

Karakteristike elise

Zadatak elise je da obezbedi potisnu silu za kretanje plovila odgovarajućom brzinom, tj. da plovilu isporuči potrebnu snagu. Snaga potrebna za kretanje plovila odgovarajućom brzinom je:

- **Effective Horse Power:**

$$EHP = F * Vb$$

Ovu potrebnu snagu, sa manje ili više tačnosti, lako možemo eksperimentalno odrediti pomoću tenziometra i brzinoera, vučom plovila.

- **Indicated Horse Power (IHP)** je zbir snage potrebne za kretanje broda odgovarajućom brzinom (EHP) i snage potrebne za obrtanje elise odgovarajućim brojem obrtaja (PHP).

$$IHP = EHP + PHP = \frac{EHP}{\eta_p}$$

- **Keoficijent iskorišćenja snage elise**

Dobar deo uložene snage se troši samo na okretanje propelera (PHP), a ostatak se isporučuje plovilu. Odnos EHP i IHP predstavlja efikasnost elise:

$$\eta_p = \frac{EHP}{IHP}$$

Kod klasičnih elisa ovaj koeficijent je uglavnom: $\eta_p = 0,5 - 0,6$

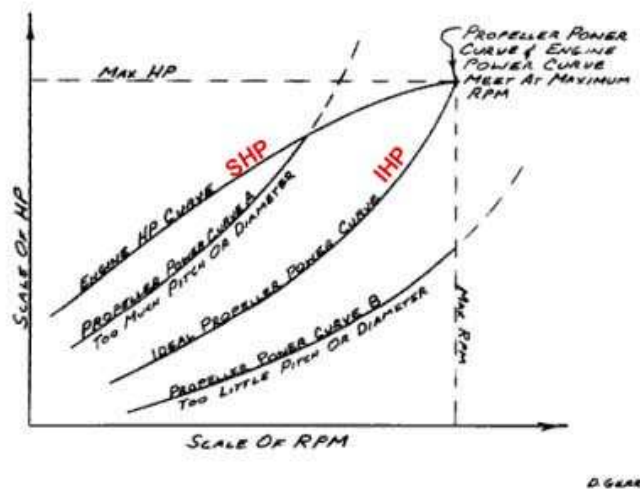
- **Brake Horse Power (BHP)** je snaga koju isporučuje motor i zavisi od broja obrtaja. Da li će maksimalna snaga motora biti obezbeđena na maksimalnom broju obrtaja ili ne, zavisi od tipa motora. Tu je prednost na strani elektromotora, o tome će biti reči kasnije.
- **Shaft Horse Power (SHP)** je snaga koju motor isporučuje vratilu elise. Razlika između BHP i SHP je u gubicima koji iznose oko 4-5%

$$SHP_{max} = 0.96 BHP_{max}$$

SHP_{max} bi trebalo da bude **veća od IHP**, kako bi imali rezervu snage motora ili snagu potrebnu za pokretanje dodatnih agregata na brodu.

Veza snage motora i snage elise

Ono što je bitno za razumevanje je da se krive promene snage u odnosu na broj obrtaja, kod elise i kod motora razlikuju. Idealno je da se te dve krive seku na maksimalnoj snazi motora.



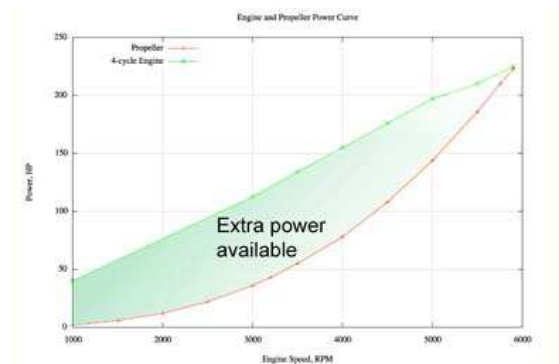
Kriva elise A:

Ako imamo elisu čija se kriva snage seče sa krivom snage motora ispod maksimalnog broja obrtaja, motor će biti preopterećen pri svakom broju obrtaja većem od tačke preseka krivih, što će dovesti do oštećenja motora (ventila cilindara motora). To je slučaj kada imamo elisu prevelikog prečnika ili koraka. Ako bi poredili sa automobilom, to bi bio slučaj da vozimo malom brzinom u velikom stepenu prenosa.

Kriva elise B:

Ako imamo elisu čija se kriva snage ne seče sa krivom snage motora do maksimalnog broja obrtaja, slučaj kada imamo elisu malog prečnika i koraka, motor će davati više snage od potrebe elise. Ako taj višak ne koristimo, doći će do overspeed-a motora, tj RPM će biti veći od onog koji proizvođač dozvoljava, što će dovesti do oštećenja motora, a pri tome samo uzalud trošimo gorivo. To je kao da vozimo auto u prvoj brzini.

U usaglašenom slučaju, na maksimalnom broju obrtaja, sva snaga motora će se koristiti za potrebe elise. Na manjem broju obrtaja imaćemo višak raspoložive snage.



Geometrijske karakteristike elise

Kretanje elise kroz vodu možemo posmatrati kao kretanje zavrtnja kroz drvo. Zavrtnj takođe ima svoj prečnik i korak. Zavrtnj sa sitnim navojem manje uđe u materijal kada ga okrenemo za jedan krug, nego zavrtnj sa krupnim navojem, to je korak.

Jasno je da zavrtnje zavrtnja većeg prečnika zahteva upotrebu veće sile, ali i zavrtnje zavrtnja istog prečnika, ali krupnijeg navoja takođe zahteva upotrebu veće sile.

- **Prečnik elise (Diameter)**

Elisa obezbeđuje silu potiska opstrujavanjem fluida oko krakova elise. Što je opstrujavana površina veća, to je i generisana **sila** veća. Ta površina definisana je konstrukcijom elise, a srazmerna je prečniku. Za trokraku elisu:

$$Diap_3 = Diap = 632,7 * \frac{IHP^{0,2}}{RPM^{0,6}}$$

Dvokraka elisa: $Diap_2 = 1,05 * Diap$

Četvorokraka elisa: $Diap_4 = 0,94 * Diap$

Vrh kraka elise bi trebalo da bude odvojen od trupa 15% diametra, a ne sme biti manji od 10%. U protivnom ćemo imati gubitke.

- **Korak (Pitch)**

Korak je dužinsko rastojanje koje elisa pređe za jedan svoj obrt. Pošto smo već definisali brzinu broda kojom želimo da se krećemo (V_b), **teorijski korak** izračunavamo sledećom formulom:

$$Ptct = 1519,5 * \frac{V_b}{RPM}$$

Realni korak je manji od teorijskog zbog klizanja elise. Klizanje zavisi od brzine kretanja (V_b), pa je realni korak elise koji obezbeđuje željenu brzinu:

$$Ptc = (1 + \eta_s) * Ptct$$

$$\eta_s = \frac{1.4}{V_b^{0,57}} - \text{koeficijent klizanja elise}$$

Vidimo da i u izračunavanju prečnika elise figuriše snaga i broj obrtaja. U dokumentu “Osnovi proračuna potrebne elise i motora” dati su obrasci za izračunavanje snage, gde možemo videti da ona zavisi od **deplasmana, brzine kretanja plovila i broja obrtaja elise**. Željena brzina i broj obrtaja elise su zajednički faktori koji se moraju uzeti u obzir pri izračunavanju potrebnog **i prečnika i koraka**. To znači da ako bi na istom brodu, npr. Elisu 13x10, zamenili elisom 13x12, ne bi dobili nikakvo poboljšanje performansi, osim u slučaju da je prethodna elisa bila neadekvatna.

Broj obrtaja elise direktno utiče na brzinu kretanja plovila i snagu koja se isporučuje plovilu, ali tu obrtnu brzinu ne možemo povećavati u beskonačnost pa čak i da imamo motor koji bi to mogao da postigne, jer imamo dodatne faktore ograničenja i povećane gubitke, usled čega koeficijent iskorišćenja snage elise opada.

- **Koeficijent iskorišćenja snage i Advance Ratio**

η_p – odnos snage koju elisa isporuči plovilu i snage koju dobije od motora

$$\eta_p = \frac{EHP}{IHP} = \frac{F * Vb}{M * \omega} = \frac{K_F * J}{K_M * 2\pi} \quad \text{— ovde koristimo SI jedinice mera}$$

$$K_F = \frac{F}{\rho * D^4 * n^2} \quad \text{— koeficijent potiska}$$

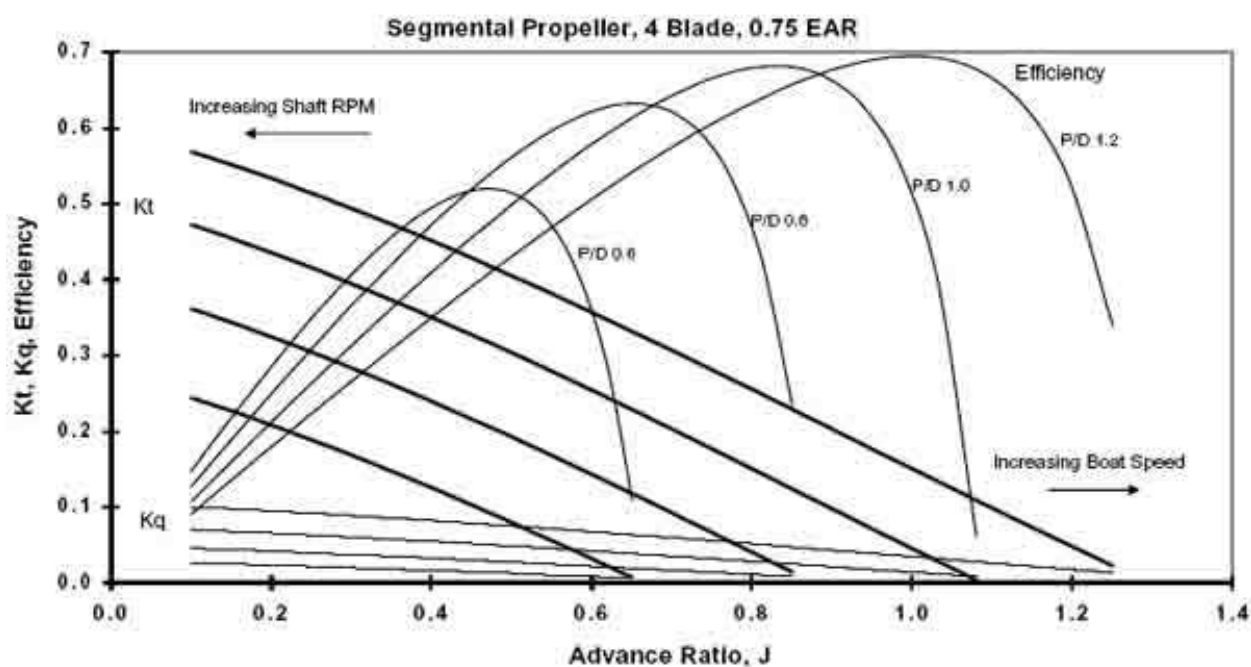
$$K_M = \frac{M}{\rho * D^5 * n^2} \quad \text{— koeficijent momenta}$$

$$J = \frac{Vb}{n * D} \quad \text{— Advance ratio}$$

$$p = \frac{Ptc}{Diap} \quad \text{— Pitch ratio}$$

Vidimo da Advance Ratio zavisi od brzine broda i prečnika elise, a na osnovu funkcije η_p dobijamo krivu zavisnosti $\frac{EHP}{IHP}$ od J - K_M - K_F :

Primer:



Odabir elise na osnovu plovnih karakteristika plovila

Zadatak elise jeste da ulaznu snagu koju dobije od motora konvertuje u izlaznu snagu i prenese plovilu.

Ulazna snaga je: $SHP = M \times \omega$

U kom odnosu momenta (**M**) i broja obrtaja (**ω**) će motor isporučiti tu snagu zavisi od karakteristika i tipa motora.

Izlazna snaga elise je: $EHP = F \times Vb$

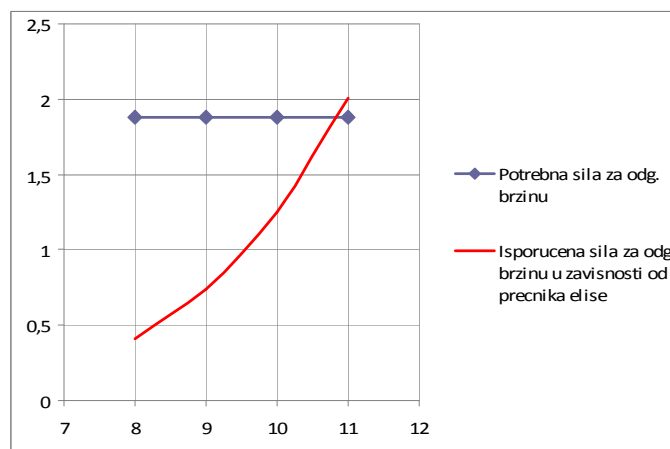
U kom odnosu sile (**F**) i brzine (**Vb**) će elisa predati tu snagu plovilu zavisi od konstruktivnih karakteristika elise, tj njenog prečnika i koraka.

Promena performansi plovila kao posledica promene elise

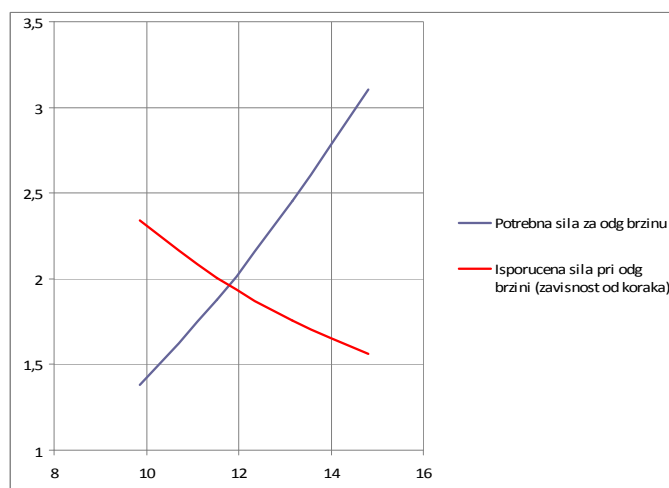
Sledi primer klasičnog deplasmanca sa pregledom performansi u slučaju zamene elise. Da bi bilo jasnije u prvom slučaju menjaju se elise istog koraka, a različitih prečnika. U drugom slučaju menjaju se elise istog prečnika, ali različitih koraka.

Ulazni podaci: Deplasman: 2000 lb
 SL RATIO: 1.34
 Maksimalni broj obrtaja elise: 2000 RPM
 Maksimalna snaga motora BHP: 12.7 HP
 Koeficijent iskorišćenja elise: 0.55

U dokumentu "Osnovi proračuna potrebne elise i motora" dati su obrasci za izračunavanje potrebne snage da bi se plovilo kretalo određenom brzinom. Njihovom primenom možemo izračunati silu (**F**), koju elisa predaje plovilu određenom brzinom (**Vb**), koristeći motor deklarisan snage (**BHP**). Pa ako dobijene rezultate grafički prikažemo, dobijamo sledeće krive:



Dijagram zavisnosti sile od prečnika elise sa zadržavanjem istog koraka



Dijagram zavisnosti sile od koraka elise sa zadržavanjem istog prečnika

Kao što je već navedeno odnos sile (**F**) i brzine (**Vb**) koje će elisa predati plovilu zavisi od konstrukcije elise, tj. odnosa njenog prečnika i koraka. Bez obzira za koju elisu se elisu opredelili, izlazna snaga (**EHP**) će **uvek biti ista** i zavisice samo od ulazne snage (SHP), tj. snage motora (**BHP**). Ono što ćemo promeniti postavljanjem elise drugačijeg prečnika i koraka je odnos generisane sile (**F**) i brzine (**Vb**).

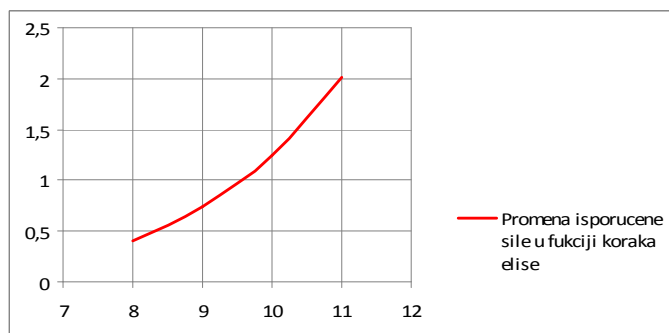
Iz prvog dijagrama vidimo da će povećanje prečnika uz zadržavanje istog koraka povećati silu koju elisa generiše, a da će sila potrebna za kretanje plovila ostati ista.

Iz drugog dijagrama vidimo da će povećanje koraka elise uz zadržavanje istog prečnika smanjiti silu koju elisa generise, a istovremeno će povećati potrebnu silu da bi se plovidba tom novom većom brzinom (usled povećanja koraka) obezbedila.

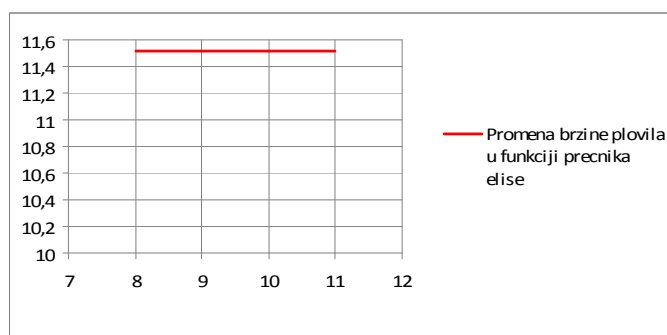
Tačka preseka ovih krivih definise nam pečnik i korak elise koja je našem plovilu potrebna.

Generisana sila i brzina

Primer 1: Posmatramo promenu isporučene sile i brzine u zavisnosti od prečnika elise, ali pri istom koraku. Ako te promene grafički prikažemo dobićemo sledeće krive:

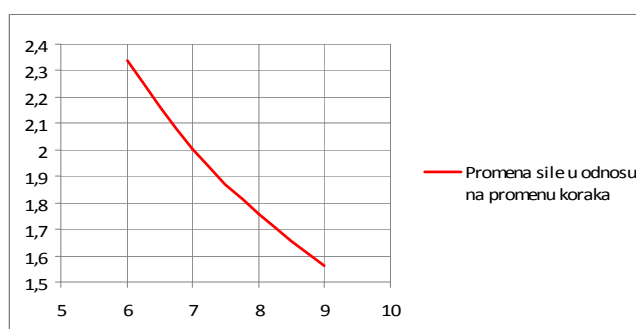


Promena isporučene sile plovilu, promenom prečnika elise bez promene koraka

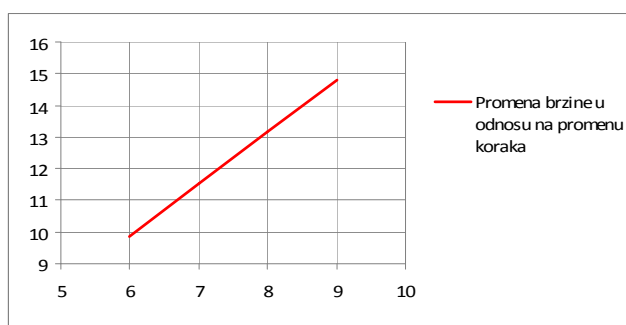


Promena brzine elise, promenom njenog prečnika bez promene koraka

Primer 2: Posmatramo promenu isporučene sile i brzine u zavisnosti od koraka elise, ali pri istom prečniku. Ako te promene grafički prikažemo dobićemo sledeće krive:



Promena isporučene sile plovilu u odnosu sa promenu koraka bez promene prečnika



Promena isporučene brzine u odnosu na promenu koraka bez promene prečnika

Obratite pažnju da sila nije svedena na N, već je u odnosu HP/Kn i da su dijagrami samo primer iz koga se može videti trend krivih.

Sublimacijom ova dva slučaja promene performansi, možemo za zadato plovilo za željenu brzinu i sa unapred definisanim motorom odrediti najoptimalniji odnos i potrebne veličine prečnika i koraka elise, a da pri tome ni ne opteretimo, ni ne prevrtimo motor. U kalkulacije možemo uvesti i najekonomičniji režim rada motora, te da i potrošnju goriva u slučaju SUS motora ili struje (autonomije) u slučaju elektromotora uzmemo u obzir.