łopatkowych podzespołów hydrokinetycznych ma skomplikowaną geometrię przestrzenną, charakteryzującą się krótkimi zakrzywionymi kanałami. Ponadto podczas pracy podzespołu hydrokinetycznego koła łopatkowe obracają się z różnymi prędkościami kątowymi. Z tych powodów przepływ w przestrzeni roboczej podzespołów

hydrokinetycznych jest silnie turbulentny. Podczas przepływu pojawiają się też puste przestrzenie, które nie są wypełnione cieczą roboczą. Takie warunki pracy, głównie brak ciągłości przepływu w przestrzeni roboczej, nie pozwalają na stosowanie w pełni najnowszych numerycznych metod obliczeniowych, np. CFD (ang. *Computational Fluid Dynamics*). Z tego powodu proces konstrukcji podzespołów hydrokinetycznych zawsze zawiera etapy: budowy prototypu i badań prototypu na stanowiskach badawczych.

W pojazdach podzespoły hydrokinetyczne połączone z przekładniami zębatymi i z hydraulicznym układem wybierania biegów tworzą hydrokinetyczne automatyczne skrzynie biegów. Z tymi skrzyniami konkurują inne przekładnie automatyczne:

- mechaniczna. Bezstopniowa przekładnia CVT (ang. *Continuously Variable Transmission*), której ideę działania przedstawił Leonardo da Vinci w 1490 r. Przekładnia bezstopniowa składała się dwóch par pasowych kół stożkowych, połączonych przesuwającym pasem elastycznym;
- mechaniczna dwusprzęgłowa skrzynia biegów. Dwusprzęgłowa skrzynia biegów składa się z dwóch równoległych skrzyń biegów, każda z własnym sprzęgłem wielopłytkowym. Jedna skrzynia realizuje biegi parzyste, druga nieparzyste. Po zmianie biegu, w miarę upływu czasu moment obrotowy przenoszony przez pierwszą skrzynię maleje proporcjonalnie do wzrostu momentu przeniesionego przez drugą skrzynię. Sterowanie zmianą biegów odbywa się na drodze elektrohydraulicznej lub elektromechanicznej;
- hydrostatyczna. Przekładnia hydrostatyczna jest zbudowana z jednej lub kilku par pomp wyporowych o zmiennej wydajności oraz silników hydrostatycznych o zmiennej chłonności. Przenoszony moment obrotowy zmienia się w sposób ciągły przez zmianę chłonności silników hydraulicznych lub/i wydajności pomp hydraulicznych;
- elektryczna. Przekładnia elektryczna składa się ze źródła prądu, którym może być prądnica, sieć elektryczna lub akumulator, silnika elektrycznego oraz elektronicznego układu sterowania. Przekładnia ta znacznie upraszcza konstrukcję układu przeniesienia napędu lub nawet go likwiduje, gdy silniki elektryczne zasilone z akumulatora są umieszczone bezpośrednio w kołach pojazdu.

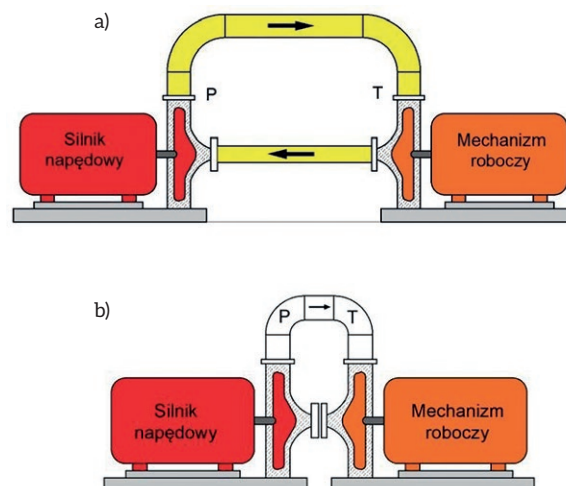
## 2. Rozwój podzespołów hydrokinetycznych

### 2.1. Początkowy okres rozwoju

Wynalazcą podstawowego podzespołu napędu hydrokinetycznego był niemiecki inżynier H. Föttinger, który w 1905 r. opatentował przekładnię hydrokinetyczną [1]. W patencie zastrzegł umieszczenie koła łopatkowego pompy i koła łopatkowego turbiny w wspólnej obudowie, rys. 4.

Sprzęgło hydrokinetyczne opatentowano 5 lat później jako uproszczoną wersję przekładni hydrokinetycznej otrzymaną przez pominięcie koła łopatkowego kierownicy.

W Polsce historia napędu hydrokinetycznego rozpoczyna się w okresie międzywojennym, kiedy to konstruktor Państwowych Zakładów Inżynierii w Warszawie J. Werner zaprojektował pierwsze polskie sprzęgło hydrokinetyczne do pojazdu.



Rys. 4. Napęd hydrokinetyczny: a – ówczesnie stosowany; b – idea wg patentu H. Föttingera z 1905 roku

Po wojnie, w latach 1951–1955, prace nad konstrukcją sprzęgieł hydrokinetycznych były kontynuowane na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej pod kierunkiem prof. A. Polaka. Prace nad konstrukcją polskiej przekładni hydrokinetycznej przeznaczonej do pojazdów rozpoczęto w Politechnice Łódzkiej i Politechnice Warszawskiej w 1957 roku.

### 2.2. Rozwój konstrukcji podzespołów hydrokinetycznych

Konstrukcja przekładni hydrokinetycznej opatentowanej przez Föttingera była w miarę rozwoju techniki ulepszana. Powstała przekładnia hydrokinetyczna o nazwie „Tri-Lock”, w której koło łopatkowe kierownicy było połączone z obudową przekładni za pomocą sprzęgła jednokierunkowego, co skutkowało zwiększeniem sprawności przekładni. Inną konstrukcją przekładni hydrokinetycznej była przekładnia hydrokinetyczna o przepływie promieniowo-osiowym nazwana „Lysholm-Smith”, a przeznaczona do autobusu.

Dla sprzęgła hydrokinetycznego uproszczono geometrię kół łopatkowych przez pominięcie pierścienia wewnętrznego.

Pierwszy hydrokinetyczny układ przeniesienia napędu przeznaczony do pojazdu, jaki powstał po opatentowaniu przekładni hydrokinetycznej, składał się z przekładni hydrokinetycznej i przekładni planetarnej. Na bazie tego napędu rozwinęły się konstrukcje automatycznych skrzyń biegów, tabela 1.

Automatyczna skrzynia biegów „Dynaflow” zawiera przekładnię hydrokinetyczną wyposażoną w koło łopatkowe turbiny złożone z 4 niezależnych wieńców łopatek. Poszczególne wieńce obracają się w pewnych zakresach pracy przekładni z różnymi prędkościami. W automatycznej skrzyni biegów „Ultramatic Drive” z dwufazową przekładnią hydrokinetyczną i dwustopniową przekładnią planetarną po raz pierwszy zastosowano sprzęgło blokujące (*Lock-up Clutch*), łączące koła łopatkowe pompy i turbiny przy wyższych przełożeniach kinematycznych. Natomiast w automatycznej skrzyni biegów „Voith DIWA”, przeznaczonej do autobusów, dokonano rozdziału mocy, dzięki

Tabela 1. Etapy rozwoju konstrukcji napędów hydrokinetycznych wg [1]

Lp.	Nowa konstrukcja	Rok	Lata między nowymi konstrukcjami	Grupa maszyn
1.	Turbina parowa (Parsons)	1884	0	Silniki napędowe
2.	Czterotłokowy silnik spalinowy ze sprężaniem	1887	3	
3.	Silnik z zapłonem samoczynnym (Diesel)	1897	8	
4.	Samochód Maybach-Daimler z 2-biegową przekładnią	1889	2	Przekładnie
5.	Przekładnia hydrokinetyczna (Fottinger)	1905	5	Podzespoły hydrokinetyczne
6.	Sprzęgło hydrokinetyczne	1910	8	
7.	Samochód z przekładnią hydrokinetyczną	1925	15	
8.	Przekładnia hydrokinetyczna „Trilok”	1928	3	
9.	Sprzęgło bez pierscienia wewnętrznego	1929	1	
10.	Przekładnia hydrokinetyczna do autobusu „Lysholm-Smith”	1929	0	
11.	Automatyczna skrzynia biegów „Hydromatic”	1938	9	
12.	Automatyczna skrzynia biegów „Dynaflow”	1948	10	
13.	Automatyczna skrzynia biegów „Ultramatic Drive”	1949	11	
14.	Automatyczna skrzynia biegów „DIWA Voith”	1953	4	
15.	Przekładnie hydrokinetyczne zasilane cieczą roboczą o regulowanej gęstości	2003	50	

czemu uzyskano wyższe sprawności w zakresie pracy przekładni hydrokinetycznej. Skrzynia posiada bieg neutralny, dwa biegi jazdy do przodu i bieg wsteczny oraz dwustopniowy hamulec hydrokinetyczny.

Tabela 2. Rozwój zastosowań napędów hydrokinetycznych wg [1]

Lp.	Rodzaj środka transportu	Rok	Kraj
1.	Statki	1909	Niemcy
2.	Pojazdy samochodowe	1925	Niemcy
3.	Wagony motorowe	1932	Niemcy
4.	Czołgi	1942	Stany Zjednoczone
5.	Lokomotywy, maszyny górnicze, maszyny budowlane	1945	Stany Zjednoczone
6.	Środki transportu wewnętrznego, napędy pomp i kompresorów	1949	Stany Zjednoczone
7.	Autobusy	1953	Niemcy
8.	Podwozia do przewożenia bardzo ciężkich ładunków	1960	ZSRR
9.	Napęd do rozruchu turbin gazowych	1999	Niemcy

Powstały też przekładnie hydrokinetyczne, w których uwzględniono jako czynnik konstrukcyjny ciec z roboczą, czyli prototypowe przekładnie z układem zasilania cieczą roboczą o zmiennej regulowanej gęstości [2].

### 2.3. Rozwój zastosowań podzespołów hydrokinetycznych

Przekładnia hydrokinetyczna po raz pierwszy została zastosowana w Niemczech w napędzie statku celem zmniejszenia prędkości obrotowej napędowej turbiny parowej, tabela 2.

Od 1925 r. zaczęto stosować podzespoły hydrokinetyczne w pojazdach. Wtedy to użyto przekładni hydrokinetycznej w skrzyni biegów samochodu osobowego. W przekładnię hydrokinetyczną współpracującą z wysokoprężnym silnikiem spalinowym w 1932 r. wyposażono układ napędowy wagonu motorowego. W okresie drugiej wojny światowej w Stanach Zjednoczonych produkowano hydrokinetyczną automatyczną

skrzynię do czołgów. Po drugiej wojnie światowej zaczęto stosować hydrokinetyczne układy przeniesienia napędu w lokomotywach, maszynach górniczych oraz ciężkich maszynach budowlanych, takich jak spycharki, ładowarki czy koparki. Pod koniec lat 50. XX w. podzespoły hydrokinetyczne były używane w pojazdach transportu wewnętrznego, w tym w wózkach widłowych. W 1953 r. w Niemczech została wyprodukowana pierwsza automatyczna skrzynia biegów przeznaczona do autobusów. W ZSSR w latach 60. XX w. trójelementowa przekładnia hydrokinetyczna była używana w podwoziach służących do transportu wyrzutni rakiet oraz statków kosmicznych. W końcu XX wieku zastosowano podzespół hydrokinetyczny do rozruchu turbin gazowych.

### 2.4. Liczba produkowanych podzespołów hydrokinetycznych

W Stanach Zjednoczonych automatyczna skrzynia biegów „Hydra-Matic” w czasach drugiej wojny światowej była wytwarzana tylko do czołgów. Wyprodukowano wtedy ponad 25 tys. takich skrzyń. W 1948 roku udział w sprzedaży samochodów z hydrokinetyczną automatyczną skrzynią biegów wyniósł dla samochodów marki Pontiac 73%, dla samochodów Cadillac – 97%, a dla samochodów Oldsmobile prawie 99%. W 1949 r. wyprodukowano milionowy egzemplarz automatycznej skrzyni biegów „Hydra-Matic” stosowanej w różnych pojazdach. Hydrokinetyczne automatyczne skrzynie biegów oferowały też firmy Lincoln, Nash, Hudson i Kaiser-Frazer, a od 1952 r. firmy Rolls-Royce, Ford, Studebaker, Packard. Hydrokinetyczną automatyczną skrzynię biegów „Hydra-Matic” produkowano do 1955 r. Do tego czasu powstało 10 mln egz. tych skrzyń do samochodów osobowych. W latach 1961–1966 w Niemczech wprowadzono na rynek 100 tys. hydrokinetycznych automatycznych skrzyń biegów, a milionowy egzemplarz wyprodukowano w 1976 r. W 1970 r. około 90% produkowanych w Stanach Zjednoczonych pojazdów zawierało hydrokinetyczny układ napędowy. Od 1970 r. powstające konstrukcje hydrokinetycznych automatycznych skrzyń biegów dla pojazdów zawierały 6 do 8 biegów. Od 1990 r. masowo produkowano pięciobiegową automatyczną skrzynię biegów z przekładnią hydrokinetyczną oraz z elektrohydraulicznym przełączaniem biegów.

Obecnie, w XXI wieku, napęd hydrokinetyczny nadal się rozwija. Jako ciecze robocze w napędach hydrokinetycznych zaczęto stosować ciecze elektoreologiczne reagujące na pole elektryczne i magnetoreologiczne reagujące na pole magnetyczne [3]. Fakt, że te pola fizyczne wytwarzane są z użyciem prądu elektrycznego, umożliwia proste i skuteczne sterowanie napędu hydrokinetycznego z wykorzystaniem mikroprocesorów.

### 2.5. Rozwój technologii wytwarzania podzespołów hydrokinetycznych

Koła łożatkowe obecnie produkowanych podzespołów hydrokinetycznych są wytwarzane różnymi metodami. W przypadku małoseryjnej produkcji kół łożatkowych o płaskich, promieniowych łożatkach lub kół łożatkowych o przepływie osiowym możliwe jest wykonanie koła łożatkowego przez frezowanie. Najczęściej stosowanym sposobem produkcji seryjnej



Rys. 5.  
Prof. Cezary  
Szczepaniak  
(1935–2016)

kół łożatkowych podzespołów hydrokinetycznych jest ich odlewanie ze stopów aluminium lub żeliwa. Odlewy wykonywane są w kokilach. W przypadku produkcji wielkoseryjnej koła łożatkowe są składane z elementów tłoczonych z blachy. Elementy składowe kół łożatkowych są łączone w całość za pomocą połączeń nierozłącznych. Obecnie produkcja kół łożatkowych jest możliwa z wykorzystaniem najnowszej technologii wytwarzania, tj. druku 3D [4, 5, 6]. Drukowane są koła łożatkowe w częściach lub w całości z tworzyw sztucznych lub stopów metali. Druk 3D jest szczególnie dogodny do wywarzania prototypowych kół łożatkowych, których doświadczalne badanie jest niezbędnym etapem procesu konstrukcyjnego. Taki sposób wytwarzania kół łożatkowych znacznie zwiększa dokładność i skraca czas wykonania.

### 2.6. Rozwój badań podzespołów hydrokinetycznych

Jednym z głównych ośrodków naukowych w Polsce, które zajmowały się konstrukcją i badaniami podzespołów hydrokinetycznych, był Wydział Mechaniczny Politechniki Łódzkiej. Działała tam od 1949 r. szkoła naukowa badania napędów hydrokinetycznych, utworzona przez prof. Jerzego Wernera, konstruktora pierwszego polskiego sprzęgła hydrokinetycznego. Dominującą osobowością tej szkoły był prof. Cezary Szczepaniak, który przez 20 lat był Dyrektorem Instytutu Pojazdów [7], rys. 5.

Z inicjatywy prof. Cezarego Szczepaniaka prowadzono prace z zakresu badania dynamiki napędu hydrokinetycznego, badania wpływu własności cieczy roboczych na charakterystyki napędów hydrokinetycznych oraz stosowania modelowania matematycznego wspomaganego komputerowo w badaniach napędów hydrokinetycznych. Te kierunki badań zainspirowane przez prof. Szczepaniaka kontynuowane były przez jego uczniów i następnie uczniów jego uczniów. Poziom naukowy prowadzonych badań nie odbiegał od poziomu światowego. Wymierny wkład tej szkoły w rozwój podzespołów hydrokinetycznych to konstrukcja łożatek kół łożatkowych opisanych powierzchnią prostokreślną [1], użycie jako linii średniej przekroju merydionalnego krzywych o małych zmianach krzywizny [4], zasilanie podzespołów hydrokinetycznych cieczami roboczymi o zmiennej gęstości [2], zastosowanie jako cieczy

---

roboczej płynów elektoreologicznych i magnetoreologicznych, których właściwości reologiczne można zmieniać z użyciem prądu elektrycznego [3]. Działalność naukowa tej szkoły trwa do chwili obecnej.

### **3. Stan obecny zastosowań podzespołów hydrokinetycznych**

Okresem największej świetności hydrokinetycznych układów przeniesienia napędu, ze względu na różnorodność zastosowań i liczbę wyprodukowanych podzespołów hydrokinetycznych, była druga połowa XX wieku. Jednak na początku XXI zmieniło się nastawienie dotyczące kierunków rozwoju maszyn. Ze względu na zachodzące zmiany klimatyczne szczególną uwagę zwrócono na aspekty ekologiczne techniki, co spowodowało ograniczenia stosowania podzespołów hydrokinetycznych, które uważane są powszechnie za mające stosunkowo małą sprawność.

Obecnie podzespoły hydrokinetyczne są zastępowane nowymi konstrukcjami. Są to, szczególnie w samochodach osobowych, dwusprzęgłowe skrzynie biegów oraz CVT. Natomiast w maszynach budowlanych o małej i średniej mocy napęd hydrokinetyczny jest wypierany przez sterowany napęd hydrostatyczny. Mimo że prowadzone są intensywne prace nad rozwojem technologii wykonania i zastosowaniem nowych cieczy roboczych w podzespołach hydrokinetycznych, nie powoduje to zmiany trendu tego zjawiska. Są też stosowane układy napędowe, w których silnik elektryczny jest połączony z podzespołem hydrokinetycznym, ale te konstrukcje są też wycofywane z rynku, gdyż charakterystyki takich podzespołów można otrzymać przez zaawansowane sterowanie samym silnikiem elektrycznym.

Obecnie w Polsce przekładnie hydrokinetyczne stosowane do napędu jazdy maszyn budowlanych są produkowane w Fabryce Maszyn Sp. z o. o. w Lubaczowie.

### **4. Zastosowania podzespołów hydrokinetycznych w niedalekiej przyszłości**

W Unii Europejskiej, ze względu na ochronę klimatu, jest planowane do 2035 r. zaniechanie produkcji pojazdów z silnikami spalinowymi. Przyjęto, że układy przeniesienia napędu pojazdów, w których podzespoły hydrokinetyczne były dotychczas powszechnie stosowane, będą w przyszłości wyposażone w silniki elektryczne. Podejmowane są próby utrzymania silników spalinowych przez zasilanie silnika o zapłonie iskrowym sprężonym wodorem magazynowanym w butlach. Produktem spalania takiego paliwa jest woda, co powoduje, że silniki spalinowe stają się w pełni ekologiczne. Wodór jest wytwarzany w sposób nieszkodliwy dla środowiska z wykorzystaniem reaktorów jądrowych. Takie paliwo zaczyna być stosowane w samochodach osobowych, autobusach i samochodach ciężarowych.

Silniki elektryczne są ciche, nie wytwarzają spalin. Jednak żeby napęd elektryczny był całkowicie ekologiczny, prąd elektryczny zasilający silniki elektryczne musi pochodzić z odnawialnych źródeł energii lub elektrowni atomowych. Elektrownie atomowe, dopóki nie ulegną awarii, są uważane za w pełni ekologiczne. Prąd zasilający silniki elektryczne może być także wytwarzany z wodoru w ogniwoch paliwowych.

Idea stosowania w pojazdach silników elektrycznych jest realizowana w możliwie jak najszybszym tempie. W Polsce jest intensywnie rozbudowywana sieć stacji ładowania pojazdów elektrycznych, a za kilka lat planuje się uruchomienie produkcji samochodów elektrycznych, które przez premiowany sposób sprzedaży mają wyeliminować z użycia samochody osobowe o napędzie spalinowym. Na skutek tych działań już w niedalekiej przyszłości do napędu pojazdów lekkich i średnich będą stosowane wyłącznie silniki elektryczne.


### 5. Perspektywy podzespołów hydrokinetycznych

W początkowych okresach rozwoju podzespoły hydrokinetyczne były stosowane w maszynach dużej mocy. Pierwsza profesjonalna przekładnia hydrokinetyczna użyta do napędu statku pasażerskiego miała moc 7360 kW.

Obecnie, mimo forsowania silników elektrycznych, zastosowania podzespołów hydrokinetycznych są niepodważalne właśnie przy dużych mocach, szczególnie dla maszyn eksploatowanych w terenach odległych od cywilizacji, w skrajnie trudnych warunkach atmosferycznych. W elektrycznych układach napędowych o dużej mocy układy sterowania, ze względu na duże wartości natężeń prądu elektrycznego, osiągają nieproporcjonalne w porównaniu z silnikiem elektrycznym rozmiary i ze względu na dużą liczbę elementów elektronicznych są zawodne. Natomiast podzespoły hydrokinetyczne posiadające prostą budowę są trwałe, a ich ewentualna naprawa jest łatwa i możliwa do przeprowadzenia w surowych warunkach klimatycznych. Należy sądzić, iż w układach przeniesienia napędu maszyn budowlanych i pomp o mocach powyżej 200 kW jest i będzie najczęściej stosowana trójelementowa przekładnia hydrokinetyczna ze sprzęgłem jednokierunkowym i sprzęgłem blokującym.

### Literatura

- [1] MUSIAŁEK I., KOTLIŃSKI J., KĘSY A.: *Rozwój konstrukcji, produkcji i zastosowań podzespołów hydrokinetycznych*. W monografii: *Technologie XXI wieku – Aktualne problemy i nowe wyzwania*. Tom 1. Wydawnictwo Naukowe Tygiel Sp. z o.o., Lublin 2021.
- [2] KĘSY Z.: *Sterowani przekładni hydrokinetycznej cieczą roboczą*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2003.
- [3] Kęsy Z.: *Sprzęgła z cieczami elektro- i magneto-reologicznymi*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2008.
- [4] KĘSY A.: *Numeryczne modelowanie geometrii kół łopatkowych podzespołów hydrokinetycznych*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2008.
- [5] KĘSY A.: *Metody komputerowe w budowie kół łopatkowych podzespołów hydrokinetycznych*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2010.
- [6] KĘSY A.: *Modele bryłowe w konstrukcji podzespołów hydrokinetycznych*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2012.
- [7] KĘSY A., MUSIAŁEK I.: *Szkoła naukowa podzespołów hydrokinetycznych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Łódzkiej*. Zeszyty Historyczne Politechniki Łódzkiej, nr 21/2023.

 Ireneusz Musiałek – Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach;  
Andrzej Kęsy – Uniwersytet Technologiczna Humanistyczny w Radomiu

artykuł recenzowany

reklama

# reklama