

Koncepcyjne łodzie motorowe

Transfery rozwiązań

Ze względu na różnorodność rynku jachtowego opisanie wszystkich projektów koncepcyjnych łodzi nie jest możliwe zarówno w pojedynczym artykule, jak i w postaci obszernej książki. Bez względu na rozmiar statku, jego przeznaczenie czy szlak wodny, po którym się porusza, w ostatnich latach zaobserwować można odważne propozycje zmian konstrukcyjnych, które mają korzystnie wpłynąć na poprawę parametrów użytkowych.

Fot. www.teva.fi/en/canotea-en

Trendem w modernizacjach łodzi motorowych oraz żaglowych jest dążenie do zmniejszenia strat wywołanych tarciem lub zwiększenia sprawności układów napędowych, bezpieczeństwa czy komfortu. To w tych płaszczyznach projekty ostatnich lat skupiają swoje modyfikacje. W artykule przedstawiono wybrane koncepcyjne i produkcyjne modele łodzi, napędów czy systemów poprawiających omówione zagadnienia.

Obecny rozwój napędów alternatywnych pojazdów samochodowych jest kluczem do rozwoju wodnych środków transportu. Na wielu płaszczyznach obserwuje się zarówno pośredni, jak i bezpośredni transfer

technologii implementowanej w pojazdach samochodowych do konstrukcji motorowodnych. Przykładem implementacji pośredniej jest prezentowany w artykule [1] katamaran Energy Observer (rys. 1), w którym rozwiązania technologiczne ogniw paliwowych zostały zaimplementowane na podstawie konstrukcji pojazdu Toyota Mirai. Na pokładzie francuskiej łodzi zastosowano również takie elementy, jak panele fotowoltaiczne oraz akumulatory wysokonapięciowe, które już od ponad 20 lat są dostępne w pojazdach firmy Toyota.

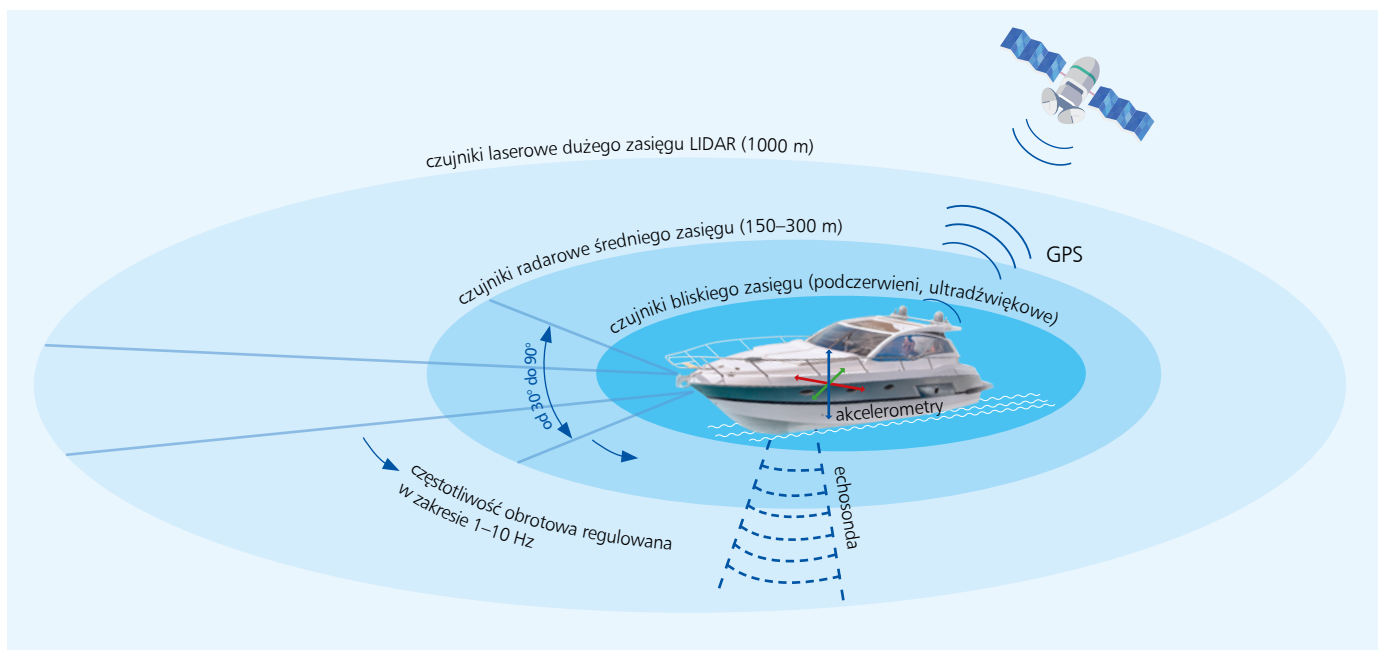
Bezpośrednią implementację podzespołów z pojazdu osobowego do napędu łodzi motorowej zaprezentowała firma Torqeedo. W serii układów napędowych Deep Blue firma Torqeedo we współpracy z koncernem BMW



Rys. 1. Katamaran Energy Observer zestawiony z pojazdami HV, PHEV oraz FCEV firmy Toyota [2]



Rys. 2. Akumulatory stosowane w łodziach serii Deep Blue oraz pojazdach BMW [4]



Fot. Adobe Stock / Andrea; Grafika: CleverMinds.pl

Rys. 3. Wybrane czujniki stosowane w układach autonomicznych

wykorzystała akumulatory litowo-jonowe stosowane w pojazdach serii i (BMW i3 (rys. 2) oraz BMW i8). Akumulatory Li-ion są w stanie przechować znacznie więcej energii niż inne akumulatory (Pb, AGM, Ni-Mh), utrzymują wysoki prąd, mają wydłużoną liczbę cykli ładowania oraz mogą dostarczać energię niezawodnie nawet w niskich temperaturach. Z tego względu akumulatory Li-ion są obecnie najlepszym rozwiązaniem dla napędów elektrycznych zarówno w pojazdach samochodowych, jak i łodziach elektrycznych. Zastosowany akumulator o pojemności 40 kWh przeznaczony jest do współpracy zarówno z napędami wewnętrznymi (o mocy od 25 kW do 100 kW z dostosowaną dla zastosowań prędkością

obrotową w zakresie od 900 do 2500 obr./min) jak i zaburtowymi (o mocy od 40 do 80 KM) [3].

Analizując transfer rozwiązań obecnych w pojazdach samochodowych należy zwrócić obecnie szczególną uwagę na zagadnienie autonomiczności pojazdów. Od paru lat firmy takie jak Tesla, Audi, GM czy Google pracują nad wprowadzeniem 5. klasy autonomiczności do pojazdów osobowych. Klasy autonomiczności od poziomu 0 do 5 określają, w jakim stopniu pojazdy potrafią odczytywać i sterować poszczególnymi systemami w danych sytuacjach. Również w jachtingu są rozróżniane te klasy autonomiczności, ale równolegle funkcjonuje uproszczona kategoryzacja, określająca 3 poziomy:

- brak autonomii – obecna sytuacja w większości łodzi,
- połowiczna autonomia – statek autonomiczny z załogą na pokładzie,
- pełna autonomiczność – statek autonomiczny bez załogi na pokładzie.

Pełne zestawienie klas autonomiczności zostanie przedstawione w późniejszych pracach. Autonomiczność łodzi zapewniają systemy znane z pojazdów osobowych, między innymi takie, jak:

Symbole i skróty:

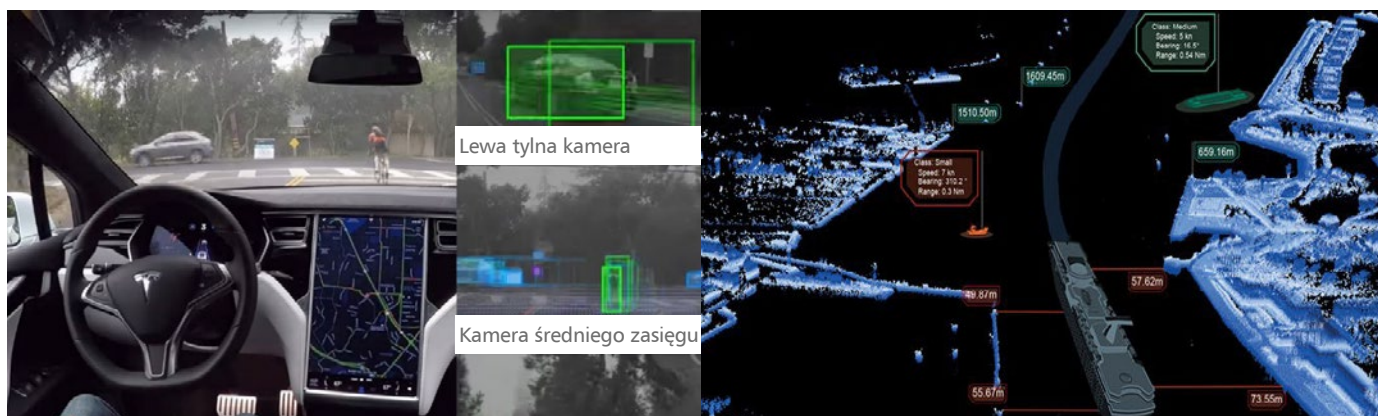
CNG – compressed natural gas – sprężony gaz ziemny

FCEV – fuel cell electric vehicle – pojazd z napędem wykorzystującym ogniwa paliwowe

HV – hybrid vehicle – pojazd z napędem hybrydowym

Li-Ion – Lithium-ion battery – akumulator litowo-jonowy

PHEV – plug-in hybrid electric vehicle – samochód hybrydowy typu plug-in



Rys. 4. Porównanie rozpoznawania otoczenia przez pojazdy drogowe oraz wodne [5, 6]

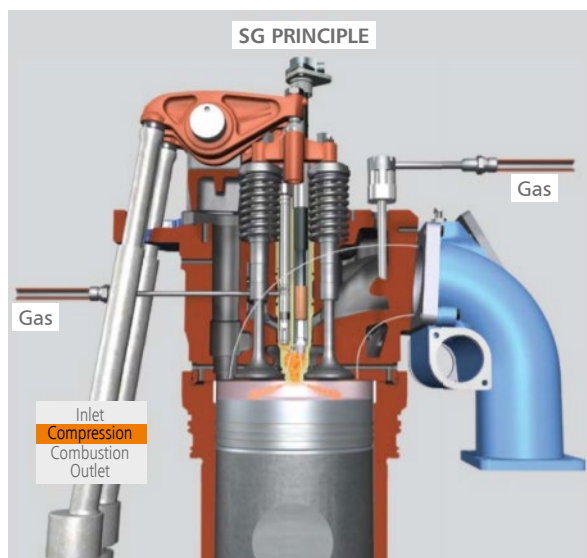


Rys. 5. Tesla Model X wraz z elektryczną łodzią Candela (płaty nośne podczas transportu i niskich prędkości są podniesione) [9]

- czujniki podczerwieni,
- czujniki ultradźwiękowe,
- akcelerometry,
- echosondy,
- systemy lokalizacji GPS,
- czujniki radarowe średniego zasięgu,
- czujniki laserowe LIDAR dużego zasięgu.

W zależności od zastosowanej technologii i mocy obliczeniowej łodzi autonomiczne potrafią automatycznie dokować w portach, pokonywać szlaki żeglugowe, a nawet wykonywać specyficzne zadania transportowe. Systemy te są bardzo podobne do stosowanych w pojazdach samochodowych, różnią się jedynie zasięgiem działania. W samochodach osobowych zasięg czujników obejmuje 200-300 m głównie na wprost pojazdu, natomiast potencjał zastosowania znacznie cięższych i większych czujników na dużych łodziach transportowych czy rekreacyjnych stwarza możliwość zwiększenia tego zasięgu do 1,5 km [5]. Szczegółowy opis systemów autonomicznych przedstawiony zostanie w kolejnych wydaniach Biuletynu Techniki Jachtowej.

Wszystkie zabiegi poprawiające sprawność napędu zarówno konwencjonalnego, jak i alternatywnego w postaci napędu hybrydowego czy elektrycznego powinny iść w parze z udoskonalaniem konstrukcji łodzi. Odpowiednia konstrukcja powinna pozwalać na zmniejszanie mocy jednostki napędowej bez zmniejszania osiągnięć łodzi pod względem prędkości, zasięgu czy sterowania. Najważniejszym czynnikiem wpływającym na wielkość zastosowanego napędu jest opór, jaki wytwarza kadłub. Woda jest ośrodkiem 820 razy gęstszym od powietrza i w związku z tym tworzy odpowiednio większe opory [7]. Ich wzrost lub spadek znacząco decyduje o uzyskiwanej prędkości. W zaprezentowanej w 2014 r. łodzi szwedzkiej firmy Candela rozwiązano problem oporu kadłuba stosując opuszczane skrzydła umożliwiające poruszanie się jednostki nad wodą. W ten sposób 7,7-metrowy wodolot, po osiągnięciu odpowiedniej prędkości minimalnej (wynoszącej 17 kn – 31,5 km/h) unosi się na opuszczanych płatach nośnych [8]. Do napędu zastosowano silnik elektryczny



Rys. 6. Widok rozwiązania konstrukcyjnego wykorzystującego wstępną komorę spalania silnika gazowego firmy Wärtsilä [14]

firmy Torqeedo serii Deep Blue o konstrukcji zaburtowej wraz z akumulatorem o pojemności 40 kWh. Maksymalna prędkość tego wodolotu wynosi 30 kn (55,5 km/h), jednak zalecana najbardziej efektywna prędkość wynosi 19-23 kn (35-42,5 km/h), przy której zasięg tej łodzi wynosi 50 NM (około 93 km).

Obecny gwałtowny rozwój alternatywnych systemów napędowych jest tym samym zjawiskiem, które w silnikach spalinowych obserwowane było przez ostatnie dziesięciolecie. Pomimo popularyzacji napędów niekonwencjonalnych należy pamiętać o liczbie obecnie eksploatowanych oraz sprzedawanych jednostek spalinowych, stanowiących zdecydowaną większość rynku motorowodnego. W obszarze jednostek spalinowych obustronny transfer technologii jest również obecny.

Przykładem jest technologia spalania ubogich mieszanin paliwowo-powietrznych (*Lean Combustion*), w przypadku których ilość powietrza wchodzącego w skład mieszaniny jest większa niż wymagana do całkowitego i zupełnego spalania określonej dawki paliwa.



Rys. 7. Widok systemu spalania szybkoobrotowego silnika gazowego dedykowanego do samochodów osobowych.

Zastosowanie wspomnianej technologii pozwala zwiększyć sprawność cieplną silnika oraz w znacznym stopniu zredukować emisję toksycznych tlenków azotu [10]. Rozwiązanie systemu spalania z aktywną komorą wstępną powszechnie stosowane w średnio- i wolnoobrotowych silnikach gazowych np. Wärtsilä 31SG [11] zostało zaimplementowane do prototypowego czterocyndrowego silnika zasilanego sprężonym gazem ziemnym CNG mającego docelowe zastosowanie w samochodach osobowych [12].

Dla ułatwienia zrozumienia opisanego rozwiązania obie konstrukcje systemów spalania zostały przedstawione na rys. 6 oraz 7. Zasada działania opiera się na podziale dawki paliwa dostarczanego do silnika, której niewielka część dostarczana jest do komory wstępnej pełniąc funkcję zapłonową, natomiast reszta w sposób pośredni trafia do cylindra. W wyniku spalania niewielkiej dawki paliwa w komorze zapłonowej możliwy jest wysokoenergetyczny zapłon ładunku głównego. Rozpatrując silniki benzynowe, transfer technologii w postaci elektronicznie sterowanego wtrysku paliwa przeniesiony został z silników dedykowanych samochodom osobowym. Poprzez płynne sterowanie procesem wtrysku paliwa możliwe jest efektywne spalanie mieszanek ubogich, prowadzące do znacznego zmniejszenia zużycia paliwa silników zaburtowych firmy Suzuki [13].

Silniki o zapłonie samoczynnym, jako jednostki zaburtowe o dużej mocy również znalazły miejsce w motorowodniactwie. Firma Cimco Marine oferując czterocyndrowy zaburtowy silnik diesla o mocy 200 KM, skorzystała z jednostki opracowanej przez firmę Opel. Silnik posiada 2000 cm³ pojemności skokowej, a jego charakterystyka została zoptymalizowana pod kątem zastosowań morskich [15]. Wspomniany silnik z zamkniętym obiegiem cieczy chłodzącej został umieszczony poziomo względem osi śruby napędowej, co przedstawiono na rysunku 8. Równoległość osi wału korbowego oraz śruby napędowej wyeliminowała konieczność stosowania stożkowej przekładni zębatej na rzecz przekładni pasowych zdolnych do przeniesienia dużej wartości momentu obrotowego generowanego przez silnik o zapłonie samoczynnym. Takie usytuowanie pozwoliło również na zastosowanie alternatora dużej mocy (do 180 A) mogącego pokryć



Rys. 8. Budowa silnika zaburtowego OXE200 [17]

zapotrzebowanie energetyczne ogrzewania bądź klimatyzowania kabiny [16].

Przedstawione w artykule wybrane transfery rozwiązań wskazują na ciągły rozwój obu gałęzi transportu, zarówno drogowego, jak i wodnego. Zaobserwować można zarówno implementację rozwiązań:

- z samochodów osobowych – alternatywnych źródeł napędowych, systemów akumulacji energii oraz systemów rozpoznawania otoczenia,
- z konstrukcji okrętowych – systemy zwiększające sprawność silników spalinowych.

dr inż. Wojciech Cieślik
mgr inż. Filip Szwajca

Bibliografia:

- [1] Cieślik W. Łódzie elektryczne z własną elektrownią? Zastosowanie wodorowych ogniw paliwowych w jachtingu. Biuletyn Techniki Jachtowej. 2020, 1/2020
- [2] Towards a hydrogen society : Toyota France supports Energy Observer, the world's first hydrogen-powered boat <https://newsroom.toyota.eu>
- [3] Superior Battery Technology <https://www.torqueedo.com>
- [4] BMW i now also powers electric mobility on the water www.press.bmwgroup.com
- [5] Tesla autopilot www.autoevolution.com
- [6] Autonomous Boats <https://medium.com>
- [7] Opór tarcia <http://www.windsurfing.pl>
- [8] Candela foiling boat <https://candelaspeedboat.com/product>
- [9] World's 1st Foiling Electric Boat <https://cleantechnica.com>
- [10] Broszura informacyjna firmy Mahle <https://www.mahle-powertrain.com/en/experience/mahle-jet-ignition/>
- [11] Broszura informacyjna firmy Wärtsilä: Wärtsilä 31SG Product Guide
- [12] Project GasOn Final Results. <http://gason.eu/>
- [13] Strona internetowa firmy suzuki <https://suzuki.pl/marine/silniki/DF30A-DF25A>
- [14] Broszura informacyjna firmy Wärtsilä: Wärtsilä Gas And Multi-Fuel Power Plants
- [15] Strona internetowa: <https://forumtransportu.pl/wiadomosci/31592>
- [16] Strona producenta <https://www.oxe-diesel.com/>
- [17] THOMAS C., Is the OXE Diesel outboard the future?. SuperYachtNews, 28 April 2016. <https://www.superyachtnews.com>