

SUVREMENI PROPULZIJSKI SUSTAVI NA BRODOVIMA

Kap. Marijan Zujić, mag.ing., email: marijan.zujic@pfst.hr

Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Republika
Hrvatska,

Slaven Sučević, mag.ing., email: slaven.sucevic@gmail.com

Ministarstvo obrane Republike Hrvatske, HRM, Split,

Prof.dr.sc. Zlatimir Bičanić, dipl inž., email: bizl@pfst.hr

Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Republika
Hrvatska, web: www.pfst.hr

Sažetak: Cilj ovog rada predstaviti je suvremena tehnička rješenja propulzijskih sustava na brodovima koji plove svjetskim morima. Valja prikazati tehnološka postignuća na svjetskoj razini i komentirati njihovu ulogu u kvalitetnom i sigurnom odvijanju pomorske plovidbe. Današnji pomorski promet u svojem obimu značajno nadmašuje sva očekivanja u svjetskoj trgovini i pomorskom prijevozu ljudi i dobara. Povećava se broj plovniha objekata, ruta i plovniha putova, moderniziraju postojeće i grade nove luke i lučka mehanizacija, kvalitetno obrazuju kadrovi, uvode nove službe i sve više povećava stupanj sigurnosti plovidbe. Koriste se suvremena navigacijska i telekomunikacijska sredstva, službe i sustavi javljanja, obavješćivanja i praćenja objekata u plovidbi. Zbog sve većih radnih zahtjeva, nužno ja koristiti plovne objekte sa što sigurnijim i kvalitetnijim manevarskim mogućnostima, budući su ulozi jako veliki. Odnosi se na sigurnost ljudskih života, brodova, tereta i morskog okoliša. Svemu ovom jamac je i kvalitetna propulzija, jer osim povećanja obima pomorskog prometa, prepreke su još i vremenske neprilike, međunarodna politika i oružani sukobi, piratski napadi, plovidba u područjima leda, teškim navigacijskim područjima i u raznim opasnim situacijama, izazvanih višom silom.

Ključne riječi: pomorski promet, propulzija, brod, manevriranje, sigurnost

MODERN SHIP'S PROPULSION SYSTEMS

Abstract: This theme deals with topics related to modern propulsion systems on board merchant ships. In the content of the work, various types of ship's propulsion and their principles can be seen. Safe and reliable ship's propulsion is basic part of efficient navigation. Maritime industry is one of the most growing industries in the world which enables efficient trade of all kind of goods. This effect with growing number of new ships, modern ports and new technologies incorporated in modern maritime industry. In respect of this, seaways are becoming more complicate to operate, which results with many investments in modern navigation and telecommunication systems on board ships as well as on coast installations. The demands of shipping are challenging and it depends of both efficiency and safety. That is specially related to biggest ships and their manoeuvring and working capabilities which allows no mistakes or accidents related to human safety, maritime pollution or cargo operations. Constant education of the ship's crew is essential in solving this problems but captain of the ship, most of all, needs reliable propulsion in different conditions. That includes navigation through war zone or piracy area, ice threat area, rough sea condition and many other dangerous situations.

Keywords: maritime industry, ship, ship's propulsion, manoeuvring, safety

UVOD

Povećanjem veličine brodova i njihove primjene, pojavila se potreba za novim vrstama poriva. Njima poboljšavaju se manevarska obilježja brodova zbog njihovih posebnih zadaća. Osim novih vrsta brodova, pojavio se i problem samog plovidbenog područja, pa tako danas brodovi manevriraju u znatno složenijim uvjetima koji uključuju uske plovne putove, područja malih dubina, a te veliku koncentraciju drugih plovila. Ova vrsta *propulzora* ugrađuje

se na brodove posebne namjene, poput raznih vrsta tegljača, ali i na ro-ro putničke, te brodove kojima nužna je visoka točnost pri pozicioniranju.

1. POVIJESNI RAZVOJ PROPULZORA

Povijesni razvoj brodskoga vijka veže se za početke mehaničkog brodskog pogona, koji omogućio je izum parnoga stroja. Prvi parobrodi imali su poriv s pomoću lopatičnih kola (bočnih brodskih kotača), ali ubrzo pojavio se vijak kao najprikladniji tip brodskoga propulzora. Već u XVII. st. R. Hook predlagao je korištenje Arhimedovog vijka za brodski poriv. Međutim, najzaslužnijima za razvoj brodskoga vijka drže se američki brodograditelj John Stevens (1749. do 1838.), koji ga je prvi uspješno koristio za pogon parobroda, 1804., češki šumar J. Ressel, koji ga je prvi patentirao 1827., engleski izumitelj Francis Pettit Smith (1808. do 1874.), te švedski inženjer J. Ericsson. Potonja dvojica su ga konstrukcijski unaprijedili 1830-ih. Na brodovima koji plovili su morem, vijak je ubrzo sasvim istisnuo lopatična kola, a u drugoj polovici XIX. st. poprimio je današnji oblik.

1.1. POJAM I VRSTE PROPULZORA

Bilo koje sredstvo za brodski pogon naziva se *propulzorom*. S obzirom na način djelovanja sile kojom ostvaruje se gibanje broda, razlikuju se *aktivni* propulzori (jedro, tegljenje) i *reaktivni* (veslo, kolo, vijak i sl.) kojima je zajedničko obilježje vođeni mlaz stvoren propulzorom. Reaktivni propulzori daju poticaj struji vode, pa ostvaruju gibanje broda. Ovoj skupini propulzora pripadaju:

Brodsko kolo - propulzori kod kojih se sila poriva ostvaruje otporom gibanja dijela mehanizma propulzora kroz vodu. Koriste se dvije vrste, s nepomičnim i pomičnim lopaticama. Kola su danas praktički iščezla.

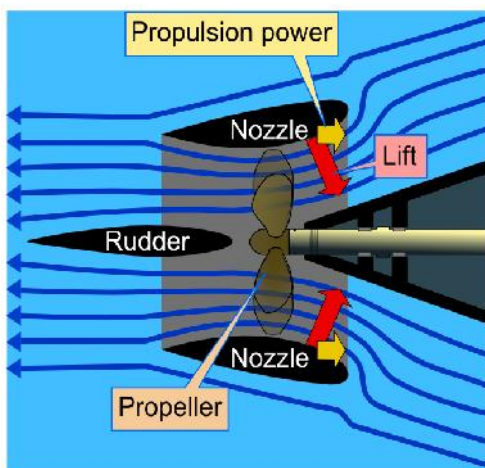
Mlazni (jet) propulzori – mehanizmi koji nemaju nikakvih pokretnih dijelova izvan broda. Sastoje se od kanala postavljenog u brodskoj uzdužnici, sa stapnom ili centrifugalnom crpkom. Izbacivanjem vode po krmu događa se poriv broda.



Slika 1: Hamilton Jet propulzor [27]

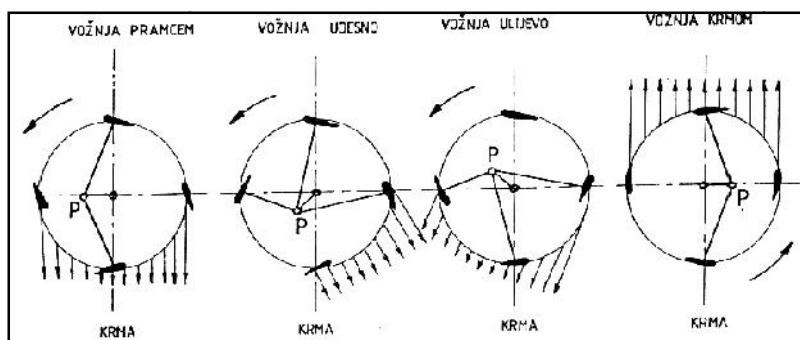
Brodski vijak – sastoji se od glavine na kojoj je dva do sedam krila. Vijak se obično smješta po brodskoj krmu tako da vrh krila bude dovoljno pod vodom kako bi se spriječilo uvlačenje zraka na krila. Suvremeni vijak nije previše izvrgnut negativnom utjecaju brodskog gaza, dobro je zaštićen od oštećenja i od udaranja valova, ne povećava brodsku širinu, može raditi s velikim brojem okretaja i još uvijek zadržati dobar stupanj djelovanja. Razvoj brodskog vijka dugo temeljio se na *invenciji* i *empiriji*. Tek su W. J. M. Rankine (1865.) i W. Froude (1878.) postavili prve znanstvene temelje teoriji djelovanja brodskih vijaka. Uz računalne metode, danas se hidrodinamičke značajke vijka određuju modelskim ispitivanjima, kakva izvode se u bazenima i *kavitacijskim* tunelima. Različite su izvedbe brodskih vijaka:

Vijak u sapnici (Kortova sapnica - eng. Kort nozzle). Ova izvedba pokazuje znatne prednosti kod vrlo opterećenih vijaka, a izumio ga je 1933. Ludwig Kort (1888. do 1958.). Sastoji se od prstena hidrodinamičnog oblika postavljenog oko broskog vijka, a ako radi se o okretljivoj sapnici tada ona služi i kao kormilo. Vijak u sapnici primjenjuje se na brodovima ograničenog gaza i velikog opterećenja, kao što su tegljači i ribarski brodovi. Razmak između krila vijka i sapnice mora biti minimalan (2 do 10mm) kako bi učinak bio što veći.

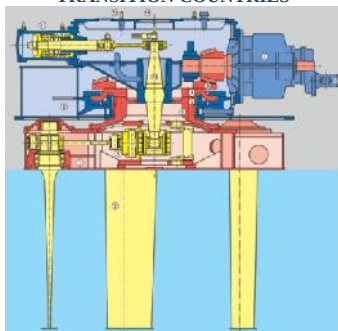


Slika 2: Kortova sapnica [28]

Voith Schneiderov propulzor sastoji se od ploče sa lopaticama (4 do 6) koja se vodoravno okreće oko osovine, a lopatice se mogu zasebno zakretati oko vlastite osovine. Ako ploča okreće se zajedno s lopaticama stvara se potisna sila, a ako zakreću se samo lopatice - usmjerava se potisna sila. Prednost ovog propulzora je što služi i kao kormilo a veličina i smjer sile poriva mogu se mijenjati pomicanjem središta *ekscentra* lopatica u odnosu na središte ploče. Ugradnjom ovakva dva propulzora brod se može kretati i bočno. Nedostaci su skupa izrada, veličina i težina, osjetljivost na oštećenja i kvarove. Ugrađuje se na brodove koji zahtijevaju izuzetno dobro manevriranje (trajekti, lučki tegljači, brodovi za opskrbu platforma).



Slika 3: Usmjeravanje potisne sile Voith Schneiderovog porivnika [29]



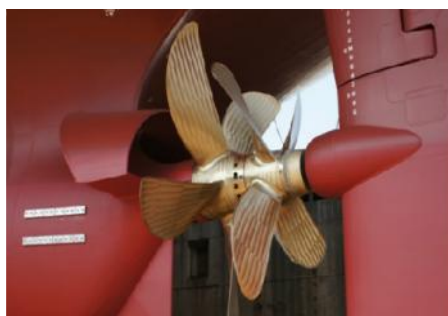
Slika 4: Voith Schneiderov propulzor [29]

Tandem propeleri – smješteni su na istoj osovini i imaju isti smjer okretaja.

Kontrarotirajući vijci – suosni (koaksijalni) *suprotnorotirajući vijci*, podrazumjeva dva vijka smještena na osovini. Jedan je iza drugog, ali sa suprotnim smjerovima okretanja pa im se tako bočne sile poništavaju. Služe za specifične namjene, kao za poriv torpeda i brzih čamaca gliserskih (kliznih) oblika, a ponekad i na većim brodovima. Smješteni su na koaksijalnim osovinama sa suprotnim smjerom okretanja. Na taj način iskorištava se *rotacijska energija* prednjeg vijka i povećava djelovanje krmenog vijka. Krmeni vijak mora biti manji jer mu dolazi suženi mlaz vode od prednjeg.



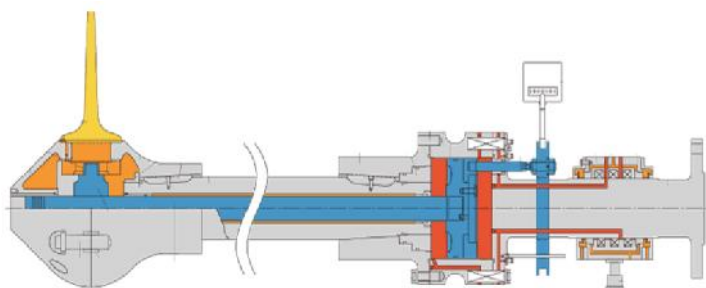
Slika 5: Volvo duoprop kontrarotirajući vijci [29]



Slika 6: Kontrarotirajući vijak na trgovačkom brodu [30]

Vijak s prekretnim krilima tzv. *vijci s upravljivim usponom* ili CPP vijci (eng. *Controllable pitch propeller*). Na ovako izvedenom vijku svako je krilo na svojoj (u glavini usađenoj posebnim uređajem) osovini, a krilima se tijekom plovidbe može mijenjati uspon pomoću hidrauličnog uređaja. Time se može prilagođivati uspon krila vijka sve do stvaranja poriva u smjeru krme (vožnja krmom), a poboljšava propulzivna obilježja broda. Tijekom plovidbe,

krila se pomoću posebnog mehanizma mogu zakretati oko okomite osi, pa za zaustavljanje broda ili vožnje krmom nije nužno preokretati pogonski stroj, odnosno smjer vrtnje vijka. Vijak sa zakretnim krilima izumio je 1844. engleski izumitelj *Bennet Woodcroft* (1803. do 1879.). Od 1956. tvrtka *Kawasaki* je jedna od najvećih svjetskih proizvođača ove vrste vijaka. Izrađuje ih za različite tipove brodova kao što su: brodovi za pratnju, trajekti, RO/RO, tankeri, kontejnerski i ostali.



Slika 7: Vijak s prekretnim krilima [31]

1.2. PREDNOSTI I NEDOSTACI POJEDINIH VRSTA VIJAKA

Svaki od navedenih vijaka ima svoje prednosti i nedostatke. Vijak s fiksnim krilima najviše se koristi. Najjeftiniji je, najmanje podložan kvarovima i ima najveći stupanj iskoristivosti. Vijak s prekretnim krilima ima prednost što se s pomoću takvog vijka može jednostavnije upravljati strojem i to izravno sa zapovjedničkog mosta. Nije mu potreban sustav za preokretanje stroja iz vožnje naprijed u vožnju krmom i obratno, jer se osovina okreće uvijek u istom smjeru. Vožnja krmom ostvaruje se preokretanjem krila pomoću hidrauličnog uređaja u osovini i glavinu vijka. Ovakvi vijci i uređaji skuplji su od običnih vijaka. Osim toga, nedostatak im je i taj što takvi vijci zbog lakšeg preokretanja krila redovito koriste krila s manjom površinom, a većim brojem okretaja vijka. Stoga po valovitom moru ovi brodovi više gube na brzini. Vijci s krilima pričvršćenim na glavinu pomoću vijaka imaju prednost što se u slučaju oštećenja jednog krila ono može jednostavnije zamijeniti, ali mu je nedostatak manji stupanj iskoristivosti. Ovakvi se vijci veoma rijetko koriste.

2. AZIMUTALNI PORIVNICI

Azimutalni porivnici se često nazivaju usmjerive propulzijsko-upravljačke jedinice (eng. *Azimuthing Steerin-Propulsion Unit – ASPU*), a mogu ostvarivati poriv u bilo kojem smjeru. Razvrstavaju se u četiri podskupine:

- propulzori s okomitom osovinom (eng. *Vertical Axis Propulsor – VAP*),
- usmjerivi porivnik (eng. *Azimuthing ili steerable Thruster – AT*),
- gondolski propulzor (eng. *Podded propulsor – POD*) te
- propulzijska crpka (eng. *Pump-Jet Propulsor*).

2.1. USMJERIVI PORIVNIK - AT

Kod ovih porivnika snaga razvijena elektromotorom, dizelskim ili benzinskim motorom, mehanički prenosi na vijak koji se nalazi na vodoravnoj osovini. Postoje brojna rješenja

azimutnih propulzora, pa tako mogu biti s kortovom sapnicom, tandem vijci, kontra-rotirajući vijci, sklopivi, uvlačeći i povlačni propulzor.



Slika 8: Schottelov SCD [2]

Slika 8 prikazuje AT koji se pogoni elektromotorom. Propulzija se kontrolira pomoću vijka sa prekretnim lopaticama koji se može okretati 360 ° oko okomite osi.

Na slici 9 prikazuje se elektromotorom pogonjeni porivnik koji je u sapnici. Koristi se kod velikih hidrodinamičkih opterećenja.

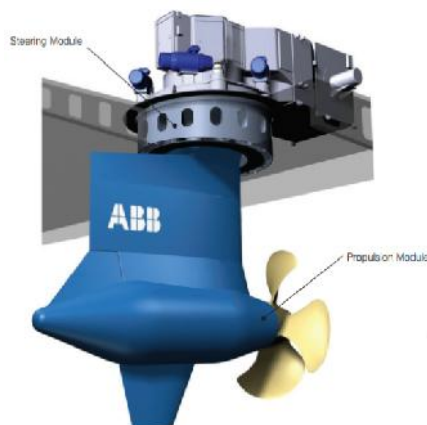


Slika 9: Schotell RudderPropeller [2]

Najveća prednost azimutnog propulzora jest velika manevarska sposobnost a brodovi s ovim propulzorima samo u rijetkim situacijama trebaju pomoć tegljača. Puno lakše se okreću u manjem prostoru, mogu se kretati bočno uz pomoć porivnika, a ako ih ima dva ili više, mogu okrenuti se u mjestu.

2.2. GONDOLSKI PROPULZOR – POD

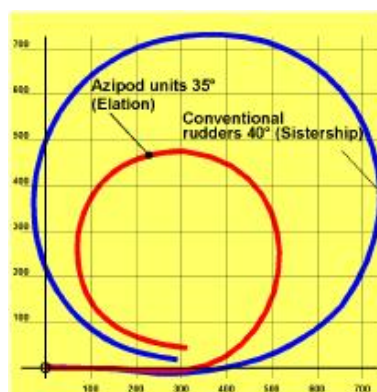
Ovi propulzori su slični AT porivnicima koji pogone se elektromotorom. Razlika je u tome što se kod njih motor ugrađuje podvodno, u strujno dobro oblikovano tijelo (eng. *pod*). Ovakva izvedba ne koristi okomitu, niti vodoravnu osovinu između vijka i elektromotora, jer je vijak neposredno ugrađen na osovinu elektromotora (Slika 10). Ovakvo rješenje pojavljuje se zbog smanjivanja dimenzija porivnika. Gondola ovih propulzora je boljih *linija* i manjeg otpora.



Slika 10: ABB-ov POD [3]

Finska tvrtka ABB je najpoznatija u izradi ovih porivnika. Na Slici 10 vidi se smještaj gondole u kojoj je elektromotor. Gondola je smještena ispod broskog trupa, a ne u njegovoj nutrini, kao kod AT porivnika.

Sve se češće na brodove ugrađuju različiti tipovi porivnika zbog potrebe znatnog smanjenja kruga okreta pri plovidbi punom brzinom. Na slici 11 uspoređene su putanje pri pokusima kružnice okretanja za dva jednaka broda. Jedan od njih je opremljen sa POD propulzorom dok je drugi opremljen s uobičajenom kombinacijom vijka i kormila. Očita je prednost POD porivnika koji pod manjim kutom otklona opisuju manju kružnicu okreta broda. Kod samog se manevriranja lakše održava kurs broda, a i zamjetno je smanjenje zaustavnog puta.



Slika 11: Usporedba kruga okreta pri punoj brzini [3]

Kada ih se uspoređuje sa AT porivnicima, postoji veliko smanjenje otpora zbog hidrodinamičkog oblika gondole. Prednosti u odnosu na konvencionalni poriv su jednoliko polje brzina *dostrujavanja*, te smanjenje štetnih učinaka kavitacije i vibracija. Ovi propulzori prikladni su za brodove za krstarenje, za Ro-Ro i putničke trajekte brže od 30čv, te za ledolomce i brodove namijenjene službi u zaleđenim vodama.

Azipod se sastoji od trupa u kojemu je elektromotor, a s vanjske strane vijak. Također postoji upravljački motor pomoću kojeg se preko upravljačkog sustava zakreće čitavi azipod, koji se oko okomite osi okreće preko spojnog prstena. Na azipodu se još nalazi i sustav hlađenja preko kojeg hladi se upravljački sustav i upravljački motor.

S obzirom da se azipodi mogu okretati oko svoje osi, oni zamjenjuju konvencionalna kormila i bočne porivnike. Azipodi nemaju osovine, čime se smanjuju vibracije koje prenose se na trup. Na taj način moguća je upotreba čelika jednostavnije strukture. Instalacija ovih sustava je jednostavna, a smanjeno je i vrijeme izgradnje broda. Zbog svog hidrodinamičnog oblika, povećana je i sama hidrodinamika broda, a opaža se i manja pojava kavitacije, te smanjenje vibracija i buke.

Azipod je porivni sustav koji je izvan brodskog trupa. To je električni porivni sustav kojemu su glavne sastavnice:

- propulzijski motor – koristi se za proizvodnju poriva. Vijak se okreće pomoću elektromotora,
- transformator – napon električne struje koju proizvedu generatori valja smanjiti na potrebnu voltažu, kojom pokreće se motor u gondoli azipoda, te
- kontrolor frekvencija – koristi se za promjenu frekvencije za nadzor broja okretaja motora koji pokreće vijak.

Sustav je kombinacija upravljačkog i porivnog sustava. Konvencionalni porivni sustavi koriste dvotaktne motore, spojene na osovinu koja prolazi krmenim dijelom broda prema vijku na vanjskoj strani brodske oplate. Ovaj sustav mora imati i kormilo kako bi se moglo manevrirati brodom. Azipod sustav kombinira ta dva sustava. Motor koji pokreće azipod je unutar gondole, smještene s vanjske strane broda i spojene na vijak. Dobre strane zajedničke svim usmjerljivim pogonsko upravljačkim jedinicama, zbog kojih osvojili su veliko polje primjene su:

- izvrsna upravljivost mirujućeg broda, kao i pri plovidbi vrlo malim brzinama,
- brzo zaustavljanje,
- bitno smanjenje polumjera kružnice okreta pri punoj brzini, te kao posljedica nepostojanja kormila, smanjenje otpora, izbjegavanje opasnosti od kavitacijske erozije kormila, te mogućnost smanjenja troškova i težine,
- jednostavna montaža i
- nepotreban je poprečni porivnik na krmi.

Nedostatci svakog porivnika su različiti. Kod POD porivnika problem predstavlja veličina i oblik gondole. Smanjenjem gondole za istu snagu predanu vijku mora se povećati njena brzina vrtnje što može biti nepovoljno u pogledu stupnja djelovanja.

Izbor odgovarajućeg porivnog sustava treba se temeljiti na operativnom profilu plovila. Prednosti sustava s azipodima su povećanje udobnosti putnika zbog smanjenja vibracija i buke, a povećana je sigurnost zbog poboljšanja manevarskih sposobnosti broda. Također, poboljšana je kontrola potrošnje goriva, kao što je i smanjen utjecaj zagađenja okoliša. Automatizirani sustavi osiguravaju optimalizirani rad i visoku djelotvornost svih *komponenta*.

3. ZAKLJUČAK

Suvremeni pomorski promet određuju područja kojima brodovi plove i novi zahtjevi koji tiču se manevriranja brodom u ograničenom prostoru, zbog velike gustoće prometa, te zahtjevi za povećanjem brodskih brzina. Manevriranje u takvim uvjetima je postalo gotovo pravilo, pogotovo kod prilaženju lukama ili kod plovidbe uskim kanalima. Povećanje brzina broda odnosi se na putničke brodove, kod brodova za kružna putovanja te kod brodova koji obavljaju linijsku plovidbu. Osim toga, pojavljuju se različite vrste brodova koje obavljaju

posebne poslove i zbog toga su im potrebne bolje manevarske sposobnosti. Stoga, počelo se razmišljati o alternativnim načinima ostvarivanja poriva na brodu. U povijesti su se pojavljivale različite vrste porivnika, ali za suvremenu upotrebu od njih je jedino prikladan konvencionalni brodski vijak. Zbog navedenih razloga valjalo je osmisлити porivnike koji će pružiti bolje manevarske sposobnosti u odnosu na konvencionalni vijak.

Azimutalne porivnike moguće je zakretati za puni krug. To im omogućuje ostvarivanje poriva u bilo kojem smjeru. Na brodove se postavlja više ovakvih porivnika, a njihov položaj ovisi o učinku manevriranja. Ovakvi brodovi trebaju pomoć tegljača samo u posebnim situacijama jer su im manevarske osobine izvrsne. Lako se kreću i manevriraju u malim skućenim prostorima. Kombinacijom djelovanja ugrađenih porivnika mogu kretati se bočno, a mogu se okrenuti i u mjestu. To je razlog što ugrađuju se na brodove za kružna putovanja, kojima su potrebne takve manevarske sposobnosti. Osim toga, imaju manje vibracija od konvencionalnih propulzora, a to je velika prednost za udobnost putnika. Prednosti ovakvih propulzora prepoznate su na više različitih brodova za kružna putovanja na kojima su ugrađeni različiti tipovi azipodnih porivnika. Iako su različiti izvedba, sve ih karakterizira smanjenje potrošnje goriva, bolja kontrola proizvodnje i potrošnje energije i ukupno smanjenje i racionalizacija troškova. Ujedno im se povećavaju brzine kao i upravljivost.

Zbog mogućnosti postizanja velikih brzina i tihog načina rada bez vibracija, pojavila se ideja postavljanja ovih uređaja na *mega jahte*. Zbog iznimno male razine vibracija i buke, postavljanje ovakvih sustava na jahte omogućuje veću udobnost putnika.

Brojne prednosti ovakve vrste poriva, od kojih su najvažnije upravo smanjenje troškova, buke, vibracije uz istodobno povećanje djelotvornosti cjelog broda kao sustava, omogućile su brzi razvoj ovih sustava i njihovo prilagođavanje trenutnim potrebama u pomorstvu. Zbog suvremenog sustava poriva (dizel-električnog ili druge vrste, poput LNG-a) moguće je smanjiti emisije ispušnih plinova koje su postale jedan od bitnih čimbenika kod izbora propulzije. Zbog svoje prilagodljivosti i prednosti koje pružaju, ovakvi sustavi će u budućnosti naći primjenu na svim vrstama plovila.

LITERATURA

- [1] Sambolek M., *Propulzija Broda*, Brodarski institut, Zagreb, 2012.
- [2] www.ship-technology.com (7.2.2015.)
- [3] www.abb.com (7.2.2015.)
- [4] Vučetić D.; Čekada I., *Eksploatacijske prednosti električne propulzije*, Pomorstvo, god. 20, br. 1 (2006), str. 129-145.
- [5] www.cruiseshipenginepower.com (7.2.2015.)
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/Azipod> (9.2.2015.)
- [7] *Azipod propulsion*, www05.abb.com/global/scot/scot2/Energy%20Efficiency%20Guide_Azipod.pdf (9.2.2015.)
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Carnival_Elation (9.2.2015.)
- [9] <http://www.ship-technology.com/projects/elation/> (9.2.2015.)
- [10] <http://www.ship-technology.com/projects/elation/> (10.2.2015.)
- [11] <http://www.wartsila.com/en/references/Oasis-of-the-Seas> (10.2.2015.)
- [12] http://en.wikipedia.org/wiki/Seven_Seas_Voyager (10.2.2015.)
- [13] *Podded propulsion Drive for Cruise Liner "Seven Seas Voyager"*
<http://www.ehu.eus/electronica-industrial/AmpliacionElectronicaIndustrial/Proyectos/p4.pdf> (10.2.2015.)

- [14] http://www.meyerwerft.de/en/meyerwerft_de/schiffe/kreuzfahrtschiffe/celebrity_cruisers/century/century.jsp (11.2.2015.)
- [15] <http://www.marinelink.com/article/pod-propulsion/siemens-schottel-podded-product-529> (11.2.2015.)
- [16] Izvor: <http://www.rolls-royce.com/marine/products/propulsors/podded/index.jsp> (11.2.2015.)
- [17] www.worldshipny.com (11.2.2015.)
- [18] <http://www.abb.com/cawp/seitp202/2a5e79a842be6f67c1257dd3004eda6b.aspx> (11.2.2015.)
- [19] Zec D., *Optimalna veličina ro-ro putničkog broda u obalnoj plovidbi*, Pomorski zbornik br. 40 (2002)1, 35-49.
- [20] Lars A.;Thomas H, *Skipping constraints*, [http://www05.abb.com/global/scot/scot271.nsf/veritydisplay/94aa9cee1965090dc12571d900432d64/\\$file/64-67%203m654_eng72dpi.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot271.nsf/veritydisplay/94aa9cee1965090dc12571d900432d64/$file/64-67%203m654_eng72dpi.pdf) (13.2.2015.)
- [21] Naoki, U., et.al., *The First Hybrid CRP-POD Driven Fast ROPAX Ferry in the World* <http://www.dieselduck.info/machine/02%20propulsion/2004%20CRD%20hybrid.pdf> (13.2.2015.)
- [22] <http://worldmaritimenews.com/archives/88467/norway-bergen-fosen-delivers-mv-stavangerfjord-to-fjord-line/> (13.2.2015.)
- [23] <http://www.yachtcharterfleet.com/luxury-charter-yacht-26010/grace-e.htm> (15.2.2015.)
- [24] [http://en.wikipedia.org/wiki/Ice_\(yacht\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ice_(yacht)) (15.2.2015.)
- [25] <http://www.powerandmotoryacht.com/engines/perfect-couple-page-2> (15.2.2015.)
- [26] Russo M.: *Da li brod usporavati prednjim ili zadnjim propulzorima?*, Kapetanov glasnik, Split, 2011.
- [27] <http://www.kron.spb.ru/catalog/category/primenenie-vodometov/>
- [28] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/61/Kort_nozzle_cut_view_top1.PNG
- [29] <https://www.google.com/search?q=vijci+Tandem&biw=1067&bih=475&source=lnms&bm=>
- [30] <http://worldmaritimenews.com/wp-content/uploads/2014/07/CRP.png>
- [31] <http://www.kamome-propeller.co.jp/en/products/propeller/cpp/a-type/>