

POKRETANJE PLOVILA TROSTEPENIM OSCILATOROM

Dr Zoran Marković, JP PTT Srbija, Novi Sad, 02. mart 2012.

REZIME - Cilj ovog rada je da pored objasnjenje funkcionisanja mehaničkog oscilatora, pokaže mogućnost primene kao pogona za plovila. Naime, malim ulaganjem energije za podsticaj oscilacija moguće je dobiti zadovoljavajuću pogonsku energiju za pokretanje čamaca i brodova.

Ključne reči: brzina, plovilo, kinetička energija, momenat, over-juniti, klatno.

1. UVOD

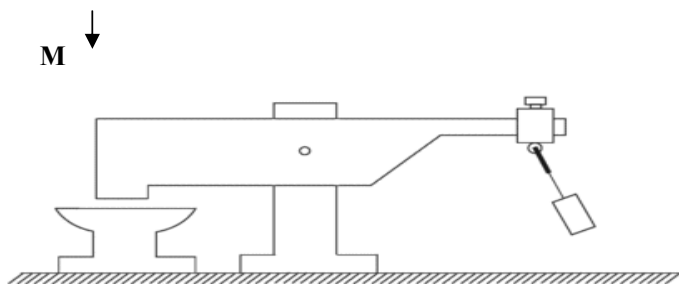
Ovaj rad ima za cilj da pored već utvrđenih karakteristika dvostepenog i trostepenog mehaničkog oscilatora, razmotri njihovu praktičnu primenu za pokretanje plovila. Naime, višak energije bi se mogao koristiti za pokretanje plovila raznih veličina i sa manjom uloženom energijom preći duži put. U prvom delu rada će se ponoviti neka razmatranja mehaničkih oscilatora, a u drugom deli razraditi ideja pogonskog mehanizma.

Ideja za korišćenje mehaničkog oscilatora kao pogona za plovila rodila se posmatranjem kretanja morskih sisara koji prave oscilacije repom i na taj način prave potisnu silu. Na isti način oscilacijama mehaničkog sklipa moguće je proizvesti potisnu silu sa relativno malom uloženom energijom.

2. KLATNO I OVER UNITY

U ranijim radovima nekoliko autora je pokušalo matematički opisati rad dvostepenog oscilatora akademika Veljka Milkovića. Međutim, uvek se previdi po neka činjenica jer je mehanizam jako složen za matematičko modeliranje i nije jednostavno utvrditi sve parametre koji utiču na sistem klatno-poluga.

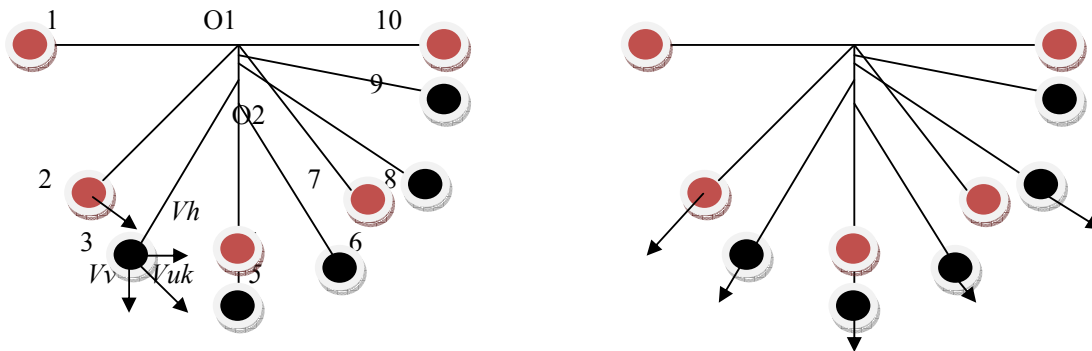
Dvostepeni oscilator Veljka Milkovića ima specifična svojstva i složena kretanja matematičkog klatna, poluge i mase na drugoj strani poluge.



Slika 1

Dakle, tačka vešanja klatna nije fiksna već se kreće gore-dole u zavisnosti od sila koje deluju na krajevima poluge. U takvoj situaciji klatno nema kružno kretanje već putanju koja je uslovljena parametrima poluge, masom klatna, masom na drugom kraju poluge i samim otklonom klatna. Zapravo, usled delovanja sile dolazi do pomeranja poluge i podizanja mase koja se nalazi na kraju poluge sa druge strane klatna. Na slici 2. prikazana je putanja klatna kada se tačka oslonca pomera gore-dole. Kod matematičkog klatna vektor brzine je normalan na krak klatna i promenljivog je inteziteta, sinusoidnog karaktera. Međutim, kada se tačka vešanja klatna pomera po vertikali (zanemariće se horizontalna pomeranja) tada vektor brzine nije više normalan na

krak klatna i intenzitet se uvećava za vertikalno kretanje malja klatna. Ono što još moramo uočiti jeste, da pomeranje tačke vešanja zavisi od niza parametara, da dužina njenog pomeranja zavisi od intenziteta sile zatezanja u trenutku ravnoteže sila na poluzi. Sa druge strane od tog intenziteta zavisi i ubrzanje tačke vešanja, vreme koje će se ona pomerati i na kraju pređeni put. Vraćanje tačke vešanja u gornji položaj neće se desiti na isti način jer su sile koje deluju u tim momentima drugačije pa je drugačije ubrzanje, odnosno vreme vraćanja u početni položaj. Trenutak pokretanja tačke vešanja naniže zavisi od otklona klatna i od dodatog ubrzanja u multim pozicijama (pozicije kada je brzina klatna jednaka nuli).



Slika 2. Kretanje malja klatna kada se pomera tačka oslonca, Kinetička energija malja i intenzitet centrifugalne sile

Predpostavimo da se tačka O počela pomerati na dole kada je klatno bilo u položaju 2 a vratila se u isti položaj kada je klatno u položaju 9, odnosno da je došla u položaj O2 kada je malj klatna stigao u položaj 6. Ako sada razdvojimo kinetičku energiju malja klatna prema komponentama brzine, videćemo da je horizontalna komponenta manja u poziciji 5 nego u poziciji 4, da nije bilo pomeranja tačke O. Vertikalna komponenta energije se troši na pomeranje poluge i podizanje mase M (dobija se potencijalna energija $Mg\Delta h$), ali spuštanjem mase M u početni položaj deo energije se vraća klatnu jer se smanjuje moment inercije i povećava obimna brzina. Dakle, nije tačna tvrdnja da poluga nema uticaja na energetski bilans klatna već je energetski bilans dvostepenog oscilatora stabilan ako masa M ima mek dodir kada se vraća u donji položaj. Kako to nije uvek moguće masa M udara o podlogu i dolazi do transformacije vertikalne komponente kinetičke energije u mehaničku energiju. U idealnom slučaju, kada bi se dogodilo trenutno pomeranje tačke O iz pozicije O1 u O2- kada je klatno u poziciji 5, odnosno vraćanje tačke O u gornji položaj kada je klatno u pozicijama 1 i 10, onda bi rad ukupne sile zatezanja u tački 5 bio sledeći:

$$E_5 = mg\Delta r + \frac{m v_5^2 \Delta r}{r}, \text{ gde je:}$$

- m-masa klatna;
- g- ubrzanje zemljine teže;
- Δr -rastojanje O1-O2 ;
- r-dižina poluge klatna i
- v_5 -brzina klatna u tački 5.

Sa druge strane energija potrebna za trenutno vraćanje tačke O u poziciju O1 jednaka je 0, jer je u tačkama 1 i 10 nema opterećenja u tački vešanja, odnosno možemo smatrati da je $m=0$.

Klatno je palo na niži nivo u poziciji 5 i izgubilo potencijalnu energiju $mg\Delta r$ koju treba nadomestiti da bi se klatno našlo u poziciji 10. Ukupan bilans rada ili energija je:

$$E = mg\Delta r + \frac{m v_5^2 \Delta r}{r} - mg\Delta r = \frac{m v_5^2 \Delta r}{r}$$

Dakle samo centrifugalna sila može proizvesti višak energije.

Kako pomeranje tačke vešanja nije trenutno već zavisi od više parametara tada se i energetski bilans menja shodno pozicijama klatna tokom pomeranja tačke vešanja. Kako je sila zatezanja vektorska veličina onda se uzima samo vertikalna komponenta sile i energetski dobitak je dosta manji od prikazanog idealnog slučaja.

Međutim, u analizi idealnog slučaja kada bi se tačka O pomerila trenutno uzimamo silu zatezanja kao zbir efekta zemljine teže i centrifugalne sile. U praksi je to drugačije jer kada se tačka vešanja pomera na dole dolazi do **gubitka centrifugalne sile** koji zavisi od ubrzanja tačke O. Naime, kada bi tačka O slobodno padala centrifugalna sila bi bila jednaka nuli, jer bi malj klatna nastavio pravolinijsko kretanje. Kako masa M na kraju poluge stvara otpor slobodnom padu tačke vešanja, delimično se zadržava intenzitet centrifugalne sile koja stvara Over Junity. Zato je u eksperimentima primećeno da je efekat bolji kada je pomeranje tačke vešanja manje, jer se manje smanjuje intenzitet centrifugalne sile. Sile deluju u kraćem vremenskom intervalu pa je srazmerno manji i izvršeni rad tih sila.

Da bi sistem funkcionisao, odnosno da bi se „ukrala“ vertikalna komponenta kinetičke energije potrebno je u pozicijama 1 i 10 dodati impulsne sile koje će malju klatna dati početnu brzinu i nadomestiti gubitak horizontalne komponente brzine malja, kako bi malj dostigao visinu pozicije 10. Treba primetiti da je potrebno mnogo manje energije uložiti za postizanje početne brzine klatna u pozicijama 1 i 10, nego što se dobije vertikalna komponenta kinetičke energije. Kako samo centrifugalna sila pravi višak energije a ona raste sa kvadratom brzine, onda je jasno da treba postići veću brzinu klatna u pozicijama 3, 5, 6, ali i manje ubrzanje tačke vešanja da bi se manje gubila centrifugalna sila. Sporije ubrzanje tačke vešanja se postiže sa većom masom na kraju poluge.

Takođe treba primetiti da, kada je klatno u poziciji 5., moguće horizontalno pomeranje tačke O sa malom količinom energije koja bi imala za cilj smanjenje momenta inercije i povećanje ugaone brzine klatna. Ako bi se horizontalno pomeranje tačke vešanja vršilo u suprotnom smeru od smera kretanja klatna dobio bi se efekat peglanja kružne putanje i smanjio efekat gubitka centrifugalne sile.

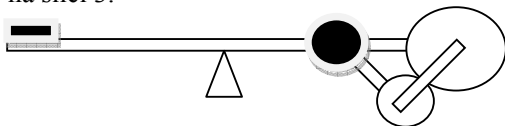
Veoma je teško opisati dinamiku malja klatna kada se dodaje početno ubrzanje u tačkama 1 i 10 jer se tada malj brže kreće i gravitaciona sila deluje u manjem vremenskom intervalu. Ako je početna brzina veća ranije dolazi do pomeranja tačke oslonca O i horizontalna komponenta brzine malja je manja, ali je zato vertikalna komponenta veća usled dužeg delovanja gravitacije i pomeranja tačke O je veće. Dakle imamo jedno složeno kretanje mase malja klatna koja za posledicu ima transformaciju dela viška kinetičke energije u mehanički rad.

Iz tih razloga teško je izračunati Over junity koji svakako postoji kod dvostepenog oscilatora Veljka Milkovića, jer se to eksperimentalno pokazalo. Zapravo uticaj gravitacije proizvodi novu energiju.

3. TROSTEPENI MEHANIČKI OSCILATOR

Ako prihvatimo tezu da višak energije proizvodi centrifugalna sila onda treba videti mogućnosti za njeno povećanje. Jedno od rešenja može biti trostepeni oscilator kako sledi:

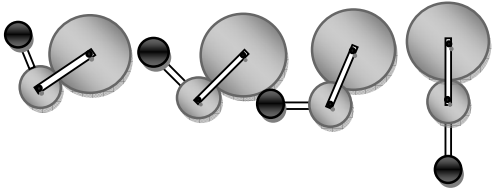
Naime, ako malju klatna damo još jedan stepen slobode i polugu klatna razdvojimo na dva dela uz zavisno kretanje drugog dela poluge u odnosu 1:2 onda dobijamo interesantan efekat. Konstrukcija bi bila skao na slici 3.



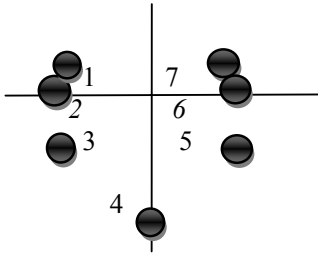
Slika 3. Trostepeni mehanički oscilator.

Veći zupčanik, čiji je centar u tački oslonca miruje jer bi bio fiksiran za glavnu polugu, dok je manji zupčanik fiksiran za polugu koja nosi, na drugom, kraju malj klatna. Kada poluga sa maljem i manjim zupčanikom osciluje onda se, usled povezanih sila (mali i veliki zupčanik su spregnuti), povećava obimna brzina malja klatna, njegova ukupna brzina ali i višestruko uvećava centrifugalna sila. Treba uočiti da je bitna i masa manjeg zupčanika jer ona doprinosi rotaciji malja i ukupnoj sili zatezanja, zato što i ona osciluje. Ovakva konstrukcija dodatno usložnjava matematički opis, pa je potrebno izvršiti ispitivanja na modelu koji bi imao promenljive parametre.

Na slici 4. Su predstavljeni položaji sklopa tokom četvrtine perioda oscilovanja.



Slika 4. Položaji klatna tokom oscilacije



Slika 5. Putanja malja klatna tokom oscilovanja

Ako nema pomeranja tačke vešanja tada bi trostepeni oscilator oscilirao poput matematičkog klatna, neprestano transformišući potencijalnu u kinetičku energiju i obrnuto.

Vidimo da je putanja malja klatna elipsastog oblika. U pozicijama 1, 2 i 3 malj se kreće gotovo vertikalno pa mu je komponenta ubrzanje približna slobodnom padu. U tim tačkama centrifugalna sila gotovo i da ne postoji jer je brzina manjeg zupčanika relativno mala. Međutim, od pozicije 3 do pozicije 5, značajno se povećava centrifugalna i ukupna sila zatezanja u tački vešanja. Ugaona brzina malja je dvostruko veća od ugaone brzine malog zupčanika. Uzmimo da je centar mase poluga u centru malog zupčanika pa je i njihova ugaona brzina ista kao i malog zupčanika. U poziciji 4 imamo najveći intenzitet sile zatezanja koji je jednak

$$F = m_z g + m_z r_1 \omega^2 + m_m g + 4m_m (r_1 + r_2) \omega^2 + m_p g + m_p r_3 \omega^2$$

Gde je:

m_z - masa malog zupčanika

m_m - masa malja

m_p - masa poluga klatna

ω - Obimna brzina malog zupčanika

g - gravitaciona konstanta

$r_1 = r_3$ - rastojanje između tačke vešanja i centra malog zupčanika

r_2 - rastojanje od centra malog zupčanika do centra mase malja

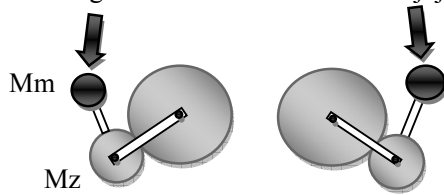
Ako jednačinu sredimo imamo da je

$$F = (m_z + m_m + m_p)g + (m_z r_1 + 4m_m (r_1 + r_2) + m_p r_3) \omega^2$$

Dakle, sila zatezanja zavisi od ukupne mase sklopa koji vrši kretanje, dužina poluga i od ugaone brzine koja zavisi od otklona klatna. Prvi sabirak je sila koja je proizvod delovanja zemljine teže i zavisi samo od mase sklopa. Drugi sabirak predstavlja centrifugalnu silu. Centrifugalnu silu povećavamo ako povećavamo ugaonu brzinu dodavanjem inicijalne brzine u pozicijama 1 i 7 kao na slici 6..

Početno ubrzanje dobija malj klatna ali i mali zupčanik tako da mali zupčanik sada nije kočnica ubrzanju malja, već naprotiv potpomaže njegovo ubrzanje što je povoljnije sa stanovišta funkcionisanja sklopa. Masa velikog zupčanika nije bitna sa stanovišta energetskog bilansa ali jeste važna ako razmatramo kretanje poluge. Naime, masa velikog zupčanika utiče na inercione karakteristike poluge i na ubrzanje tačke vešanja. Ako bi ta masa bila značajna onda bi tačka vešanja imala manje ubrzanje, ali i manje umanjeње centrifugalne

sile. Veća masa velikog zupčanika omogućava i veću masu na desnoj strani poluge pa se time potire njen uticaj na energetske bilans. Zato će se u daljoj analizi zanemariti masa velikog zupčanika.



Slika 6. Momenat delovanja spoljne sile

Ako dodajemo inicijalnu brzinu malju klatna, odnosno sklopu koji osciluje, onda je sila zatezanja u položaju 4 jednaka

$$F_i = (m_z + m_m + m_p)g + (m_z r_1 + 4m_m(r_1 + r_2) + m_p r_3)(\omega + \omega_i)^2$$

Odnosno,

$$F_i = (m_z + m_m + m_p)g + (m_z r_1 + 4m_m(r_1 + r_2) + m_p r_3)(\omega^2 + 2\omega\omega_i + \omega_i^2)$$

Sada možemo naći uvećanje sile zatezanja kao

$$F_u = (m_z r_1 + 4m_m(r_1 + r_2) + m_p r_3)(2\omega\omega_i + \omega_i^2)$$

Ako toj sili dozvolimo da izvrši rad na putu s (dužina pomeranja tačke vešanja) onda imamo:

$$R = F_i s$$

Dok rad koji treba uložiti da bi klatno nadoknadilo izgublenu energiju iznosi

$$R_d = (m_z + m_m + m_p)gs$$

Razlika izvršenog rada i dodatog rada over unity je:

$$R_{bi} = (m_z r_1 + 4m_m(r_1 + r_2) + m_p r_3)(\omega^2 + 2\omega\omega_i + \omega_i^2)s$$

Radi lakše analize zanemarimo mase poluga i pretpostavimo da je masa Mz (masa malog zupčanika) jednaka Mm (masa malja). U poziciji kao na slici 6., primećujemo da je ugao otklona Mz jednak 45° . U poziciji kao na slici sila gravitacije podjednako deluje na obe mase ali one primaju različita ubrzanja, odnosno manifestacija gravitacione sile je različita. Naime. Masa Mm prima maksimalan uticaj gravitacione sile dok masa Mz prima komponentu $g \sin 45 = 0,705g$. Dakle u navedenoj poziciji masa Mm gura masu Mz i ubrzava njeno kretanje. Sa druge strane, u jednom trenutku, horizontalno pomeranje Mz počinje da vuče masu Mm za sobom kada se usporava Mz . Kako masa Mz gubi ubrzanje smanjenjem ugla otklona sve više biva gurana od mase Mm jer ona ima blagu elipsastu putanju pa je njena komponenta ubrzanja približna slobodnom padu sve do otklona mase Mz od 30° . Tada masa Mm naglo poprima kružno kretanje i gubi ubrzanje.

Tokom „slobodnog pada“, uslovno rečeno, masa Mm je usporavana od mase Mz ali je dobila dovoljnu brzinu da u donjem položaju 4. ima 8 puta veću centrifugalnu silu od centrifugalne sile Mz (iz formula ako su Mm i Mz jednake i dužine poluga jednake).

Takođe treba uočiti da je bitna i masa manjeg zupčanika jer ona doprinosi rotaciji malja i ukupnoj sili zatezanja zato što i ona osciluje.

Postoji još jedan povoljniji efekat trostepenog oscilatora u odnosu na dvostepeni a to je koncentrisano dejstvo sile zatezanja u kraćem vremenskom intervalu. Zapravo, kada masa Mm počinje intenzivno kružno kretanje i kada poseduje dovoljnu brzinu, centrifugalna sila značajno raste. Isto tako i brzo opada kada se Mm počinje dizati.

I u ovom slučaju dolazi do gubitka na intenzitetu centrifugalne sile zbog pomeranja tačke vešanja ali je ono manje nego kod dvostepenog oscilatora jer putanja malja klatna ima zakrivljeniju putanju u tom vremenskim intervalima pa bi tačka vešanja trebala da pređe mnogo veći put da bi se centrifugalna sila izgubila. U okolini pozicije 5. centar rotacije malja jeste centar malog zupčanika pa je putanja malja zakrivljenija nego u ostalim pozicijama.

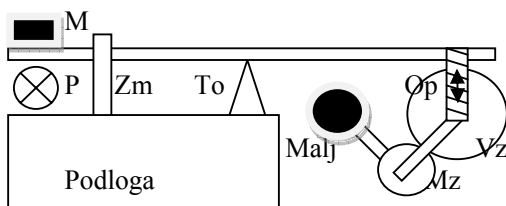
Veoma bi interesantno bilo izvršiti merenja karakteristika trostepenog oscilatora na realnom modelu i sa promenljivim parametrima (masa malja i malog zupčanika, dužina poluga i otklona) kao i vremensku raspodelu sile zatezanja. Pretpostavka je da trostepeni oscilator daje znatno veću silu zatezanja ali u kraćem vremenskom intervalu.

Posmatrajući eksperimente sa dvostepenim mehaničkim oscilatorom vidimo da su efekti različiti, da se ne može naći pravilo ili obrazac ponašanja i efekat viška energije. To je zato što smanjenje centrifugalne sile zavisi od niza parametara i što se sila zatezanja drastično smanjuje ukoliko tačka vešanja dobija veće ubrzanje

4. POVEĆANJE EFIKASNOSTI TROSTEPENOG OSCILATORA

Uočavanjem efekta smanjenja centrifugalne sile kada se tačka oslonca kreće naniže podstaklo me na razmišljanje: kako smanjiti taj gubitak a ne umanjiti efekat viška energije. Zapravo, treba naći pravi trenutak kada tačka vešanja treba da se pokrene, uzeti dovoljno energije kako bi se to kretanje tačke oslonca zaustavilo u željenom položaju i na kraju sa što manje energije tačka oslonca vratila u početni položaj.

Kada klatno počinje da dobija ubrzanje, tada su sile zatezanja u tački oslonca male, mala je centrifugalna sila i tačka oslonca miruje. Kako je cilj da se tačka oslonca počinje kretati što kasnije (da bi se centrifugalna sila što više uvećala) poželjno bi bilo zaključavanje poluge i njeno oslobađanje u najpovoljnijem trenutku. Sa druge strane, ostaje malo vremena za dejstvo sile zatezanja odnosno vršenje rada koje treba „ukrasti“ sistemu. Sve to me navelo da se u sistem uvede četvrti stepen slobode. Naime, tačka vešanja ne bi bila fiksirana za polugu već bi bila na opruzi koja bi bila drugim krajem vezana za polugu-kao na slici 7. Vertikalnim klizačem, u kome bi bila kruta opruga, sprečilo bi se horizontalno pomeranje centra velikog zupčanika.



Slika 7. Trostepeni oscilator sa 4 stepeni slobode-uprošćena šema

Gde su:

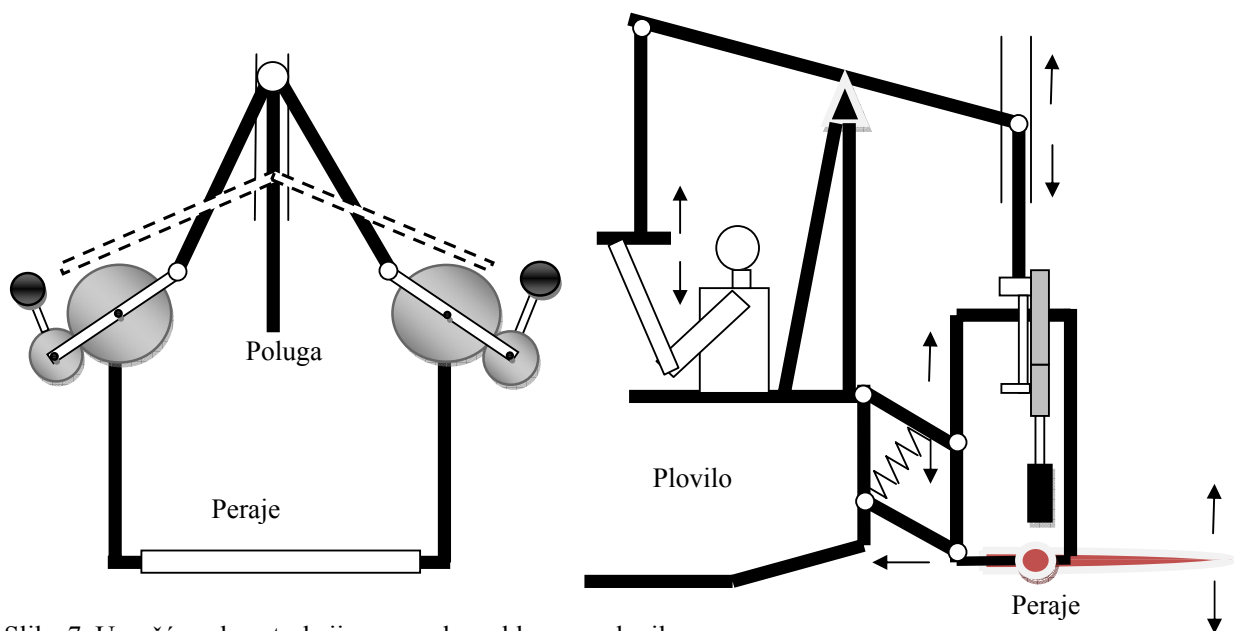
- M-masa na levoj strani poluge
- P-potrošač
- Zm-mehanizam za zaključavanje i otključavanje poluge
- To-tačka oslonca
- Op-čvrsta opruga
- Malj- malj klatna sa većom masom
- Vz-Veliki zupčanik
- Mz- mali zupčanik

Sklop kao na predhodnoj slici ima nekoliko pozitivnih efekata prilikom oscilacija.

Prvo, sila zatezanja odmah deluje na oprugu i polako je sabija dok je poluga zaključana i tako akumulira energiju koja se oslobađa istog trenutka kada se poluga otključa, čime se uvećava ubrzavanje tačke vešanja odnosno mogućnost da se „ukrade“ više energije. Sa druge strane efekat opruge je i u delu manjeg umanjavanja centrifugalne sile jer malj klatna prelazi manji put naniže od tačke vešanja na poluzi (za dužinu istežanja opruge) i samim tim manje deformiše svoju lučnu putanju. Zapravo, Malj se manje pomerio od tačke vešanja za dužinu istežanja opruge koja se pri otključavanju poluge počinje sabijati i vraćati sistemu akumuliranu energiju. Istina centrifugalna sila prilikom otključavanju poluge je manja nego da nema opruge, ali je za energetski bilans povoljnije da je ona manje promenljiva tokom vršenja rada. Dakle, očito bi se dobilo više izlazne energije na potrošaču.

5. PRIMENA TROSTEPENOG OSCILATORA KAO POGONSKA SILA ZA PLOVILA

U predhodnom izlaganju smo izneli „dokaze“ mogućnosti dobijanja viška energije prilikom podsticanja oscilacija dvostepenog i trostepenog mehaničkog oscilatora. Možda najveći problem jeste kako na najbolji način iskoristiti tu dobijenu energiju u praktične svrhe. Jedna ideja je da se trostepeni oscilator (ako prihvatimo tezu da je efikasniji) koristi za pokretanje plovila i to na način kako sledi:



Slika 7. Uprošćena konstrukcija pogonskog sklopa za plovila.

Vidimo da se sklop sastoji iz dva trostepena oscilatora spregnuta tako da imaju zavisna kretanja kako bi se poništavale inercijalne sile, odnosno kako bi se sprečilo horizontalno oscilovanje sklopa. Sklop će imati vertikalna kretanja usled oscilovanja trostepenih oscilatora i silu prenositi na peraje koje je za sklop vezano zglobno i omogućava pomeranja zadnjeg dela po vertikali. Na taj način se višak sile prenosi na peraje i dobija potisna sila koja gura plovilo napred isto kao kad kit pomera repno peraje i pliva kroz vodu. Polugom se dodaje sila i održava oscilovanje sklopa. Za manja plovila (čamci) dodavanje sile se vrši rukom a za veća se može napraviti konstrukcija koja će automatski održavati oscilovanje. Sila se dodaje kad su maljevi klatna bliži jedan drugom a može se napraviti konstrukcija da se sila dodaje u obe gornje mrtve tačke. Postoji nekoliko mehaničkih načina za dodavanje sile a na slici je predstavljen najjednostavniji način.

Pogledajte jednu interesantnu konstrukciju koja radi na sličnom principu ali gde je ipak potrebno uložiti mnogo više energije. http://www.youtube.com/watch?v=QYmXvjs_afY

6. ZAKLJUČAK

Zaključak je da postoji velika praktična primena mehaničkih oscilatora gde se višak energije može iskoristiti.

7. REFERENCE

- [1] Službeni sajt akademika Veljka Milkovića – Merenja energije, radovi Jovana Marjanovića
<http://www.veljkomilkovic.com/Oscilacije.htm> <http://www.pendulum-lever.com>
- [2] Gravity Assist http://en.wikipedia.org/wiki/Gravity_assist
Michael Minovitch <http://www.gravityassist.com>
- [3] Émilie du Châtelet
<http://www.pbs.org/wgbh/nova/einstein/ance-sq.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Émilie_du_Châtelet
- [4] Film „ $E=mc^2$ - Einstein and the World's Most Famous Equation“
deo 6/11 <http://www.youtube.com/watch?v=QhMYRPx6hR0>
deo 7/11 <http://www.youtube.com/watch?v=GYoez7TOd9s>
- [5] Dr Lazar Rusov, *MEHANIKA III, DINAMIKA*, Naučna Knjiga, Beograd, 1994.
- [6] Dr Zoran Marković, Dvostepeni oscilator kao kompresor
http://www.veljkomilkovic.com/Docs/dr_Zoran_Markovic_Dvostepeni_i_trostepeni_oscilator_kao_kompresor.pdf