

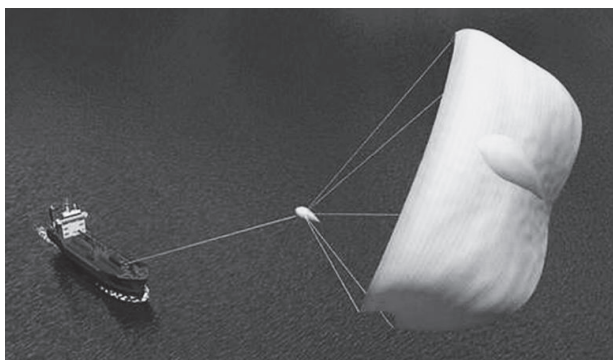
PROJEKT I BUDOWA MAŁEJ JEDNOSTKI PŁYWAJĄCEJ ZASILANEJ ENERGIĄ SŁONECZNĄ

Dariusz DUDA, Wojciech LEŚNIEWSKI, Wojciech LITWIN

WSTĘP

Rozwój najnowszych technologii, rosnące ceny surowców energetycznych oraz coraz większa świadomość ekologiczna społeczeństwa stymulują rozwój coraz to nowych, przyjaznych środowisku układów napędu i zasilania. Nikogo nie dziwią już panele słoneczne umieszczone na budynkach mieszkalnych. Dzięki nim można podgrzewać wodę i zaspokoić potrzeby energetyczne mieszkańców.

Rozwój nowoczesnych technologii nie ominął okrętownictwa. Eksperymentuje się z wykorzystaniem latawców do wspomagania napędu statku. Rozwiązanie takie pozwala na zaoszczędzenie nawet 35% paliwa.



Rys.1. Latawiec typu KITE wspomaga napęd nowoczesnego kontenerowca [1]

Wiodący producenci silników spalinowych budują jednostki napędowe na różnego rodzaju ekologiczne paliwa jak na przykład gaz ziemny czy olej pochodzenia roślinnego. Rozwój elektroniki i elektrotechniki umożliwił wykorzystanie napędów elektrycznych prądu przemiennego do napędu głównego statków. Słynny liniowiec Queen Mary II napędzają cztery śruby sprzęgnięte bezpośrednio z silnikami o mocy blisko siedmiu megawatów każdy.



Rys.2. Nowoczesne pędniki azymutalne z zabudowanymi silnikami elektrycznymi o mocy 14MW [2]

Zastosowanie napędu elektrycznego na statku oparte go na trójfazowych wolnoobrotowych silnikach z magnesami trwałymi ziem rzadkich sterowanych za pomocą tak zwanych falowników ma szereg bardzo istotnych zalet. Przede wszystkim umożliwia szybkie, płynne sterowanie prędkością obrotową pędników, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie wysokich zdolności manewrowych jednostki pływającej. Ponadto układ taki ma relatywnie wysoką sprawność a niska prędkość obrotowa wału silnika umożliwia bezpośrednie sprzężenie z wysokosprawną śrubą napędową z pominięciem przekładni zębatej. Zastosowanie napędu elektrycznego na statku stwarza możliwość wykorzystania różnorodnych źródeł zasilania. W przypadku dużych statków czy okrętów wojennych pokonujących duże odległości możliwe jest zastosowanie dużych silników spalinowych współpracujących z agregatami, choć chętniej stosuje się kilka mniejszych zespołów prądowców. Obiecującym źródłem zasilania, wspomagającym jednostki prądowce mogą być również panele fotowoltaiczne wytwarzające prąd stały pod wpływem promieniowania słonecznego. Serwisy informacyjne związane z okrętownictwem donoszą, że podjęto już decyzję o budowie dużego statku do przewozu samochodów, na którym zainstalowana zostanie bateria paneli fotowoltaicznych o mocy 40kW, dzięki czemu inwestor oczekuje oszczędności w zużyciu paliwa w wysokości ponad 6% [3].

O ile często prace nad rozwojem dużych statków są dopiero w fazie studialnej bądź też na etapie projektowania tak w przypadku niewielkich jednostek pływających sytuacja wygląda inaczej. Ze względu na to, że w niektórych atrakcyjnych turystycznie rejonach świata zabroniono stosowania silników spalinowych do napędu jednostek pływających praktycznie wymuszono ich modernizację w oparciu o silnik elektryczny zasilany z pakietu akumulatorów. Ładowanie akumulatorów najczęściej realizuje się w oparciu o sieć energetyczną. Krokiem naprzód jest jednak zainstalowanie paneli fotowoltaicznych. Dzięki nim możliwe jest eksploataowanie jednostki przy minimalnych kosztach. Ze względu na wysoki koszt takiej modernizacji pierwsze tego typu jednostki zaczęły powstawać w krajach wysokorozwiniętych jak Niemcy czy Szwajcaria już kilka lat temu. W 2007 roku szwajcarski katamaran zasilany energią słoneczną przepłynął Atlantyk. Według wiedzy autorów obecnie w Europie funkcjonują, co najmniej cztery firmy projektujące i budujące niewielkie jednostki pływające zaopatrzone w panele fotowoltaiczne.

Od kilku lat na Wydziale Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej przy współudziale Centrum Techniki Okrętowej w Gdańsku powstają regatowe jednostki pływające zasilane energią słoneczną. Zaprojektowane i zbudowane przez studentów Koła Naukowego „KORAB” z sukcesem trzykrotnie brały udział w międzynarodowych regatach Frisian Solar Challenge oraz Zeeuwse Solar Boat Race, które odbyły się w Holandii w latach 2006 - 2008. Jesienią 2007 roku Politechnika Gdańska wraz z Centrum Techniki Okrętowej zaczęła współdziałać przy budowie niewielkiej jednostki pasażerskiej – taksów-

ki zasilanej energią słoneczną. Inicjatywa była możliwa dzięki przyznaniu przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku grantu na ten cel. Według wiedzy autorów to pierwsza w kraju inicjatywa tego typu.



Rys.3. Katamaran SUN21, który w 2007 roku pokonał Atlantyk [5]

PRACE WSTĘPNE

Projektowanie niewielkiej jednostki pływającej może wydawać się proste. W rzeczywistości już w fazie formułowania założeń i określania wymogów, jakie powinna spełnić jednostka natrafiono na znaczną ilość poważnych problemów. Należy pamiętać o tym, że panele fotowoltaiczne będące źródłem energii elektrycznej mają ograniczoną moc. Dlatego, aby uzyskać zadowalający efekt – założoną prędkość pływania przy możliwie niskiej energochłonności kadłub musi być prawie doskonały pod względem hydromechanicznym i stawiać możliwie mały opór, a jednocześnie cały układ napędowy musi mieć wysoką sprawność.

Już na etapie prac wstępnych postanowiono, że projektowana jednostka będzie całkowicie nowa, odrzucono koncepcję adaptacji istniejącej jednostki. Aby projektowana jednostka miała atrakcyjny wygląd otwarto konkurs na jej wygląd, który honorowym patronatem objął JM Rektor Politechniki Gdańskiej.

Ze względu na ograniczoną ilość czasu wynoszącą dziesięć miesięcy przeznaczoną na projektowanie i budowę łodzi podjęto kluczowe decyzje o typie, gabarytach i masie jednostki. Postanowiono zaprojektować jednostkę dwukadłubową, tak zwany katamaran o długości sześciu i szerokości dwóch i pół metra. Dzięki temu możliwe było równoległe wykonywanie części prac. W trakcie, gdy panowano wygląd jednostki niezależnie projektowano i badano kadłuby, projektowano płytę pokładu, zaprojektowano instalację elektryczną oraz układ napędowy.

		masa [kg]
1	kadłuby	300
2	konstrukcja pokładu	300
3	układ napędowy i instalacja elektryczna	100
4	akumulatory	500
5	pasażerowie i załoga (12 osób)	1000
6	panele fotowoltaiczne	200
7	rezerwa	100
		2500

Tabela 1. Założone masy podzespołów projektowanej łodzi.

Przed przystąpieniem do prac projektowych przyjęto, że masa całkowita jednostki nie przekroczy dwóch i pół tony (tabela 1). Według oszacowanych ciężarów uznano, że akumulatory o pojemności około 220 kWh powinny umożliwić ośmiodziesięcioletnią nieprzerwaną żeglugę z prędkością ekonomiczną wynoszącą około 8 km/h.

KADŁUBY

Kształt kadłubów ma kluczowe znaczenie. To od ich geometrii zależy wielkość zapotrzebowania na moc jednostki. Czym moc będzie większa, tym więcej akumulatorów należy umieścić na łodzi. Im więcej akumulatorów będzie tym większa będzie masa łodzi a co za tym idzie wzrośnie opór jednostki a w rezultacie opory pływania.

Zaprojektowano trzy odmienne kadłuby. Aby wybrać najlepszy o minimalnych oporach postanowiono wykonać badania modelowe oraz obliczenia numeryczne. Było to podyktowane specyfiką zagadnienia badawczego odmiennego niż dla klasycznych dużych statków. Porównawcze badania modelowe na modelach w skali 1:5 pozwoliłyby wybrać najlepszy z kadłubów, ale były by trudności z przeliczeniem wielkości oporów i zapotrzebowania na moc dla obiektu rzeczywistego.

Złożone obliczenia hydromechaniczne przy pomocy komercyjnych kodów CFD (obliczeniowej mechaniki płynów) pozwalają uzyskiwać dobre bliskie rzeczywistym wyniki zapotrzebowania na moc, ale są przeznaczone dla dużych statków i ich zastosowanie również groziło popełnieniem znacznego błędu. Należy pamiętać, że przyjęcie błędnej wielkości oporów jednostki pociąga za sobą błąd podczas projektowania śruby a w efekcie niedopuszczalny spadek sprawności napędu.

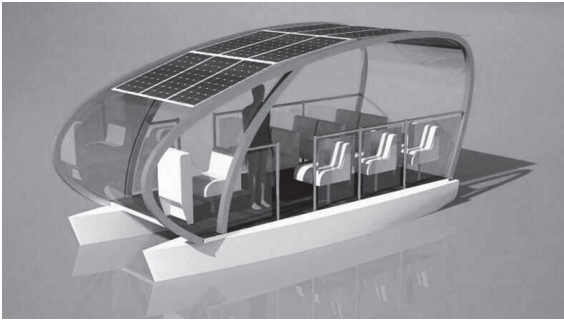
Dlatego dysponując unikalnymi metodami badawczymi postanowiono wykonać niezależnie eksperyment na modelach, eksperyment numeryczny oraz finalnie skonfrontować wyniki z wynikami badania obiektu rzeczywistego w skali 1:1.

Jak wykazały zrealizowane badania współczesne narzędzia obliczeniowe dają wyniki obciążone nieznacznym błędem. Uzyskanie dobrych wyników wskazuje, że dzisiejsze komercyjne kody CFD (obliczeniowej mechaniki płynów) w rękach wykształconej kadry mogą być bardzo przydatnym narzędziem. Jednak należy pamiętać, że do wykonania takiego eksperymentu w przestrzeni wirtualnej niezbędne jest właściwe oprogramowanie, komputery o dużej mocy obliczeniowej oraz wykwalifikowana kadra. Obliczenia kadłubów katamaranu, zrealizowane w Centrum Techniki Okrętowej w Gdańsku były bardzo czasochłonne. Obliczenia zrealizowane przez zespół komputerów, tak zwany cluster dla jednej wartości prędkości trwały ponad sześć dni.

KONSTRUKCJA POKŁADU I STELARZA PANELI

Wygląd jednostki zaprojektowali absolwenci Wydziału Oceanotechniki i Okrętownictwa byli członkowie Koła Naukowego „KORAB”. Pierwotnie stelaż utrzymujący panele fotowoltaiczne miał być wykonany z ciętych laserem blach, następnie spawanych w profilu zamknięte o przekroju prostokątnym. Ostatecznie ze względów technologicznych zastąpiono je giętą rurą aluminiową o dużej średnicy.

Płyta pokładu, która pełni bardzo odpowiedzialną funkcję została zoptymalizowana przy pomocy metody elementów skończonych. Dzięki temu zredukowano jej masę do minimum zachowując jednocześnie pożądaną sztywność i wytrzymałość [6].



Rys. 8. Wizualizacja SOLARA [6]

UKŁAD NAPĘDU I ZASILANIA

Układ napędowy katamaranu zaprojektowano jako tak zwany pędnik azymutalny. Umożliwia on obracanie całej śruby napędowej względem katamaranu a dzięki temu daje bardzo dobre własności manewrowe. Kolejną jego zaletą jest zablokowanie całego zespołu napędowego. Dzięki temu w przypadku awarii lub gdyby zaistniała potrzeba dokonania zmian czy okresowego przeglądu można go łatwo wymontować bez konieczności wyjmowania całej łodzi z wody. Do napędu zastosowano chłodzoną cieczą trójfazowy silnik prądu przemiennego z magnesami trwałymi ziem rzadkich. Zastosowanie silnika bezszczotkowego ma szereg zalet. Przede wszystkim relacja pomiędzy mocą a masą jest bardzo korzystna. Silnik taki jest bardzo trwały przeglądów zużyciu podlegają wyłącznie jego łożyska toczne. Silnik sterowany był poprzez przetwornik zamieniający prąd stały w trójfazowy prąd przemienny. Sumaryczna zmierzona na stanowisku badawczym sprawność takiego zespołu przekroczyła 80%.

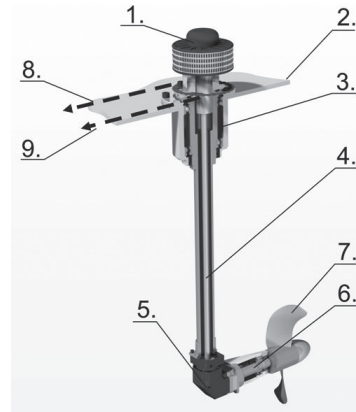
Układ napędowy zasilany był z dwóch pakietów akumulatorów żelowych umieszczonych symetrycznie w obu kadłubach. Akumulatory doładowywane były przez zespół dwunastu paneli fotowoltaicznych o łącznej mocy maksymalnej 1440W. W letni, bezchmurny dzień pokrywały one ponad połowę zapotrzebowania jednostki na moc przy poruszaniu się prędkością ekonomiczną wynoszącą osiem kilometrów na godzinę. Jednostka pływająca zaopatrzona była w zespół ładowarek sieciowych mogących całkowicie naładować akumulatory w ciągu dziesięciu godzin. Dzięki temu bez problemów mogła odbywać codzienne długie rejsy.

Bardzo ważnym elementem zespołu napędowego jest śruba napędowa. Została ona zaprojektowana i wykonana na sterowanej numerycznie obrabiarkie w CTO w Gdańsku. Jej zmierzona na stanowisku badawczym sprawność sięga 72%.

EKSPOATACJA

Jednostka jest obecnie w fazie eksploatacji (wrzesień 2008r.). Łódź sprawuje się poprawnie. Osiąga założoną prędkość a jej dzielność pozwoliła na odbycie nawet rejsu po Zatoce Gdańskiej. Największym problemem były dwie awarie sil-

nika. Na wykonanie pierwszej naprawy czekano ponad sześć tygodni. Gdy okazało się, że producent zaniżył wielkość mocy, jaką można obciążać silnik wymieniono go na inny.



Rys. 9. Pędnik azymutalny SOLARA; 1- silnik elektryczny, 2- płyta pokładu, 3- nieruchoma obudowa mechanizmu obrotu, 4- pionowy wał napędowy, 5- przekładnia kontowo-redukcyjna, 6- zespół wału śrubowego wraz z łożyskowaniem, 7- śruba napędowa, 8,9- cięgna mechanizmu obrotu pędnika



Rys. 10. Solar wchodzi do portu w Gdańsku latem 2008r. [6]

PODSUMOWANIE

Zdaniem autorów jednostek zasilanych energią słoneczną będzie coraz więcej. W różnych krajach europejskich można je zobaczyć coraz częściej.

W Polsce istnieje wiele firm, które mogłyby się podjąć budowy podobnych jednostek. Mamy też w kraju specjalistów wielu dziedzin, którzy współdziałając mogliby stworzyć dobry polski produkt. Dlatego smutniłem nas fakt, że niektóre miasta planują bądź też dokonały ostatnio zakupu podobnych jednostek zagranicą.

LITERATURA

1. <http://keetsa.com/blog/eco-friendly/the-return-of-the-sail-ship/>
2. Materiały producenta – ABB
3. Serwis informacyjny www.redorbit.com/news oraz <http://blog.wired.com/cars/2008/09/boatopia-toyota.html>
4. <http://www.mwline.ch>
5. <http://www.electric-boat-association.org.uk/>
6. <http://www.solarboats.pl>