

WAVE ENERGY CONVERSION POTENTIAL OF THE BALTIC SEA

BALTIJAS JŪRAS POTENCIĀLS VIĻŅA ENERĢIJAS PĀRVEIDOŠANAI

Līvs Kalniņš, *M.Sc.Ing*

Rīgas Tehniskā universitāte

Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūts

Adrese: Kronvalda Bulvāris 1, LV-1010, Rīga, Latvija

Tālrunis: +371 67089915

E-pasts: livs.kalnins@rtu.lv

Ansis Avotiņš,

Rīgas Tehniskā universitāte

Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūts

Adrese: Kronvalda Bulvāris 1, LV-1010, Rīga, Latvija

Tālrunis: +371 67089919

E-pasts: ansis@eef.rtu.lv

Jānis Greivulis, *Profesors, Dr.Hab.Sc.Ing*

Rīgas Tehniskā universitāte

Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūts

Adrese: Kronvalda Bulvāris 1, LV-1010, Rīga, Latvija

Tālrunis: +371 67089915

E-pasts: greivulis@eef.rtu.lv

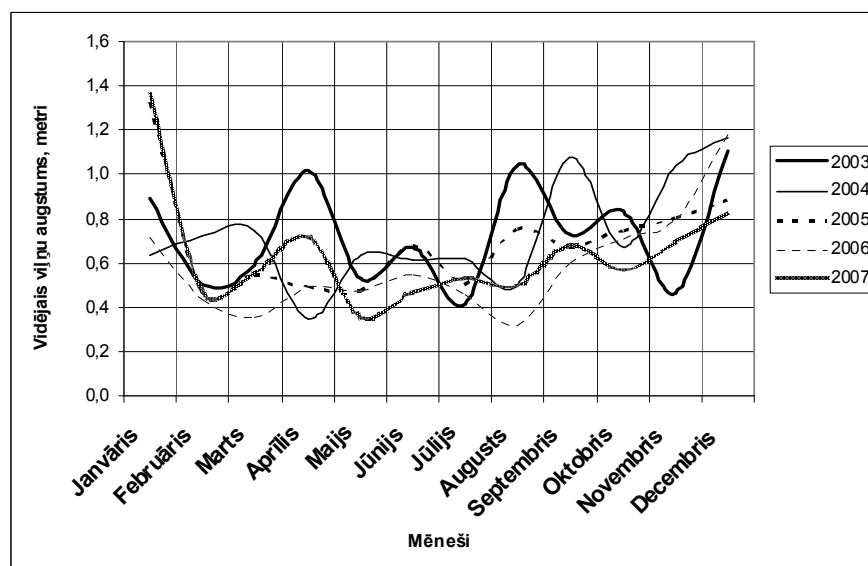
Atslēgas vārdi: Baltijas jūra, lineārais pastāvīgo magnētu ģenerators, viļņu enerģijas potenciāls

Ievads

Viļņu enerģija ir atjaunojamais resurss, kurš tiek aizvien plašāk pielietots. Līdz šim lielākā uzmanība ir pievērsta lielo okeānu ziemeļu grādiem, taču liela daļa potenciālās viļņu enerģijas ir atrodama arī seklākajos ūdeņos un mierīgākās jūrās, kā, piemēram, Baltijas jūrā.

Baltijas jūras potenciāls Ventspils piekrastē

Latvijas Republikas teritorijā Baltijas jūra tiek novērota vairākās mērījumu stacijās. Pēc Latvijas Vējenerģētiskā kadastra klasifikācijas visa valsts teritorija ir sadalīta četrās zonās, kur pirmajā tiek novērots vislielākais vēja ātrums, bet ceturtajā – vismazākais. Pirmajā zonā ietilpst Baltijas jūras piekraste no Liepājas līdz Kolkai, kā arī Vidzemes jūrmalas daļa no Salacgrīvas līdz Ainažiem. Lai novērtētu Baltijas jūras viļņu enerģijas potenciālu, tiek apkopoti jūras viļņu un vēja statistikas dati pirmajā zonā esošajai Ventspils piekrastei laika posmā no 2003. gada 1. janvāra līdz 2007. gada 31. decembrim, kur viļņu augstums un periods tiek mērīts vienu vai divas reizes diennaktī, bet vēja ātrums astoņas reizes diennaktī. Vidējie viļņu augstumi aplūkotajā laika posmā ir redzami 1. attēlā.



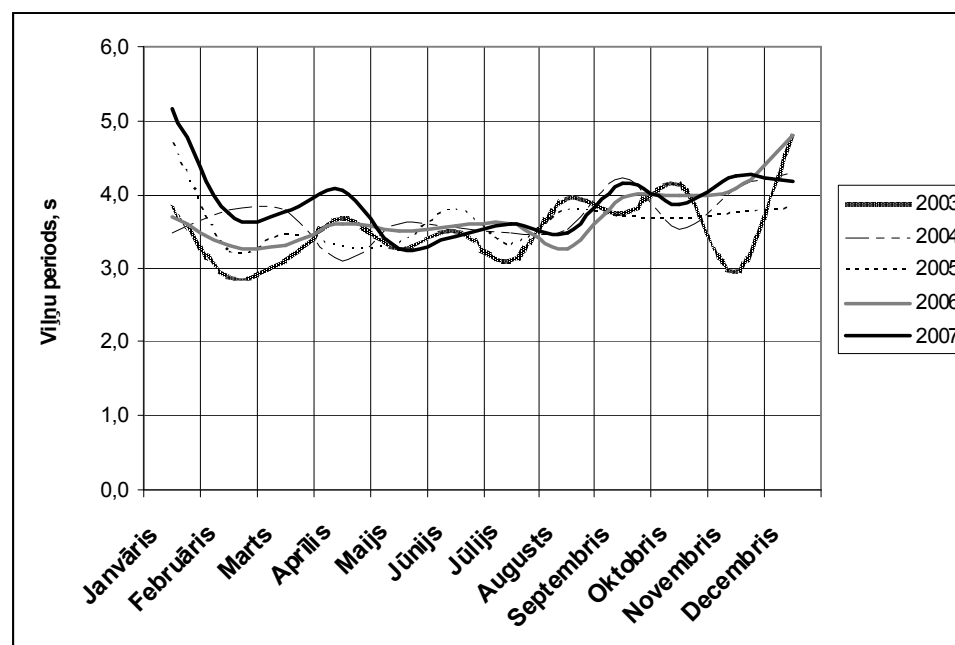
1. att. Vidējās viļņu augstuma vērtības Ventspils mērījumu stacijā laika posmā no 2003. gada janvāra līdz 2007. gada decembrim

Vidējās katra mēneša viļņu augstuma vērtības ir redzamas 1. tabulā, bet vidējais viļņu augstums visā aplūkotajā laika periodā ir 0,7 metri.

Vidējās viļņu augstumu vērtības laika posmam no 2003. gada janvāra līdz 2008. gada janvārim Baltijas jūras Ventspils piekrastē

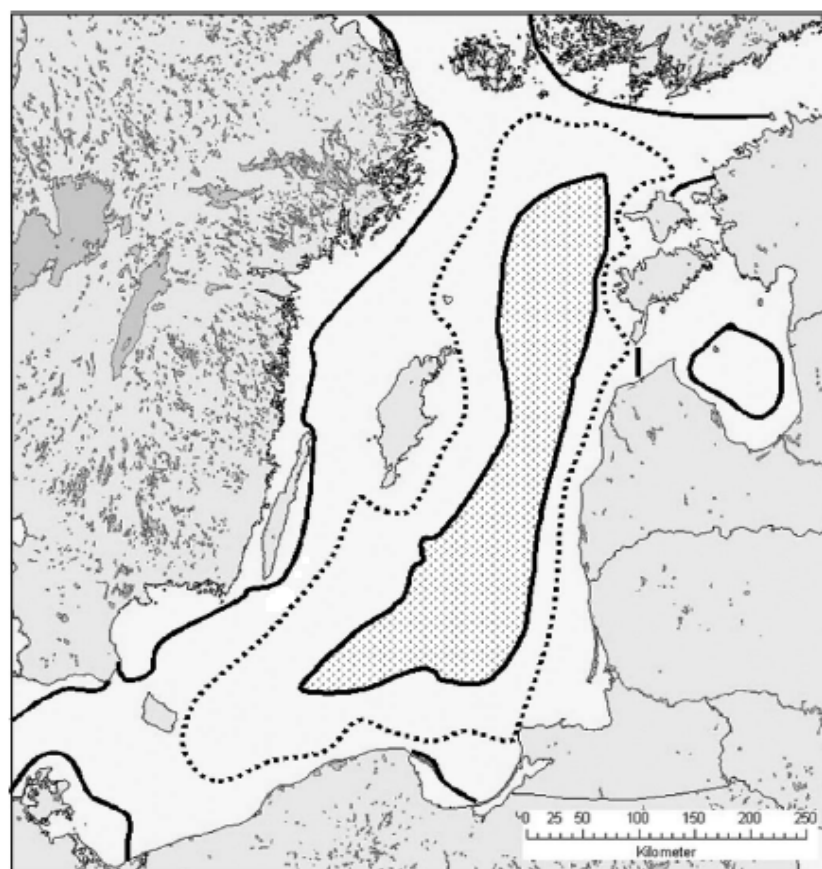
Mēneši	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vidējais viļņu augstums, <i>m</i>	1,0	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,8	0,7	0,8	1,0

Jūras viļņa enerģijas pārveidošanā liela loma ir ne tikai viļņu augstumam, bet arī viļņu periodam. Ventspils mērījumu stacijas novērotie viļņu periodi ir redzami 2. attēlā, kur redzams, ka viļņu periods pārsvarā ir robežās no 3 līdz 4 sekundēm, bet ziemas mēnešos tas mēdz palielināties un var būt no 4 līdz 5 sekundēm.



2. att. Vidējās viļņu perioda vērtības Ventspils mērījumu stacijā laika posmā no 2003. gada janvāra līdz 2007. gada decembrim

Raksturīgā viļņa augstuma pētījumus Baltijas jūrai ziemas periodā ir veikuši Zviedrijas Upsalas universitātes zinātnieki [1]. Iegūtie rezultāti ir redzami 3. attēlā, kur melnā līnija apzīmē viļņu augstumu 1 metrs, punktotā līnija apzīmē viļņu augstumu 1,6 metri, bet melnā līnija, kura ieskauj iekrāsoto laukumu, apzīmē viļņu augstumu virs 2 metriem. Līdz ar to var secināt, ka pārvietojot viļņu enerģijas pārveidotāju tālāk jūrā, pieaug absorbējamās jaudas apjoms un līdz ar to arī viļņu enerģijas pārveidotāja konstrukcija un izmēri.



3. att. Tipiskie Baltijas jūras viļņu augstumi ziemas periodā (1999. gada decembris): melnā līnija – 1 metrs, punktotā līnija – 1,6 metri, bet iekrāsotais laukums – 2 metri

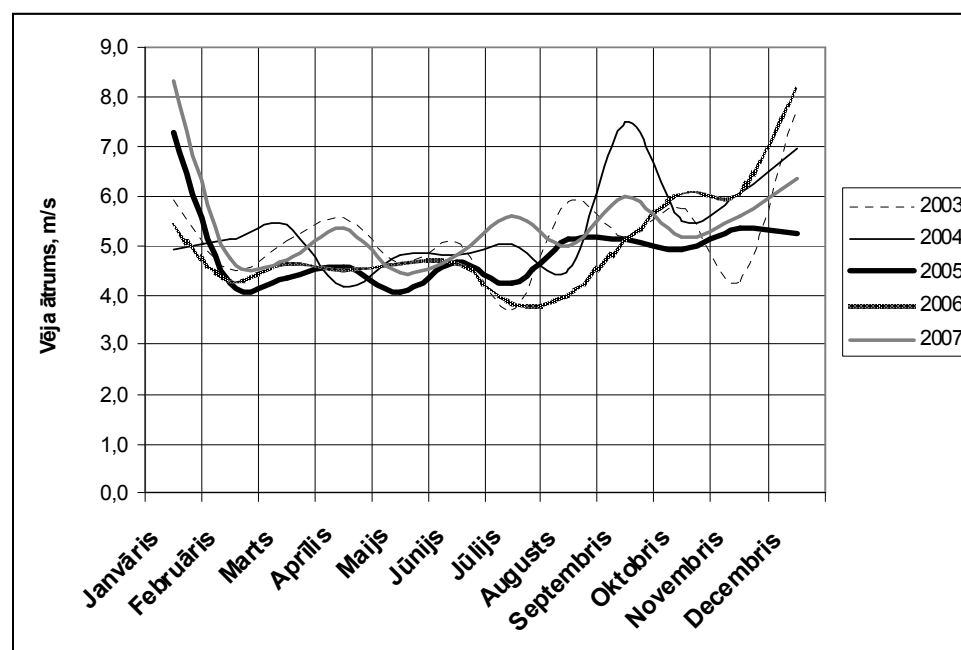
Galvenais viļņu radītājs ir vējš, tāpēc ir nepieciešams apkopot arī statistikas datus par vēja ātrumiem. Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Aģentūra veic vēja ātruma mērījumus astoņas reizes diennaktī. Lai noteiktu vidējo vēja ātrumu, tiek apkopoti visi astoņi diennakts mērījumi piecu gadu laikā un aprēķināti katra mēneša vidējie lielumi. Iegūtie rezultāti ir redzami 4. attēlā, kur apkopota vidējā vēja ātruma statistika Ventspils mērījumu stacijā.

Vidējās katra mēneša vēja ātruma vērtības ir redzamas 2. tabulā, bet visa aplūkotā laika perioda vidējais vēja ātrums ir 5,2 m/s.

Ņemot vērā iegūtos parametrus ir iespējams izstrādāt racionālo viļņu enerģijas pārveidotāju, kura raksturīgais periods sakristu ar jūras viļņa periodu tādējādi nodrošinot maksimālo enerģijas absorbciju.

Vidējās vēja ātruma vērtības Ventspils mērījumu stacijā laika periodam no 2003. gada janvāra līdz 2007. gada decembrim

Mēneši	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vēja ātrums, m/s	6,4	4,6	4,9	4,8	4,5	4,8	4,5	4,9	5,8	5,5	5,5	6,9



4. att. Vidējie vēja ātrumi Ventspils mērījumu stacijā laika posmam no 2003. gada janvāra līdz 2007. gada decembrim

Jūras viļņa īpašības

Jūras vilni var raksturot ar trīs profiliem [4] – tas var būt lineārs vilnis, nelineārs vilnis vai arī vilnim var būt gadījuma raksturs. Atkarībā no profila mainās arī pielietojamā viļņu teorija. Lineāram vilnim jaudu var noteikt

$$P = \frac{\rho g H^2 c_g b}{8} \quad (1)$$

kur

ρ – ūdens blīvums kg/m^3 ;

g – brīvās krišanas paātrinājums $9,8 m/s^2$;

H – viļņa augstums, m ;

c_g – viļņu grupas ātrums, m/s ;

b – viļņa muguras platums, m .

Nelineāram vilnim jaudas izteiksmē nāk klāt korekcijas faktors

$$P = \frac{\rho g H^2 c_g b}{8} \left(1 + \frac{9 H^2}{64 k^4 h^6} \right) \quad (2)$$

kur

k – viļņu skaitlis;

h – jūras dziļums aplūkotajā vietā.

Gadījuma rakstura vilnis tiek raksturots ar vēja ātrumu. Raksturīgā viļņa augstums tiek noteikts

$$H_s = 0,0213V^2 \quad (3)$$

kur

V – vēja ātrums, m/s .

Savukārt, viļņa vidējais periods tiek noteikts

$$\bar{T} = 0,641V \quad (4)$$

Lai panāktu maksimālo pārveidotāja efektivitāti, nepieciešams noteikt jūras viļņa garumu. Vispārīgā gadījumā jūras viļņa garumu nosaka no izteiksmes

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \operatorname{th} \left(\frac{2\pi h}{\lambda} \right) \quad (5)$$

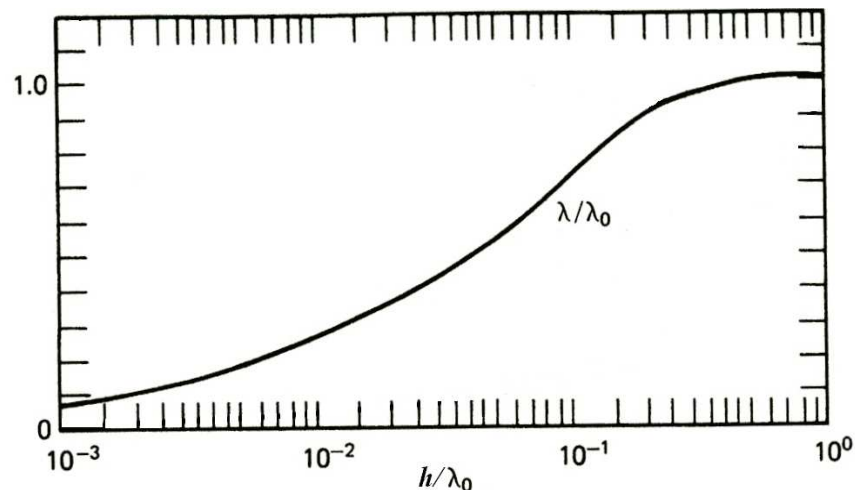
bet tā kā izteiksme (5) ir transcendentā, tad to nepieciešams risināt vai nu ar skaitliskām vai grafiskām metodēm [4]. Lai vienkāršotu aprēķinus tiek ieviesti termini *dziļš ūdens*, t.i., jūras apgabals, kur spēkā $h/\lambda \geq 1/2$, un *sekls ūdens*, t.i., jūras apgabals, kur spēkā $h/\lambda < 1/20$. Līdz ar to tuvināti var teikt, ka *dziļos ūdeņos* viļņa garums ir

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (6)$$

bet seklos ūdeņos

$$\lambda = T\sqrt{gh} \quad (7)$$

Vispārīgā gadījuma viļņa garums var tikt noteikts ar grafiskām metodēm, kur tiek noteikta viļņa garuma vērtība no izteiksmes (6) un tad atbilstoši no 5. attēlā redzamās līknes noteikts koeficients vispārīgā gadījuma viļņa garumam.



5. att. Grafiskā metode λ noteikšanai attiecībā pret dziļos ūdeņos aprēķināto λ_0

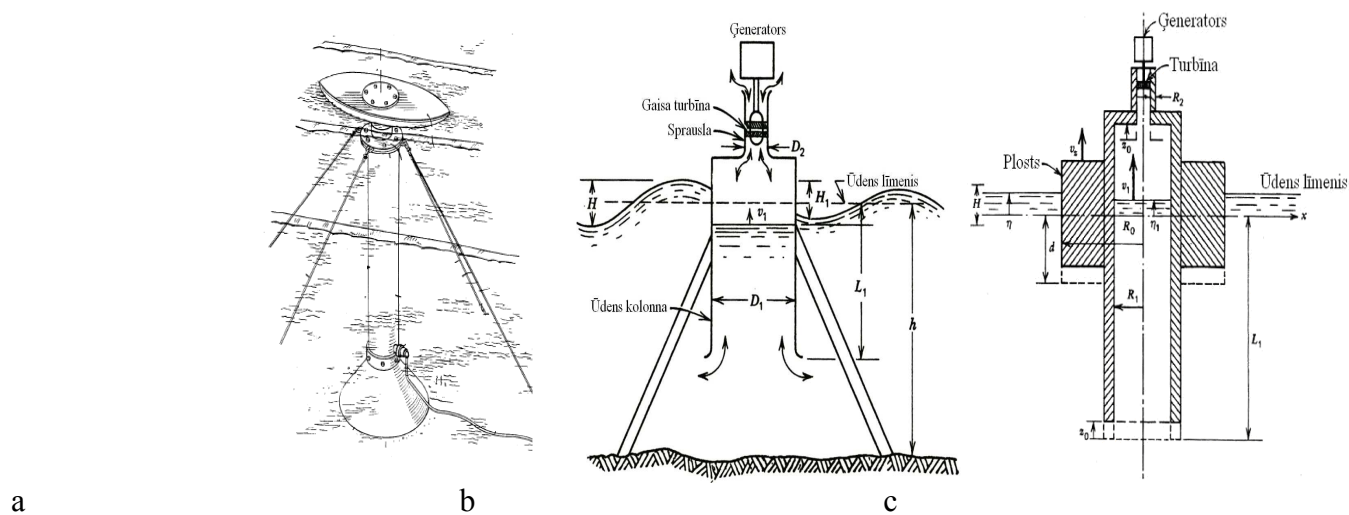
No apkopotajiem vēja ātruma statistikas datiem seko, ka raksturīgā viļņa augstums Ventspils mērījumu stacijas apkārtnē ir $H_S=0,6$ metri, bet vidējais viļņu periods ir $T_V=3,3$ sekundes. Dziļos ūdeņos aprēķinātais viļņa garums tad ir $\lambda=17$ metri. Jūras dziļums $h=5$ metri, līdz ar to attiecība $h/\lambda_0=0,3$. Pie šādas attiecības var noteikt savstarpējo λ/λ_0 attiecību, kas ir ap 0,9, no kā seko, ka λ aplūkotajā reģionā pie šādiem parametriem ir 15,3 metri.

Konstruktīvie risinājumi

Elektromehāniskās enerģijas pārvēršanai elektriskajā pastāv vairākas iespējas. Var izmantot rotācijas ģeneratorus ar pārnēsību sistēmu, kas nodrošina nepieciešamo rotācijas ātrumu, var izmantot hidrauliskas vai pneimatiskas piedziņas ģeneratorus, lineāros pastāvīgo magnētu ģeneratorus, kā arī pjezoelektriskos pārveidotājus. Jāatzīst, ka pēdējo efektivitāte ir zema, tādēļ tos nav racionāli izmantot.

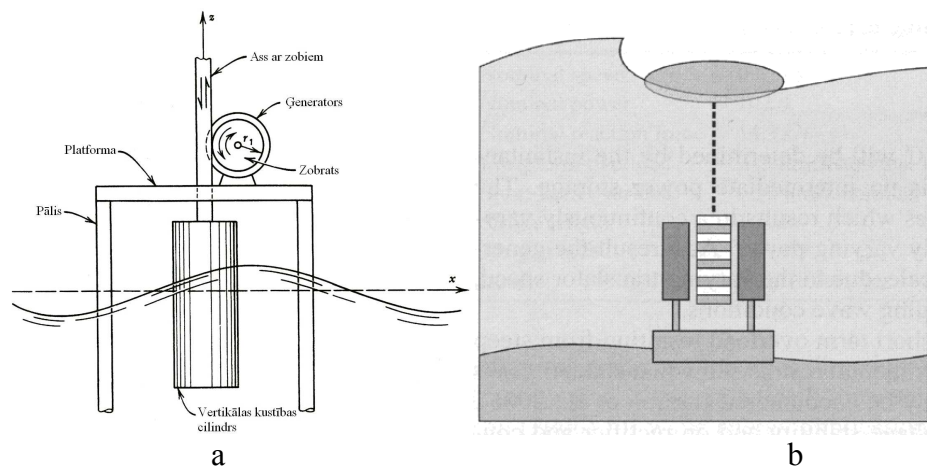
Baltijas jūras Ventspils piekrastes apgabala viļņu radītais kustības ātrums ir salīdzinoši zems, tādēļ racionāli izmantot lineāros pastāvīgo magnētu ģeneratorus, kuri ir piemēroti šādiem apstākļiem [2]. No Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Aģentūras datiem var redzēt, ka vēja virziens mainās vairākas reizes diennaktī, līdz ar to ir nepieciešams veidot pārveidotāja dizainu vai nu viļņu virziena nejutīgu, vai nu tādu, kas pierēgulējās atkarībā no virziena. Otrais risinājums ir sarežģītāks, taču efektīvāks viļņu absorbētājs.

Viļņu enerģijas pārveidotājus var iedalīt pēc to enerģijas absorbcijas veida. Kā primāro veidu var minēt vertikālās kustības pārveidotājus, kur var tikt izmantota vai nu tikai mehāniskā kustība (6. att. a) [5], vai nu spiediena kamera, kurā radītais spiediens griež turbīnu (6. att. b), vai nu risinājums, kur tiek izmantoti abi šie principi (6. att. c) [4]. Maksimālā jauda iegūstama, kad viļņu enerģijas pārveidotāja raksturīgā frekvence sakrīt ar viļņa frekvenci [4].



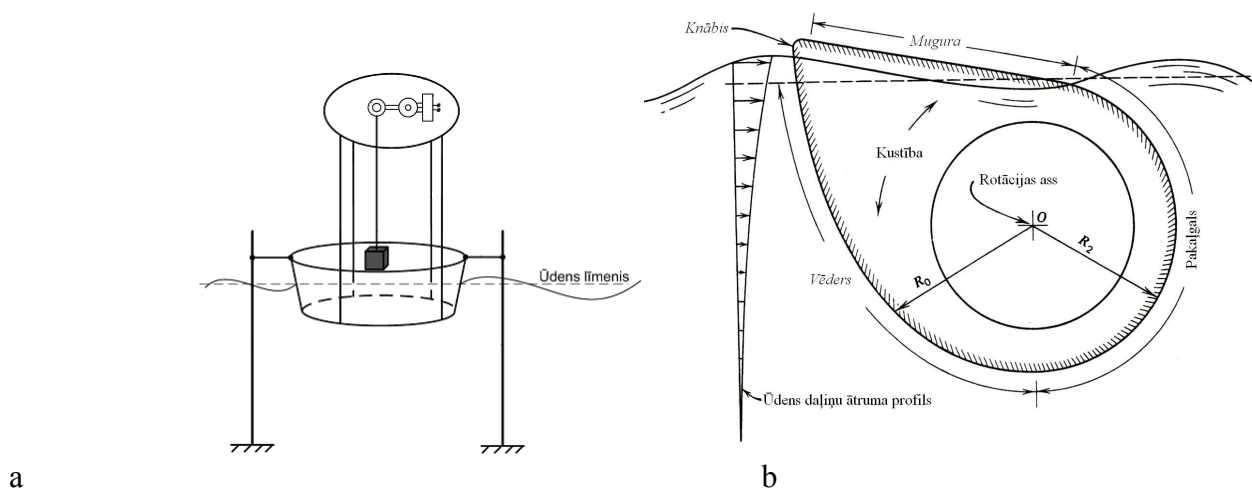
6. att. Vertikālās kustības viļņu enerģijas pārveidotāji

Vertikālās kustības enerģijas pārveidošanai elektriskajā var izmantot 7. attēlā a redzamu sistēmu [4] vai arī 7. attēlā b redzamo lineārā ģeneratora pielietojumu [2].



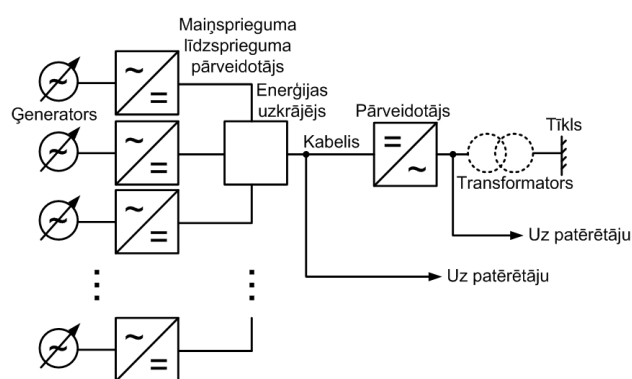
7. att. Vertikālās kustības pārveidotājs: *a* – ar zobratu sistēmu, *b* – ar lineāro pastāvīgo magnētu ģeneratoru

Svārstību un rotācijas kustības viļņu enerģijas pārveidotāji izmanto nevis plata vertikālo cilāšanos, bet svārstību [3, 4]. Šādiem pārveidotājiem ir svarīgi nodrošināt to, lai tie vienmēr atrastos šķērsvirzienā viļņu kustībai. Svārstību un rotācijas kustības pārveidotāji ir redzami 8. attēlā, kur *a* – viļņu enerģijas pārveidotājs, kas atšķirīgs ar to, ka svārstis ar inerces masu sajūgts ar mehānisko pārvadu, kas savienots ar elektriskā ģenerators vārpstu, bet mehāniskais pārvads, elektriskais ģenerators un elektriskās enerģijas pārveidotājs ievietoti gondolā, kura nostiprināta uz pontona statņa uzdotajā augstumā. Šāda pārveidotāja konstrukcija ļauj paaugstināt iekārtas darbības drošumu [3]. 8. attēlā *b* ir lielas jaudas, lielu izmēru un dziļiem ūdeņiem piemērots viļņu enerģijas pārveidotājs, kurš pazīstams kā *Saltera mājošā pīle* [4]. Šāda viļņu enerģijas pārveidotāja lielākais trūkums ir sarežģītā un dārgā konstrukcija.



8. att. Svārstību un rotācijas kustības viļņu enerģijas pārveidotāji

Liels progress galvenokārt magnētisko materiālu izveidē, kā arī energoelektronikā ļauj radīt risinājumus ar lineārajiem ģeneratoriem [2]. Tā kā tiek izmantota tiešā piedziņa, šiem ģeneratoriem ir zemi ātrumi, kas nozīmē, ka reakcijas spēkam līdz ar to ir jābūt daudzreiz lielākam kā sinhronajiem rotācijas ģeneratoriem. Lai iegūtu nepieciešamo reakcijas spēku, tiešās piedziņas ģeneratoram jābūt ievērojami lielākam kā augsto ātrumu ģeneratoram. Lineārā ģenerators rotora kustība ir abos virzienos un ātrums mainās – ir jāpanāk, lai rotors paātrinās un palēninās pie gala punktiem. Tas dod inducētajam spriegumam mainīgu frekvenci un daudzfāzu mašīnā arī fāzes maina savu kārtību, kad rotors maina virzienu. Līdz ar to tiešs lineārā ģenerators pievienojums tīklam nav iespējams – nepieciešams izmantot strāvas taisngriežus, lai to varētu pievienot 50 Hz tīklam. Iespējamais pieslēgums kopējam tīklam ir redzams 9. attēlā.



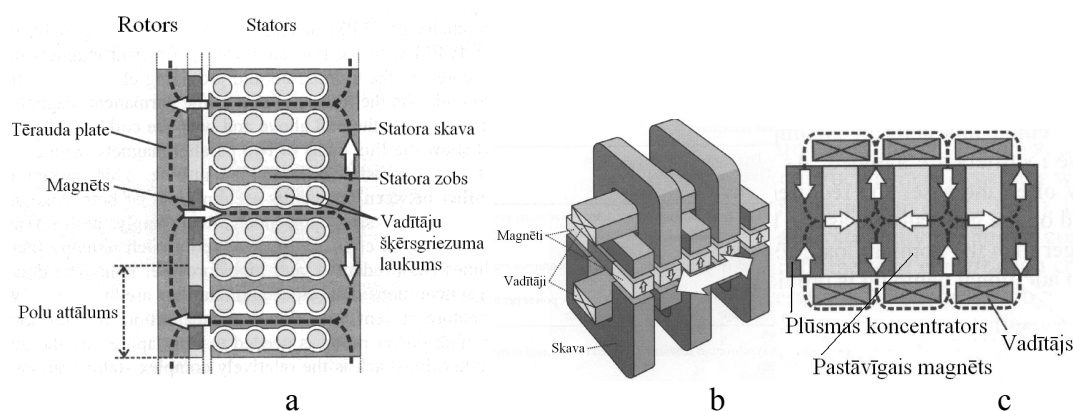
9. att. Tīkla pieslēgums lineāro ģeneratoru pārveidotājiem

Lineārais ģenerators sastāv no kustīgās daļas, rotora, uz kura ir piestiprināti magnēti ar pretēju polaritāti. Rotors veic lineāro kustību attiecībā pret stacionāro statoru, kurš satur enkura tinumus. Enkura tinumi sastāv no spoļu kopuma, kurām ir saistītas induktivitātes. Sinhronā induktivitāte L_S ir vienas fāzes pašinduktivitātes kombinācija ar kopēju citu fāžu nobīdīto induktivitāti. Sinhronā reaktīvā pretestība X_S veido sprieguma kritumu, kas ir izraisīts no pašierosinātās enkura plūsmas. Tā kā elektriskā frekvence mainās līdzīgi rotora ātrumam, tad sinhronā reaktīvā pretestība ir mainīgs parametrs.

Šobrīd eksistē daudz dažādu lineāro mašīnu tipu, no kuriem viļņu enerģijas pārveidotājiem piemēroti ir trīs – garenie pastāvīgo magnētu plūsmas ģeneratori, mainīgas pretestības pastāvīgo magnētu ģeneratori un gaisa dobuma cauruļveida pastāvīgo magnētu ģeneratori [2]. Garenā pastāvīgo magnētu plūsmas ģenerators nosaukums ir dēļ plūsmas, kura ir garenvirziena. Magnētiskās ķēdes šķērsriezums ir redzams 10. attēlā *a*, kur galvenā magnētiskā plūsma ir parādīta ar punktotu līniju un plūsmas virziens ir parādīts ar bultiņām. Magnētiskā plūsma no viena magnēta šķērso gaisa spraugu un tiek pārvadīta ar statora zobiem caur statora spolēm. Statora skavā plūsma tiek sadalīta divos ceļos, kas noslēdzas caur statora zobiem, pāri gaisa spraugai un caur blakus magnētiem. Rotora tērauda plate savieno magnētisko plūsmu magnēta aizmugurē. Šiem ģeneratoriem ir raksturīga maza reaktīvā pretestība, statora konstrukcija ir vienkārša un izturīga, taču ģenerators ģeometriju ierobežo statora zobu platums un vadītāja šķērsriezuma laukums dotajam polu attālumam. Būtisku iespaidu neatstāj svārstu un masas rādītāji.

Mainīgas pretestības un pretēju plūsmu pastāvīgo magnētu ģenerators ir redzams 10. attēlā *b*, kur attēlots divu pušu ģenerators ar rotoru pa vidu. Noslēgtu magnētisko plūsmu nodrošina C-veida serdes, kas ir gan augšpusē, gan apakšpusē. Šāds īpašs ģenerators izkārtojums nodrošina to, ka gan pastāvīgo magnētu, gan enkura tinumu plūsma var būt augsta, tajā pašā laikā saglabājot mazu polu attālumu. Šāda tipa mašīnas rada ļoti augstu spēku uz viena pola, bet to trūkumi ir relatīvi augstā sinhronā induktivitāte, tie ir paredzēti salīdzinoši lielām tinumu strāvām, nepieciešama fāzu kompensācija, kā arī tiem ir sarežģīta statora konstrukcija.

Jaunākais lineāro ģenerators veids, kurš ir piemērots viļņu enerģijas pārveidotājiem ir gaisa dobuma cauruļveida pastāvīgo magnētu ģenerators. Ģenerators šķērsriezums ir redzams 10. attēlā *c*. Šajā ģeneratorā magnēti ir magnetizēti ass virzienā un novietoti ar pretējiem plūsmas virzieniem. Plūsmas koncentratori ir novietoti starp magnētiem un mainīgs magnētiskās plūsmas lielums tiek inducēts ārpus rotora. Ir nepieciešamas izslēgt rotora ekscentritāti, lai nodrošinātu nemainīgu gaisa spraugu. Trūkums šādam ģeneratoram ir tas, ka ievērojami pieaug magnētiskā pretestība un samazinās magnētiskā plūsma.



10. att. Lineāro pastāvīgo magnētu ģeneratori: *a* – garenā pastāvīgo magnētu ģenerators šķērsriezums, *b* – mainīgas pretestības pretēju plūsmu pastāvīgo magnētu ģenerators, *c* – cauruļveida gaisa dobuma ģenerators šķērsriezums ar plūsmu ceļiem

Absorbējamās jaudas aprēķini

Par racionālo pārveidotāju var uzskatīt vertikālās kustības pārveidotāju ar apaļu plostu, kas līdz ar to nav vēja virziena jutīgs, var aprēķināt, kādu viļņa enerģijas jaudu šāds pārveidotājs ir spējīgs absorbēt [4].

Jau iepriekš tika noskaidrots, ka vidējais jūras viļņa periods ir 3,3 sekundes, augstums 0,6 metri, bet viļņa garums 15,3 metri. Pie šādiem jūras parametriem, lai nodrošinātu maksimālo plosta cilāšanās kustību, būtu nepieciešams izmantot plosta garumu, kurš ir 1,5 reizes lielāks par viļņa garumu, t.i., $L_{plosta}=23$ metri. Tajā pašā laikā jāņem vērā, ka ļoti svarīgi ir panākt, lai viļņu enerģijas pārveidotāja raksturīgais periods sakristu ar jūras periodu.

Aplūveida plosta cilāšanās kustības spēks tiek noteikts

$$F = \frac{\rho g H \pi R^2}{4} \left(1 - \frac{\pi^2 R^2}{2\lambda^2} \right) \left(e^{-2\pi d / \lambda} + 1 \right) \quad (8)$$

kur

R – plosta rādiuss, m ;

d – plosta ieegrime, m ,

bet vidējo jaudu viena perioda laikā var noteikt

$$P = \frac{F \omega Z_0}{2} \quad (9)$$

kur

ω – rotācijas leņķiskā frekvence, rad/s ;

Z_0 – vertikālās kustības garums, m .

Viļņu enerģijas pārveidotāja raksturīgais periods ir atkarīgs no tā pašmasas un pievienotās masas vērtībām, kas savukārt mainās no plosta diametra un ieegrimes. Lai iegūtu 3,3 sekunžu raksturīgo periodu nepieciešams mainīt šos parametrus. Tā, piemēram, pieņemot, ka plosta diametrs $D=13$ metri un tam nav ieegrimes d , tiek panākts raksturīgais periods 3,3 sekundes. Tā kā nav praktiski lietderīgi izmantot risinājumu bez ieegrimes, tad labāk izmantot kombināciju $D=9$ m un $d=0,8$ m vai $D=5$ m un $d=1,6$ m. Tā kā aplūkotajā teritorijā jūras dziļums ir tikai 5 m, tad labāk izmantot risinājumu ar mazāku ieegrimi. No tā seko, ka izmantojot (8) un (9) pie parametriem $h=5$ m, $\lambda=15,3$ m, $H=Z_0=0,6$ m, $T=3,3$ s, $D=9$ m, $d=0,8$ m absorbējamā jauda jūras vilnim perioda laikā ir $P=54,1$ kW. Šim pārveidotājam nav spēkā maksimālās cilāšanās kustības noteikums, kurš saka, ka $L_{plosta}=1,5 \cdot L_{vilnim}$, bet veidojot plostu ar tik lielu diametru nav iespējams panākt tā raksturīgā perioda vērtību 3,3 sekundes.

Secinājumi

Izstrādājot viļņu enerģijas pārveidotāju galvenais uzdevums ir panākt, lai pārveidotāja raksturīgā svārstību frekvence sakristu ar viļņu frekvenci. Viļņi mainās atkarībā no diennakts laika, gadalaika un laika apstākļiem. Kā pirmais tuvinājums ir veikta konkrētā reģiona meteoroloģisko datu retro analīze un noteikti vidējie viļņu raksturojošie parametri – viļņu augstums, viļņu periods, kā arī vēja ātrums. Pierādīts, ka jāņem vērā viļņu virziens.

Veiktā jūras viļņu parametru analīze un pārveidotāja optimālās konstrukcijas aprēķini ļauj secināt, ka Baltijas jūras viļņu enerģijas potenciāls Ventspils piekrastē ir pietiekams, lai veidotu jūras viļņu enerģijas pārveidotājus.

Literatūra

1. Bernhoff Hans, Sjöstedt Elisabeth, Leijon Mats. Wave energy resources in sheltered sea areas – A case study of the Baltic Sea, Elsevier Ltd., Renewable Energy 31, 2006. – 2164-2170 p.
2. Cruz João. Ocean Wave Energy – Current Status and Future Perspectives, Springer, Germany, 2008. – 431 p.
3. Greivulis Jānis. Jūras viļņu potenciālās enerģijas pārveidotājs, Latvijas patents uz izgudrojumu LV 13693 B, LR Patentu Valde, 20.04.2008. – 3 lpp.
4. McCormick Michael E. Ocean Wave Energy Conversion, Dover Publications, Inc., USA, 2007. – 233 p.
5. Neuenschwander V.L. Wave activated generator, United States Patent No.4539485, 1985. – 8 p.

Kalniņš L., Avotiņš A., Greivulis J. Baltijas jūras potenciāls viļņu enerģijas pārveidošanai

Darbā ir aprakstīts Baltijas jūras viļņu enerģijas potenciāls Ventspils piekrastē. Ir apkopoti statistikas dati par viļņu augstumu, periodu un vēja ātrumu laika posmam no 2003.gada janvāra līdz 2007.gada decembrim. Apskatīts arī zviedru zinātnieku veiktais pētījums par jūras viļņu augstumu Baltijas jūrā 1999.gada ziemā. Aplūkots jūras viļņu teorija lineāram, nelineāram un gadījuma rakstura vilnim un dotas jaudas aprēķina un arī vēja ātruma un viļņu parametru saistības formulas. Aplūkotās galvenās viļņu enerģijas pārveidotāju tehnikas, tai skaitā vertikālās kustības, rotācijas un svārstību enerģijas pārveidotāji. Dots pārskats par jaunākajām lineāro pastāvīgo magnētu konstrukcijām un pamatotas to priekšrocības un trūkumi. Nosakot visus saistītos parametrus, veikti aprēķini racionālā pārveidotāja izmēriem un noteikta šāda pārveidotāja iespējamā absorbētā jauda perioda laikā.

Aplūkoti dažādi viļņu enerģijas konverteru tipi, mehāniski, hidrauliski darbināmi ģeneratori un lineāras indukcijas ģeneratori, kas pārveido elektromehānisko enerģiju elektriskajā enerģijā. Šī temata ietvaros arī aplūkoti elektrisko parametru matemātiskie aprēķini un enerģijas strāvas pārveidotāju īpašības. .

Svarīgākais secinājums ir tas, ka Baltijas jūras viļņu potenciāls ir pietiekams enerģijas strāvas pārveidotājam, kā tas tika pierādīts ar pludiņa lieluma aprēķinu.

Kalniņš L., Avotiņš A., Greivulis J. Wave energy conversion potential of the baltic sea

The article is about one of alternative energy types – sea wave power. In the paper the necessity of alternative energy is reasoned, as well as a theory of sea wave and energy potential in the Baltic Sea. The Paper also includes considerations of wave energy converters and electromechanical energy conversion features. Particular focus is devoted to direct drive linear generators.

Calculation Section of the article comprises the analysis of statistical data of the Baltic Sea coastal area near Ventspils, calculations of equivalent wave parameters and computation of converter dimensions for a linear generator and pendulum converters.

The topic describes some principles of wave energy converter types and mechanically, pneumatically and hydraulically driven generators and linear induction generators, that converts electromechanical energy into electrical energy. This topic also describes mathematical calculations of electrical parameters and characteristics for such energy converters.

The most important conclusion drawn by the study is that the wave potential of the Baltic Sea is satisfactory for converting energy as it is proven by float dimension calculations.

Калниньш Л., Авотиньш А., Греивулис Я. Потенциал для преобразования энергии волн Балтийского моря

В статье рассмотрен потенциал энергии волн Балтийского моря на Вентспилском побережье- обобщены данные о высоте волны, периодичности и скорости ветра для периода с января 2003-го по декабрь 2007-го года. Также упомянуто исследование шведских ученых о высоте морских волн в Балтийском море за зимний период 1999-го года. Рассмотренная теория морских волн для волн линейного, нелинейного и случайного характера и формулы расчета мощности, а также формулы взаимосвязи скорости ветра и волновых параметров. Рассмотрены главные технологии преобразования волновой энергии, в том числе преобразователи энергии вертикального движения, вращения и колебания. Дано представление о новейших линейных постоянных магнитных конструкций и обоснованы их преимущества и недостатки. Определяя все связанные параметры, произведены расчеты для размеров рационального преобразователя и определена возможная абсорбирующая мощность такого преобразователя на время периода.

В статье рассмотрены основы нескольких конверторов волновой энергии и механически, гидравлически действующие генераторы и генераторы линейной индукции, которые преобразовывают электромеханическую энергию в электрическую энергию. Данная тема также описывает и характеризует математические расчеты электрических параметров и особенности преобразователя потока энергии.

Важнейший вывод это то, что потенциал волн Балтийского моря достаточен для преобразователей энергетического потока, что доказано расчетами.