

Ivica Šegulja*

Dragan Martinović**

ISSN 0469 - 6255

(111-114)

UTJECAJNI ČIMBENICI ZA ODABIR PORIVNOG STROJA NA BRODU

THE FACTORS INFLUENCING A PROPULSION ENGINE CHOICE ABOARD SHIP

Pregledi članak

Review

Sažetak

U radu se razmatraju utjecajni čimbenici za odabir porivnog stroja broda sa stanovišta ekonomičnosti, pouzdanosti, sigurnosti i elastičnosti porivnog stroja. Posebna pažnja je posvećena elastičnosti motornog pogona, te mogućnosti rješavanja istog primjenom porivnog stroja sa zalihom, te utjecaja takve konfiguracije porivnog sustava na ekonomičnost i profitabilnost broda.

Summary

The factors influencing a propulsion engine choice from the aspect of economy, reliability, safety and elasticity of a propulsion engine have been discussed in this paper. The special attention has been drawn to the elasticity of a motor engine and its solution alternatives by applying the propulsion engine with redundancy and the influence of this propulsion system configuration on the economy and profitability of the ship.

Uvod Introduction

Porivni sustav suvremenih brodova najčešće se sastoji od jedinstvenog porivnog stroja. U posljednje doba svjedoci smo pokreta za ugradnjom porivnih sustava s više pogonskih strojeva. Najčešći je argument za ugradnju takvih sustava povećana sigurnost koju takvi brodovi imaju, zahvaljujući zalihosti s dva ili više pogonska stroja. U ovom radu se nastoji pokazati da takav pogonski sustav ima i ekonomske prednosti, a koje mogu biti presudne u jako promjenljivim komercijalnim uvjetima tržišta, te povećanoj konkurenciji na tržištu.

Optimalna brzina broda The optimal ship's speed

Optimalna brzina broda sa stanovišta rentabilnosti je ona brzina broda kod koje brod ostvaruje najveću dnevnu dobit.

Dnevna dobit broda se može izraziti:

$$P_d = \frac{F_n K}{\frac{D}{24v} + s} - \frac{Dev^2 \Delta^3 c_1}{\frac{D}{24v} + s} - \frac{T_s}{\frac{D}{24v} + s} - T_f \quad (1)$$

pri čemu je :

P_d - dnevni dobitak broda (brutto prihod broda jednog putovanja minus troškovi putovanja reducirani na jedan dan)

F_n - netto vozarinski stav po toni tereta (vozarinski stav po odbitku neposrednih troškova, kao što su troškovi ukrcanja i iskrcanja, provizija i drugi neposredni troškovi, koji ne ovise o brzini broda)

K - korisna nosivost broda u tonama, odnosno količina tereta koja se prevozi uz pretpostavku potpuno iskorištenog kapaciteta

D - dužina relacije na kojoj se teret prevozi

v - brzina broda u miljama na sat

s - broj dana u stajanju

p - broj dana u plovidbi

e - cijena pogonskog goriva po toni

Δ - deplasman broda

c_1 - konstanta ovisna o brzini, dimenzijama i obliku broda

T_f - dnevni fiksni troškovi broda

T_s - ukupni lučki troškovi broda

*dr. sci. Ivica Šegulja
prof. dr. sci. Dragan Martinović
Pomorski fakultet Rijeka
Studentska 2, Rijeka

Optimalnu brzinu sa stanovišta rentabilnosti se dobije ako se gornji izraz derivira po brzini i izjednači sa nulom.

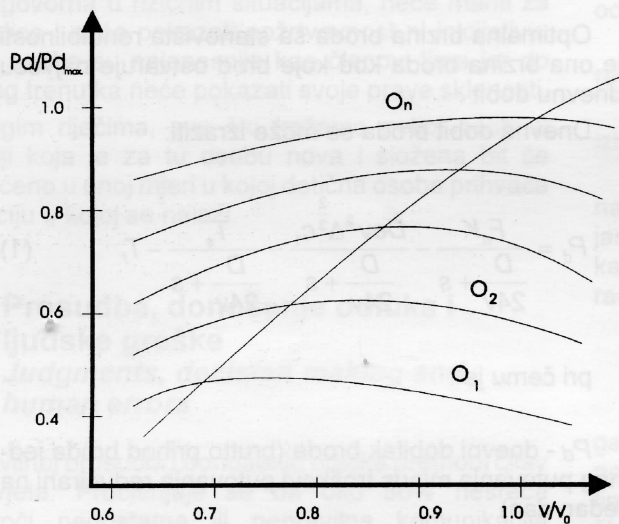
$$v^3 = \frac{F_n K - T_s}{24ec(3p+2s)} \quad (2)$$

Iz izraza je vidljivo da se optimalna brzina sa stanovišta rentabilnosti povećava s povećanjem vozarinskog stava, a smanjuje sa povećanjem cijene goriva.

Dnevni profit broda se može izraziti i kao funkcija operativnih velicina O_i i brzine :

$$P_d = f(O_i, v) \quad (3)$$

pri čemu pod operativnim veličinama podrazumijevamo vozarine, cijenu goriva, troškove luka, troškove manipulacije teretom, odnos vremena u stajanju i plovidbi. Za neki zadani brod i trenutak vremena tržišta koji se promatra, a definira te uvjete, dijagram dnevnog profita u zavisnosti od brzine broda će izgledati



Slika 1. Dnevni profit broda
Figure 1. Daily ship's profit

Brzine u dijagramu su normalizirane u odnosu na brzinu pokusne plovidbe, a dnevni profit na neki proizvoljno odabrani maksimalni profit.

Iz dijagrama možemo zaključiti sljedeće:

- krivulje, više položene, predstavljaju takve tržišne okolnosti definirane operativnim veličinama koje su povoljnije sa stanovišta dnevnog profita, za razliku od niže položenih krivulja.

- svaka krivulja definirana operativnim veličinama, ima točno definirani i jednoznačni maksimum dnevnog profita, a odgovara mu jednoznačna brzina, koju ćemo zvati optimalna brzina

- što je krivulja u dijagramu viša, to je i odgovarajuća optimalna brzina viša

- točke optimalnih brzina pri različitim operativnim veličinama leže na zajedničkoj crti

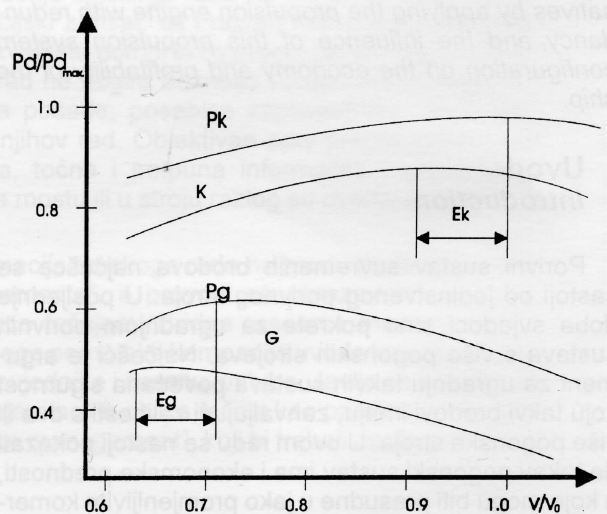
- odstupanje brzine broda od optimalne brzine, prosječno smanjuje dnevni profit za 2...4% po milji.

Elastičnost pogonskog stroja The elasticity of a propulsion engine

Linija koja povezuje optimalne brzine pri raznim operativnim veličinama, pokriva široki pojas brzina; od brzine na probnoj vožnji do 60% te brzine. Pri osnivanju broda nastoji se da probna brzina odgovara optimalnoj brzini za najoptimalnije uvjete definirane operativnim veličinama, tj. da je to ona najveća brzina, za najpovoljnije uvjete na tržištu koje se u toku eksploatacije mogu očekivati. Sposobnost broda da vrši svoju funkciju u širokom pojasu promjena operativnih veličina, znači i sposobnost prilagođivanja brzine plovidbe optimalnim brzinama, koje se također kreću u širokim granicama. Prilagodljivost broda uvjetima tržišta, je kao što vidimo u direktnoj vezi sa elastičnošću brzine broda. Ova osobina elastičnosti brzine broda, direktno ovisi o glavnom porivnom stroju broda, i to najčešće u području manjih snaga od maksimalne. Dizelski motori nisu pogodni za dugotrajan rad na malim opterećenjima, zbog pogoršanja kvalitete rada samog motora, povećanja specifične potrošnje, te stvaranja znatne količine čađi i naslaga na dijelovima motora i povećanog istrošenja.

Objašnjenje utjecaja elastičnosti brzine na ekonomsko ponašanje višenamjenskog ("multipurpose") broda je dano na slici br.2.

Ovi brodovi su posebno konstruirani za vrlo promjenljive operativne uvjete, tj. za veoma "povoljne" uvjete kada prevoze "skupi" kontejnerski teret, pa do uvjeta kada prevoze "jeftin" generalni teret.



Slika 2. Utjecaj elastičnosti brzine na dnevni profit višenamjenskog broda
Figure 2. The impact of a speed elasticity on the multipurpose ship daily profit

Područje K obuhvaća područje promjena dnevnog profita, tipične za kontejnerski prijevoz, dok područje G obuhvaća područje krivulja promjene dnevnog profita za prijevoz generalnog tereta. Za primjer je probna brzina $v_t=1$, odabrana kao maksimum pri najvišoj krivulji Pk . U slučaju jedinstvenog porivnog stroja, stalna operativna brzina broda može se smanjivati do veličine $(0.89...90)v_t$. Daljnje smanjenje operativne brzine vodit će smanjenju snage pogonskog stroja ispod 70% MCR (*Maximum Continuous Rating* – trajna pogonska snaga), sa svim tehničkim nepovoljnostima. Područje elastičnog rada glavnog porivnog stroja se nalazi unutar područja E_k

$$E_k = (1.0...0.89) MCR \quad (3)$$

koje je razmjerno dosta usko.

U slučaju prijevoza generalnog tereta, optimalna brzina pada u područje $(0.65...0.75)v_t$, a područje snage porivnog stroja u područje $(0.28...0.45) MCR$.

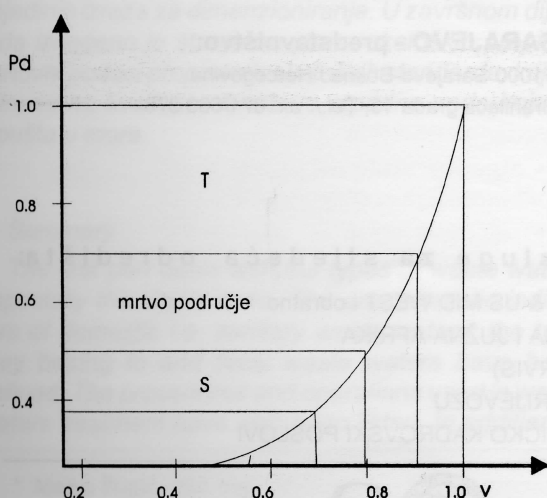
Vidi se da se zbog velikih promjena operativnih veličina optimalna brzina broda se znatno mijenja. Isto je slučaj i s ostalim tipom brodova, ako se npr. znatno mijenjaju samo vozarine. Očigledno je zahtjev za ovako velikom elastičnošću optimalnih brzina veoma težak izazov za dizelski motor, koji danas vodi u primjeni brodskih porivnih strojeva.

Porivni sustav sa zalihošću pogonskih strojeva

The propulsion system with redundancy of power engines

Jedno od mogućih rješenja problema elastičnosti prilagodbe pogonskog stroja, može biti primjena porivnih sustava sa zalihošću.

Ako uzmemo pogon broda sastavljen od dva identična pogonska motora, dijagram proizvedene pogonske snage u zavisnosti od optimalne brzine će izgledati:



Slika 3. Odnos snaga - brzina
Figure 3. Relation power-speed

Ako je najmanja relativna snaga svakog pogonskog stroja jednaka 70% MCR, tada će u zajedničkom radu ovi strojevi pokrivati područje potrebnih snaga označeno s T, tj. područje brzina

$$v = (0.88...1.0)v_t \quad (4)$$

a kada bude u radu samo jedan pogonski stroj tada će on pokrivati područje snage označeno sa S, a njemu odgovara područje brzina

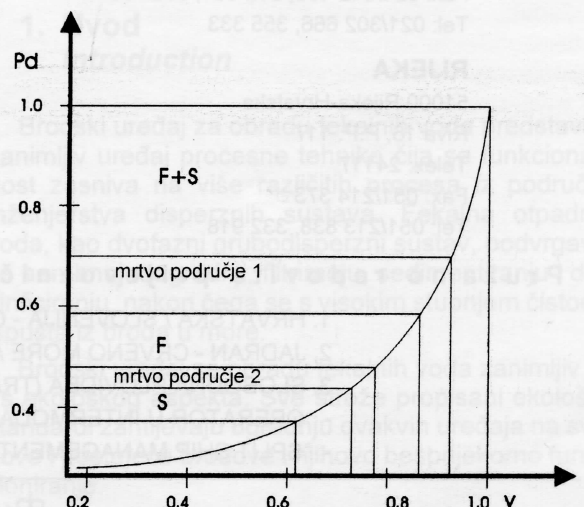
$$v = (0.7..0.8) v_t \quad (5)$$

Između ova dva područja, postoji "mrtvo" područje, tj. područje u kojem pogonski stroj nije u stanju zadovoljavati potrebu za snagom. Veličina ovog područja ovisi o pojedinačnoj elastičnosti pogonskih strojeva i kod umjerenih snaga je relativno usko, pa možemo reći da će porivni sustav sa zalihošću s dva jednaka stroja, moći ostvariti optimalnu brzinu u širokom području brzina i to:

$$v = (0.7 - 1.0)v_t \quad (6)$$

i time maksimalizirati ekonomski učinak u cijelom području operativnih veličina, bez ikakvih tehničkih problema.

Ako preliminarna istraživanja pokažu potrebu za sužavanjem ili eliminacijom "mrtvog" područja, sustav "otac i sin" (father & son) mogu biti upotrebljeni. Jači stroj, tj. "otac" će popuniti "mrtvo" područje, te će ostati prema višim snagama usko područje 1, a prema nižim snagama usko područje 2. Stroj manje snage tj. "sin" će pokrivati područje vrlo niskih brzina, tj. područje od $0,7v_t$, a to su područja koja ne bi trebala imati ekonomsko značenje, već samo sigurnosno značenje, tzv. snaga za "povedi me kući" (take me home).



Slika 4. Pogon "otac i sin"
Figure 4. Propulsion "father and son"

Područje 1, koje je smješteno pri višim brzinama, može biti eliminirano samo dobrim odabirom omjera snaga strojeva oca i sina. Ako definiramo omjer između snaga "oca" i ukupne maksimalne snage, tj. relativne snage "oca"

$$n_f = \frac{N_f}{N_f + N_s} \quad (7)$$

a R_p kao dozvoljeni omjer smanjenja snage stroja tj.

$$R_p = \frac{N_{f \min}}{N_{f \max}} \quad (8)$$

tada će najpovoljnije rješenje biti ono u kojem je zadovoljen uvjet

$$\begin{aligned} n_f &= R_p \\ n_f &= R_p \end{aligned} \quad (9)$$

tj. tada će maksimalna snaga pogonskog stroja "oca", pri samostalnom radu biti jednaka, minimalno dopuštenoj snazi zajedničkog rada "oca" i "sina", tj. nestat će u potpunosti područje 1.

Zaključak Conclusion

Vidimo da jedna od mogućnosti povećanja elastičnosti pogonskog stroja, a u svrhu povećanja dnevne dobiti broda, tj. povećanja ekonomske efikasnosti, može biti povećanje broja pogonskih jedinica u kombinaciji "otac" i "sin", te se ukazuje da problem ugradnje jednog ili više pogonskih strojeva nema utjecaj samo na sigurnost i pouzdanost plovidbe, već je njegov utjecaj možda mnogo veći na polju ekonomije pogona.

Literatura References

- [1] R.O.Goss "Studies in maritime economics", Cambridge University Press, 1968.
[2] I.Rubinic Ekonomika brodarstva, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 1976.
[3] Motor Ship 18 th Annual International Marine Propulsion Conference - "Redundancy vs. Reliability", The Motor Ship, Hamburg 1996

Rukopis primljen: 27.7.1998.



JADROPLOV LTD

SPLIT - sjedište:

21000 Split-Hrvatska,
Obala Kneza Branimira 16, P.P. 511
Telex: 26117, 26339, 26138
Fax: 021/342 198, 302 631, 302 705
Tel: 021/302 666, 355 333

RIJEKA

51000 Rijeka-Hrvatska
Riva 16, P.P. 117
Telex: 24117
Fax: 051/214 373
Tel: 051/213 838, 332 918

ZAGREB - podružnica:

10000 Zagreb-Hrvatska, Vukovarska 271
Tel./Fax: 01/615 7018, 615 7019

SARAJEVO - predstavništvo:

71000 Sarajevo-Bosna i Hercegovina
Branilaca grada 13, Tel./Fax: 071/663 378

Pružamo redovite prijevoznike usluge za sljedeća odredišta:

1. HRVATSKA / SLOVENIJA - CANADA & US MID WEST i obratno
 2. JADRAN - CRVENO MORE / ISTOČNA I JUŽNA AFRIKA
 3. SLOBODNA PLOVIDBA (TRAMP SERVIS)
- OPERATOR U INTERMODALNOM PRIJEVOZU
- "SPLIT SHIP MANAGEMENT" - TEHNIČKO KADROVSKI POSLOVI

