

## PROPOSAL OF ECOLOGICAL PROPULSION FOR SEAGOING SHIPS

Zygmunt Górski, Romuald Cwilewicz

Gdynia Maritime University  
Department of Marine Power Plants  
Morska Street 83, 81-225 Gdynia, Poland  
tel.: +48 58 6901-322,  
e-mail: wmkso@am.gdynia.pl

### Abstract

Exhaust gases from engines of seagoing ships are the serious problem for environment. That is why the discussion in the matter is very important. One of means to minimise harmful substances emission to earth atmosphere is application of „ecological fuel” – natural gas or nuclear energy for ship propulsion. Natural gas is commonly used in onshore applications but is rarely applied in marine propulsion. Heavy Fuel Oil is the basic brand of fuel used onboard of seagoing ships. Other kinds of fuel e.g. Diesel Oil or Gas Oil are used on smaller ships with limited sailing range. The nuclear energy, due to high costs is used only on few types of warships and some icebreakers. A real means for minimising harmful substances in exhaust gases from ships engines is replacement of Heavy Fuel Oil by Natural Gas. Nowadays, heavy oil is commonly used due to technical and logistic abilities and conservative attitude of ship owners. The necessity of improvement in the field of environment protection inclines towards wide application of Natural Gas as marine fuel.

Application power-plant novel type would break the traditionalism in the shipbuilding and the introduction novel generation of shipping drives.

**Keywords:** natural gas in marine propulsion, dual fuel marine engines, dual fuel marine boilers

## PROPOZYCJA NAPĘDU EKOLOGICZNEGO STATKÓW MORSKICH

### Streszczenie

Zanieczyszczenie środowiska naturalnego przez szkodliwe składniki spalin wylotowych silników napędowych statków morskich wywołuje dyskusję nad sposobami poprawy sytuacji w tej dziedzinie. Jednym ze sposobów zmniejszenia emisji szkodliwych substancji do atmosfery ziemskiej jest szerokie zastosowanie do napędu statków morskich „paliwa ekologicznego” – gazu naturalnego lub paliwa jądrowego. Gaz naturalny powszechnie używany w zastosowaniach lądowych wciąż nie znajduje szerszego zastosowania w transporcie morskim. W napędach pełnomorskich statków towarowych podstawowym rodzajem paliwa jest ciężki olej opałowy. Inne rodzaje paliwa jak lekki olej opałowy czy olej gazowy stosowane są do napędu mniejszych statków o ograniczonym zasięgu pływania. Paliwo jądrowe ze względu na koszty stosowane jest na nielicznych typach okrętów wojennych i niektórych lodolamaczach. Realne zmniejszenie emisji szkodliwych substancji w spalinach wylotowych silników napędowych statków może przynieść zastąpienie paliwa ciężkiego przez gaz naturalny. Paliwo ciężkie jest obecnie powszechnie stosowane do napędu statków ze względu na możliwości techniczne i logistyczne oraz zachowawcze nastawienie armatorów. Konieczność poprawienia sytuacji w dziedzinie ochrony środowiska skłania do szerokiego zastosowania gazu naturalnego jako paliwa okrętowego.

**Słowa kluczowe:** gaz naturalny w napędach morskich, dwupaliwowe silniki morskie, dwupaliwowe bojłery morskie

### 1. Wstęp

Spaliny wylotowe z silników okrętowych zawierają duże ilości substancji szkodliwych dla środowiska. Obecnie na statkach stosowane jest powszechnie paliwo ciężkie używane do napędu silników głównych, silników pomocniczych i kotłów okrętowych. W ciągu wielu lat potwierdziło

ono swoją przydatność do napędu statków. Najnowocześniejsze konstrukcje silników i kotłów okrętowych przystosowane są do tego rodzaju paliwa a armatorzy i załogi statków przyzwyczajone do jego stosowania. Ze względu jednak na konieczność zmniejszenia emisji szkodliwych substancji w spalinach wylotowych i poprawienia sytuacji w dziedzinie ochrony środowiska niezbędne jest opracowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych i logistycznych w dziedzinie stosowanego paliwa okrętowego. Prace nad przystosowaniem napędów okrętowych do zasilania gazem naturalnym prowadzone są przez wiodących producentów silników okrętowych od dłuższego czasu z umiarkowanym powodzeniem. Zastosowanie silników spalinowych spalających gaz naturalny na razie jest ograniczone i odnosi się do silników średnioobrotowych. Do napędzania statków najpowszechniej stosowane są silniki spalinowe wolnoobrotowe wciąż zasilane wyłącznie ciężkim olejem opałowym. W niewielkim zakresie stosuje się też gaz naturalny do opalania kotłów okrętowych.

## 2. Możliwości zastosowania gazu naturalnego do napędów okrętowych

Obecna infrastruktura logistyczna w transporcie morskim (brak stacji zaopatrzenia gazem płynnym) ogranicza zastosowanie gazu naturalnego jako paliwa do statków przewożących gaz naturalny jako ładunek to jest do zbiornikowców LNG (*Liquefied Natural Gas Tankers*). Statek taki zbudowany przez *Samsung Heavy Industries Co Ltd, Korea* pokazano na Rys. 1. Gaz naturalny przewożony jest na zbiornikowcach LNG (gazowcach) w postaci płynnej pod ciśnieniem atmosferycznym w temperaturze  $-163^{\circ}\text{C}$ . Podczas przewozu ma miejsce penetracja ciepła do zbiorników ładunkowych i parowanie ładunku. Odpowiednia izolacja zbiorników nie zabezpiecza całkowicie przed tym zjawiskiem. Przyjmuje się, że w ciągu doby odparowuje około 0,15% przewożonego ładunku. Odparowany gaz musi być skroplony w odpowiedniej instalacji i skierowany na powrót do zbiorników ładunkowych lub może być wykorzystany do napędu statku. Na obecnie eksploatowanych zbiornikowcach LNG o ładowności powyżej  $140000\text{ m}^3$  gazu ilość odparowanego ładunku pokrywa zapotrzebowanie układu napędowego gazowca na paliwo w ruchu morskim z pełną prędkością.



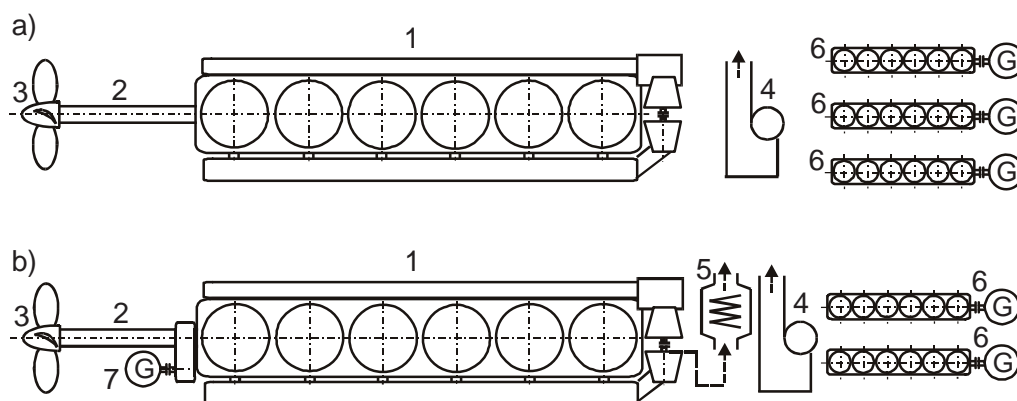
Rys. 1. Zbiornikowiec LNG Mozah armatora Qatar Gas Transport CO w ruchu morskim  
Fig. 1. LNG carrier Mozah owner Qatar Gas Transport CO steaming at sea

Układy napędowe statków muszą być odpowiednio przystosowane do zasilania gazem. Wyróżnia się tu następujące możliwe konfiguracje układów napędowych:

- napęd dwupaliwowymi silnikami spalinowymi wolnoobrotowymi,
- napęd dwupaliwowymi silnikami spalinowymi średnioobrotowymi,
- napęd turbinami gazowymi zasilanymi gazem naturalnym,

- napęd kombinowany silnikami spalinowymi i turbinami gazowymi zasilanymi gazem naturalnym,
- napęd turbinami parowymi z kotłami dwupaliwowymi,
- napęd kombinowany turbinami gazowymi zasilanymi gazem naturalnym skojarzonymi termodynamicznie z turbiną parową.

Rozważając konfigurację siłowni oprócz napędu głównego należy uwzględnić konieczność produkcji energii elektrycznej i ciepłej (najczęściej w postaci pary) niezbędnych w eksploatacji statku.



Rys. 2. Układy napędowe z dwupaliwowym silnikiem spalinowym wolnoobrotowym: 1 - silnik wolnoobrotowy; 2 - linia wałów; 3 - śruba napędowa o stałym skoku; 4 - kocioł pomocniczy; 5 - kocioł utylizacyjny; 6 - spalinowy zespół prądotwórczy; 7 - prądnica zawieszona na głównym układzie napędowym

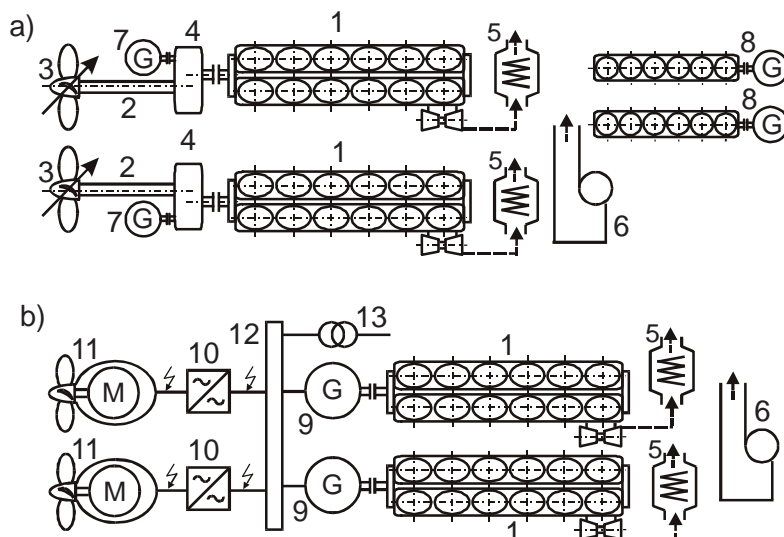
Fig. 2. Propulsion plants with dual fuel low speed diesel engine: 1 - low speed diesel engine; 2 - shafting; 3 - fixed pitch propeller; 4 - auxiliary boiler; 5 - exhaust gas boiler; 6 - diesel alternator; 7 - shaft alternator

Układy napędowe z dwupaliwowymi wolnoobrotowymi silnikami spalinowymi (Rys. 2a) rokuja uzyskanie wysokiej sprawności napędu głównego statku. Pozostaje problem zasilania w paliwo kotłów pomocniczych i zespołów prądotwórczych. Pewne uproszczenie uzyskuje się przez zastosowanie kotła utylizacyjnego ogrzewanego spalinami odlotowymi silnika głównego. Kocioł utylizacyjny pracuje jednak tylko podczas ruchu silnika głównego co stwarza konieczność wyposażenia statku w dodatkowy dwupaliwowy kocioł opalany lub kocioł kombinowany ogrzewany spalinami silników i paliwem (Rys. 2b). Możliwe jest również zastosowanie prądnicy zawieszanej na głównym układzie napędowym, którą napędza dwupaliwowy silnik główny statku. Elektrownia okrętowa mniejsza jest wówczas o jeden zespół prądotwórczy (Rys. 2b).

Układy napędowe z dwupaliwowymi silnikami średnioobrotowymi (Rys. 3) wymagają zastosowania do napędu śrub okrętowych przekładni redukcyjnych mechanicznych lub elektrycznych.

W przypadku przekładni mechanicznej (Rys. 3a) konieczne jest zastosowanie spalinowych zespołów prądotwórczych, których liczbę można zmniejszyć przez zastosowanie prądnic zawieszonych na głównym układzie napędowym. Konieczne staje się też zastosowanie śrub napędowych o skoku nastawnym. Zastosowanie kotłów utylizacyjnych i kotłów opalanych jest analogiczne jak w przypadku siłowni z dwupaliwowymi silnikami wolnoobrotowymi.

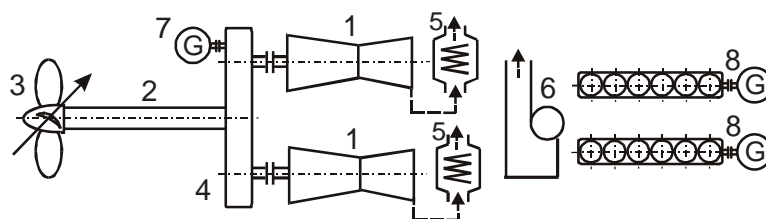
Przekładnia elektryczna pozwala na całkowicie odmienną konfigurację siłowni (Rys. 3b). Dwupaliwowe średnioobrotowe silniki spalinowe napędzają prądnice główne, które zasilają zarówno napęd główny statku jak i sieć okrętową. W napędzie głównym możliwe jest zastosowanie azymutalnych pędników gondolowych, które oprócz napędu spełniają również funkcję bardzo efektywnego urządzenia sterowego. W siłowni zbędne są oddzielne zespoły prądotwórcze zasilające sieć okrętową, co znakomicie redukuje i upraszcza układ energetyczny statku. Energię ciepłą uzyskuje się z kotłów utylizacyjnych i dwupaliwowego kotła pomocniczego.



Rys. 3. Układy napędowe z dwupaliwowymi silnikami spalinowymi średnioobrotowymi: 1 - silnik średnioobrotowy; 2 - linia wałów; 3 - śruba napędowa o skoku nastawnym; 4 - przekładnia redukcyjna; 5 - kocioł utylizacyjny; 6 - kocioł pomocniczy; 7 - prądnica zawieszona na głównym układzie napędowym; 8 - spalinowy zespół prądotwórczy; 9 - prądnica główna; 10 - przetwornik częstotliwości; 11 - pędnik gondolowy; 12 - główna tablica rozdzielcza; 13 - transformator

Fig. 3. Propulsion plants with dual fuel medium speed diesel engines: 1 - medium speed diesel engine; 2 - shafting; 3 - controllable pitch propeller; 4 - reduction gear; 5 - exhaust gas boiler; 6 - auxiliary boiler; 7 - shaft alternator; 8 - diesel alternator; 9 - main alternator; 10 - frequency converter; 11 - azimuth propulsor; 12 - main switchboard; 13 - transformer

Napęd dwupaliwowymi turbinami gazowymi (Rys. 4) charakteryzuje się niższą sprawnością ogólną ze względu na wysoką stratę wylotową turbin gazowych, która tylko częściowo jest niwelowana przez zastosowanie kotłów utylizacyjnych. Zwraca jednak uwagę prosta konfiguracja siłowni i łatwość przystosowania turbin gazowych do zasilania gazem naturalnym. Konieczne jest też zastosowanie dwupaliwowych zespołów prądotwórczych, których ilość może być zmniejszona przez użycie prądnic wałowych. Siłownia musi też być wyposażona w dwupaliwowy kocioł pomocniczy.



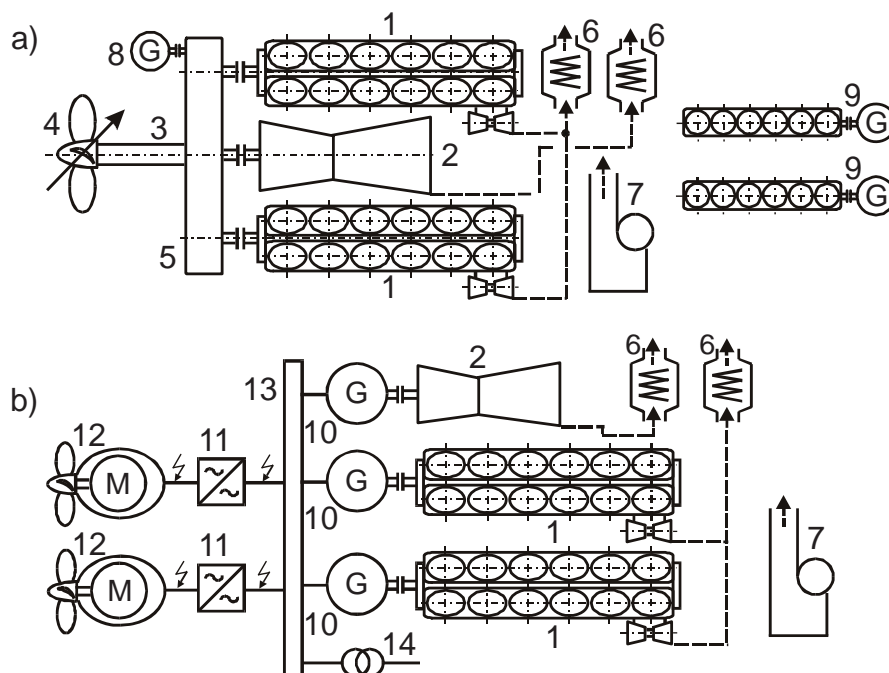
Rys. 4. Układ napędowy z dwupaliwowymi turbinami gazowymi: 1 - turbina gazowa; 2 - linia wałów; 3 - śruba napędowa o skoku nastawnym; 4 - przekładnia redukcyjna; 5 - kocioł utylizacyjny; 6 - kocioł pomocniczy; 7 - prądnica zawieszona na głównym układzie napędowym; 8 - spalinowy zespół prądotwórczy

Fig. 4. Propulsion plant with dual fuel gas turbines: 1 - gas turbine; 2 - shafting; 3 - controllable pitch propeller; 4 - reduction gear; 5 - exhaust gas boiler; 6 - auxiliary boiler; 7 - shaft alternator; 8 - diesel alternator

Napęd kombinowany silnikami spalinowymi i turbinami gazowymi zasilanymi gazem naturalnym (Rys. 5) jest siłownią typu CODAG (Combined Diesel and Gas) przystosowaną do zasilania gazem naturalnym. Konfiguracja z przekładnią mechaniczną (Rys. 5a) pozwala na wykorzystanie pełnej mocy zespołu napędowego w ruchu morskim statku i odłączenie turbiny gazowej w ruchu manewrowym i przy zredukowanych obciążeniach. Turbina gazowa charakteryzuje się bowiem szczególnie niską sprawnością przy obciążeniach częściowych. Zastosowanie prądnicy zawieszanej na głównym układzie napędowym zmniejsza ilość

spalinowych zespołów prądowców. Zespół napędowy przekazuje moc na śrubę nastawną. Oprócz kotłów utylizacyjnych niezbędny jest też dwupaliwowy kocioł pomocniczy.

Konfiguracja kombinowanego układu napędowego z przekładnią elektryczną (Rys. 5b) pozwala na uproszczenie siłowni przez rezygnację zastosowania niezależnych zespołów prądowców. Elektrownia zasila zarówno napęd statku jak i sieć okrętową. Zastosowane mogą być pędniki gondolowe lub napęd śrub silnikami elektrycznymi. Energię ciepłą dostarczają kotły utylizacyjne lub w warunkach obciążeń częściowych i na postoju dwupaliwowy kocioł pomocniczy.

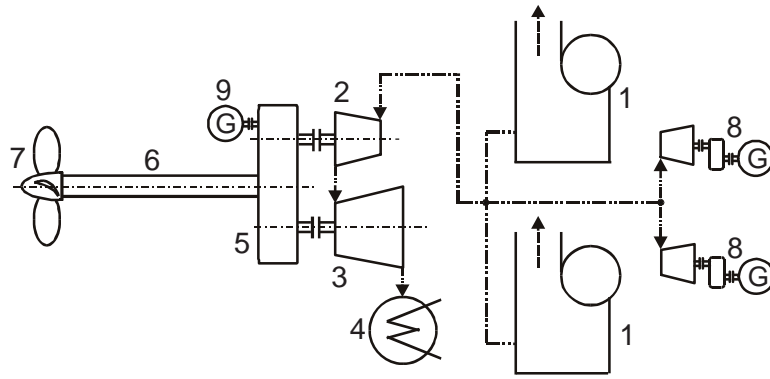


Rys. 5. Układy napędowe kombinowane z dwupaliwowymi silnikami spalinowymi i turbiną gazową: 1 - silnik średnioobrotowy; 2 - turbina gazowa; 3 - linia wałów; 4 - śruba napędowa o skoku nastawnym; 5 - przekładnia redukcyjna; 6 - kocioł utylizacyjny; 7 - kocioł pomocniczy; 8 - prądnicza zawieszona na głównym układzie napędowym; 9 - spalinowy zespół prądowców; 10 - prądnicza główna; 11 - przetwornik częstotliwości; 12 - pędnik gondolowy; 13 - główna tablica rozdzielcza; 14 - transformator

Fig. 5. Combined propulsion plants with dual fuel diesel engines and dual fuel gas turbine: 1 - medium speed diesel engine; 2 - gas turbine; 3 - shafting; 4 - controllable pitch propeller; 5 - reduction gear; 6 - exhaust gas boiler; 7 - auxiliary boiler; 8 - shaft alternator; 9 - diesel alternator; 10 - main alternator; 11 - frequency converter; 12 - azimuth propulsor; 13 - main switchboard; 14 - transformer

Siłownia turboparowa z kotłami dwupaliwowym (Rys. 6) jest atrakcyjnym rozwiązaniem napędu statku ze względu na prostotę konfiguracji. Tylko kotły główne muszą być przystosowane do spalania gazu naturalnego. Zarówno turbiny napędu głównego jak turbiny zespołów prądowców zasilane są parą. Przystosowanie kotłów do opalania gazem jest stosunkowo proste i bezpieczne. Ujemną stroną takiej siłowni jest niższa sprawność energetyczna w porównaniu z innymi rodzajami napędu. Prostota konfiguracji zapewnia jednak dużą niezawodność i łatwość eksploatacji, małą ilość napraw i mniejszą ilość czynności serwisowych. Nie ma też potrzeby stosowania śruby nastawnej, kotłów pomocniczych i rozbudowanej instalacji przygotowania paliwa ciężkiego do spalania w kotłach.

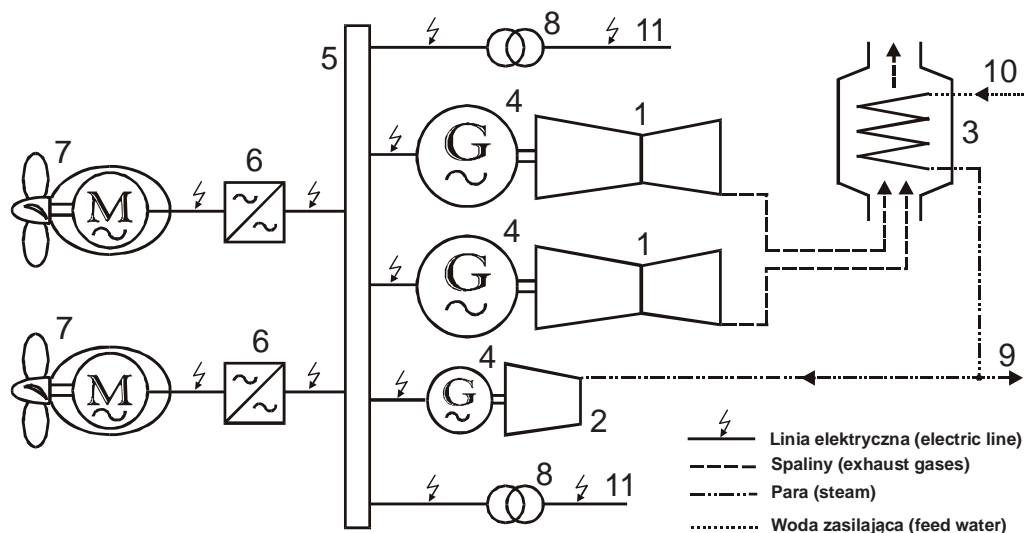
Ostatnią propozycją rozwiązania siłowni jest napęd kombinowany turbinami gazowymi zasilanymi gazem naturalnym skojarzonymi termodynamicznie z turbiną parową skrótowo nazywany napędem typu COGES (Combined Gas Turbine and Steam Turbine Integrated Electric Drive System) pokazany na Rys. 7. Zwraca uwagę prostota konfiguracji układu napędowego.



Rys. 6. Turboparowy układ napędowy z kotłami dwupaliwowymi: 1 - kocioł główny dwupaliwowy; 2 - turbina parowa wysokiego ciśnienia; 3 - turbina parowa niskiego ciśnienia; 4 - skraplacz główny; 5 - przekładnia główna; 6 - linia wałów; 7 - śruba napędowa o stałym skoku; 8 - turboparowy zespół prądotwórczy; 9 - prądnica zawieszona na głównym układzie napędowym

Fig. 6. Steam propulsion plant with dual fuel main boilers: 1 - dual fuel main boiler; 2 - high pressure steam turbine; 3 - low pressure steam turbine; 4 - main condenser; 5 - main reduction gear; 6 - shafting; 7 - fixed pitch propeller; 8 - steam turboalternator; 9 - shaft alternator

W założeniu COGES jest napędem turboelektrycznym. Dwa główne zespoły prądotwórcze napędzane są turbinami gazowymi zasilanymi gazem naturalnym. Spaliny odlotowe z turbin gazowych ogrzewają kocioł parowy produkujący parę do napędu trzeciego turboparowego zespołu prądotwórczego i do zasilania instalacji pary grzewczej. Układ taki pozwala na efektywne wykorzystanie ciepła spalin wylotowych turbin gazowych i wydatnie zwiększa sprawność energetyczną siłowni poprzez likwidację straty wylotowej turbin gazowych. Wytwarzana energia elektryczna pokrywa zapotrzebowanie napędu głównego statku i sieci okrętowej. Niepotrzebne są niezależnie napędzane zespoły prądotwórcze oraz dodatkowe kotły pomocnicze. Pędniki gondolowe zapewniają napęd statku oraz efektywnie zastępują tradycyjne urządzenie sterowe.



Rys. 7. Kombinowany układ napędowy typu COGES: 1 - turbina gazowa; 2 - turbina parowa; 3 - kocioł parowy ogrzewany spalinami; 4 - prądnica główna; 5 - główna tablica rozdzielcza; 6 - przetwornik częstotliwości; 7 - pędnik gondolowy; 8 - transformator; 9 - instalacja pary grzewczej; 10 - dolet wody zasilającej; 11 - odbiorniki energii elektrycznej

Fig. 7. Combined COGES type propulsion plant: 1 - gas turbine; 2 - steam turbine; 3 - exhaust gas steam boiler; 4 - main alternator; 5 - main switchboard; 6 - frequency converter; 7 - azimuth propulsor; 8 - transformer; 9 - heating steam system; 10 - feed water inlet; 11 - electric power receivers

### **3. Podsumowanie i wnioski**

Omówione w punkcie 2 rodzaje siłowni za wyjątkiem napędu typu COGES opierają się na dwupaliwowych silnikach spalinowych, dwupaliwowych turbinach gazowych i dwupaliwowych kotłach parowych. Rozwiązania dwupaliwowe powodują konieczność podwojenia w urządzeniach energetycznych instalacji paliwowych, które pozwolą na alternatywne zasilanie paliwem ciężkim lub gazem naturalnym. Komplikuje to instalację paliwową [3] i zwiększa obciążenie operatora siłowni. W większym stopniu dotyczy to silników spalinowych dwupaliwowych aniżeli kotłów parowych. Przed dostarczeniem do instalacji roboczych oba rodzaje paliwa muszą być odpowiednio przygotowane. Zasilanie paliwem ciężkim wymaga wyposażenia statku w instalację przygotowania tego paliwa do spalania składającą się ze zbiorników osadowych i wirówek. Statek musi też być wyposażony w zbiorniki zapasowe paliwa ciężkiego i instalację transportową paliwa. Zasilanie gazem naturalnym również wymaga budowy odpowiedniej instalacji doprowadzającej gaz w postaci lotnej pod odpowiednim ciśnieniem jak też dodatkowej automatyki i zabezpieczeń. W szczególności w przypadku silników wysokoprężnych dwusuwowych wolnoobrotowych konieczne jest sprężanie gazu do bardzo wysokiego ciśnienia (rzędu 15-25 MPa) co wymaga skomplikowanych i specjalnej konstrukcji wielostopniowych instalacji sprężających. Silniki średnioobrotowe czterosuwowe, turbiny gazowe i kotły parowe pozwalają na zasilanie gazem o niższym ciśnieniu (poniżej 1-2 MPa). Obecnie najlepiej opanowana jest technika zasilania gazem naturalnym kotłów parowych morskich i lądowych oraz turbin gazowych w instalacjach lądowych. Zasilanie gazem turbin gazowych morskich nie powinno stanowić problemu.

Następnym problemem jest ilość urządzeń, które będą zasilane gazem. Jeżeli założyć kompleksowe przystosowanie siłowni statku do zasilania gazem to wynikiem będzie znaczne rozbudowanie instalacji zasilających, ponieważ zasilane muszą być zarówno silniki główne jak też silniki zespołów prądotwórczych i kotły pomocnicze. Możliwe jest częściowe przystosowanie siłowni do zasilania gazem ograniczone tylko do silników głównych. Takie rozwiązanie prostsze instalacyjnie i tańsze traci jednak walor kompleksowości. Jedynie w siłowni turboparowej przystosowanie jest proste i kompleksowe. Ogranicza się tylko do dwóch kotłów głównych, których opalanie gazem naturalnym sprawdziło się w praktyce. W siłowni typu COGES kompleksowe przystosowanie dotyczy tylko dwóch turbin gazowych i kotła parowego co niewątpliwie upraszcza instalację.

Ważnym aspektem jest sprawność energetyczna różnych typów siłowni przystosowanych do zasilania gazem naturalnym. Analizy takie przeprowadzono w wielu publikacjach między innymi w [3, 4]. Zwykle rozważa się tylko sprawność efektywną napędu głównego. Z większości analiz wynika, że najwyższą sprawnością charakteryzują się siłownie z wolnoobrotowymi silnikami spalinowymi, nieco niższą siłownie z silnikami średnioobrotowymi a najniższą siłownie turbogazowe i turboparowe. Jak wykazano w [4] nowoczesna siłownia typu COGES dorównuje sprawnością siłowniom z silnikami wolnoobrotowymi osiągając sprawność powyżej 50%. W elektrowniach lądowych sprawność ta jest jeszcze wyższa.

Koszt ruchu siłowni różnych typów jest obecnie trudny do oszacowania ze względu na rozchwiane ceny na rynku ropy naftowej, paliw i gazu naturalnego. Według analiz przeprowadzonych w [4] koszt paliwa w siłowni typu COGES zasilanej gazem jest porównywalny z kosztem paliwa ciężkiego zużytego przez siłownię z silnikami spalinowymi.

Rozważając możliwość napędu ekologicznego statku gazem naturalnym można sformułować postulaty:

- statek powinien być napędzany wyłącznie gazem naturalnym, ze względu na koszty przystosowania i trudności eksploatacyjne należy zrezygnować z urządzeń dwupaliwowych,
- instalacja zasilania gazem powinna być niskociśnieniowa (poniżej 2 MPa) ze względu na mniejsze problemy konstrukcyjne i eksploatacyjne,
- siłownia powinna mieć jak najmniejszą ilość urządzeń energetycznych niezbędnych do ruchu statku, układ energetyczny powinien charakteryzować się prostotą rozwiązania

konstrukcyjnego i koncepcyjnego oraz być łatwy w obsłudze.

Postulaty powyższe spełnia siłownia typu COGES, która poza tym w porównaniu do innych typów siłowni charakteryzuje się:

- mniejszymi kosztami inwestycyjnymi (do 40% w porównaniu z innymi rodzajami napędu),
- znacznie mniejszym ciężarem i objętością (do 30% w porównaniu z siłowniami silnikowymi),
- niskimi kosztami remontów,
- wysoką niezawodnością,
- prostotą eksploatacyjną,
- wysoką manewrowością statku ze względu na zastosowanie pędników gondolowych,
- brakiem niezależnych zespołów prądowców.

Ponieważ obecnie nie ma stacji bunkrowych gazu naturalnego możliwości zastosowania siłowni zasilanych gazem ograniczone są do statków przewożących taki ładunek. Paliwem w podróży powrotnej pod balastem byłaby część ładunku pozostawiona na statku [6]. Względy ochrony środowiska skłaniają do dyskusji i propagowania napędu statków „paliwem ekologicznym” - gazem naturalnym. W przeszłości przy rozpowszechnianiu się napędu mechanicznego statków istniały podobne problemy logistyczne stacji bunkrowych węgla i paliw płynnych. Stacje zaopatrzenia statków w paliwo ekologiczne są tylko kwestiami typu logistycznego i inwestycyjnego. Zastosowanie siłowni nowego typu przełamałoby też tradycjonalizm w budownictwie okrętowym i wprowadzenie nowej generacji napędów okrętowych.

## Literatura

- [1] Cwilewicz, R., *Okrętowe turbiny gazowe*, Fundacja Rozwoju Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia 2004.
- [2] Gas Turbine World 2005 Performance Specifications.
- [3] Giernalczyk, M., *Analysis of possibilities of the application of dual fuel engines as a main propulsion on LNG Gas Carriers*, 33<sup>rd</sup> International Scientific Congress on Powertrain and Transport Means, Journal of KONES Powertrain & Transport, Vol. 15, No. 4, Stare Jabłonki 2008.
- [4] Górski, Z., Cwilewicz, R., *Proposal of turbine propulsion for a new generation liquefied natural gas carrier with a capacity of 250,000 - 300,000 cbm*, 33<sup>rd</sup> International Scientific Congress on Powertrain and Transport Means, Journal of KONES Powertrain & Transport, Vol. 14, No. 2, Warsaw 2007.
- [5] Konopacki, Ł., Kruk, K., *Analiza możliwości zastosowania zintegrowanego napędu turbinowego typu COGES do napędu gazowca LNG o ładowności 250000m<sup>3</sup>*, Praca dyplomowa magisterska pod kierunkiem Zygmunta Górskiego, Katedra Siłowni Okrętowych Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia 2008.
- [6] Górski, Z., Cwilewicz, R., Konopacki, Ł., Kruk, K., *Proposal of propulsion for liquefied natural gas tanker (LNG Carrier) supplying LNG terminal in Poland*, 33<sup>rd</sup> International Scientific Congress on Powertrain and Transport Means, Journal of KONES Powertrain & Transport, Vol. 15, No. 2, Stare Jabłonki 2008.
- [7] Czasopisma: *Gas Turbine World, Lloyd's Ship Manager, Motor Ship, Shipping World & Shipbuilder*.