

Vėjaračiai nedidelės galios vertikaliosios ašies vėjo jėgainei

Algirdas Gulbinas

*LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos
institutas, Raudondvaris,*

LT-54132 Kauno r.

El. paštas: gulbinas@mei.lt

Nedidelės galios vėjo jėgainės su vertikaliosios ašies vėjaračiais yra nesudėtingos konstrukcijos, tačiau dėl didelės masės, tenkančios galios vienetui (su Savonijaus rotoriais), ir netolygaus sukimo momento (su ortogonaliniais dvimenčiais vėjaračiais) ribojamas jų naudojimas.

Pateikiami vertikaliosios ašies vėjaračių, naudotinių nedidelės galios vėjo jėgainėse, veikimo tyrimai. Nustatyti Savonijaus rotorių, turinčių skirtingos formos mentes ir ortogonalinio dvimenčio vėjaračio sukimo momento kitimo dėsningumai. Ortogonalinio dvimenčio vėjaračio sukimo momentas kai kuriose padėtyse, judančio oro srauto atžvilgiu, yra nepakankamas, kad jis pradėtų sukintis savarankiškai be pradinio sukimo impulso. Savonijaus rotorių sukimo momentas yra tolygesnis, ypač su spiralinėmis mentėmis, negu ortogonalinių vėjaračių, tačiau dėl didelės jų masės, tenkančios galios vienetui, juos tikslinga naudoti tik mažose vėjo jėgainėse. Vėjo jėgainės dvimenčio ortogonalinio vėjaračio sukimo momento netolygumą galima sumažinti įrengus papildomą Savonijaus rotorių su tiesiomis mentėmis, tvirtinamą prie vėjaračio tam tikru kampu, šiuo atveju vėjaratis gali pradėti sukintis, be atskiro pradinio sukimo impulso.

Pasiūlyta nedidelės galios vėjo elektrinės su vertikaliosios ašies ortogonaliniu vėjaračiu bei papildomu Savonijaus rotoriumi schema.

Raktažodžiai: vertikaliosios ašies ortogonalinis vėjaratis, Savonijaus rotorius

1. ĮVADAS

Lietuvos Respublika, atsižvelgdama į Europos Parlamento ir Tarybos direktyvą 2001/77/EB „Dėl elektros, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo elektros energijos vidaus rinkoje“, įsipareigojusi iki 2010 m. elektros energijos gamybą iš atsinaujinančiųjų energijos šaltinių padidinti iki 7 % bendros elektros energijos suvartojimo (šiuo metu iš jų pagaminama apie 4,7 % elektros energijos, tarp jų vėjo elektrinėse – apie 1 %). Vykdamas šiuos įsipareigojimus, be hidroelektrinių, biudujų bei kogeneracinių biokuro elektrinių, Lietuvos vakarinėje dalyje, kur vėjo greičiai didžiausi, įrengiami vėjo elektrinių parkai, kuriuose statomos didelės galios – 2 MW ir galingesnės – vėjo elektrinės. Iki 2010 m. tokių elektrinių instaliuota galia turi siekti 200 MW. Tačiau įrengiant šiuos parkus, susiduriama su nemažais sunkumais. Aktuali tampa ir žemės plotų, kuriuose numatoma statyti vėjo elektrinių parkus, įsigijimo ar nuomos problema. Elektros energijos, kuriai gaminti naudojami atsinaujinantieji energijos ištekliai, gamybos ir pirkimo skatinimo tvarkos aprašo 2 priede (Valstybės žinios. 2001. Nr. 104-3713; pakeitimai – Valstybės žinios. 2005. Nr. 73-2651 bei Valsybės žinios. 2006. Nr. 100-3862) planuojama ir nedidelių, neviršijančių 250 kW galios, vėjo elektrinių statyba. Iki 2009 m. tokių elektrinių bendra instaliuota galia turėtų sudaryti iki 3,5 MW. Nedidelės galios elektrinės, kaip rodo išvystytą vėjo energetiką turinčių šalių, ypač JAV patirtis, gali pagaminti žymią dalį reikalingos elektros energijos [1]. Mažosios vėjo jėgainės nesunkiai integruojamos į aplinką kaimo

vietovėse ir jas galėtų įsirengti ūkininkai ar kiti kaimo vietovių gyventojai savo sodybų energijos poreikiams tenkinti. Lietuvoje mažajai vėjo energetikai galėtų būti neblogos perspektyvos, bet susiduriama su problema, kad naujos nedidelės galios vėjo elektrinės yra labai brangios. Jų santykinė kaina siekia iki kelių tūkstančių eurų už vieną kilovatą instaliuotos galios. Lietuvoje panašias elektrines būtų galima gaminti gerokai pigiau, bent kai kuriuos komplektuojančius mazgus, pavyzdžiui, vėjaračius, elektros konversijos sistemas.

Paprastos konstrukcijos ir nesunkiai pagaminamos yra vėjo jėgainės su vertikaliosios ašies vėjaračiais. Jėgainės su tokio tipo vėjaračiais nedidelės galios vėjo elektrinių rinkoje sudaro nemažą dalį [2, 3]. Šioms jėgainėms dažniausiai naudojami ortogonaliniai arba Darje (Darrieus) tipo vėjaračiai su profilinėmis mentėmis bei įvairių konstrukcijų Savonijaus (Savonius) rotoriais. Tačiau be privalumų, palyginti su įprastomis horizontaliosios ašies vėjo jėgainėmis, jos turi ir trūkumų: jų mažesnis galios koeficientas; nuolat kintantis vėjaračio sukimo momentas sukelia papildomas apkrovas jėgainės konstrukcijos elementams; kai kurių vėjaračių išvystomas sukimo momentas gali būti nepakankamas, kad jėgainė pradėtų veikti savarankiškai, be pradinio sukimo impulso.

Tyrimų tikslas – eksperimentiniais ir analitiniais tyrimais iširti ortogonalinio vėjaračio ir Savonijaus rotoriaus sukimo momentų kitimo dėsningumus, pagrįsti vertikaliosios ašies ortogonalinio vėjaračio ir papildomo Savonijaus rotoriaus tarpusavio padėtį, siekiant efektyviausio jų veikimo, pasiūlyti ver-

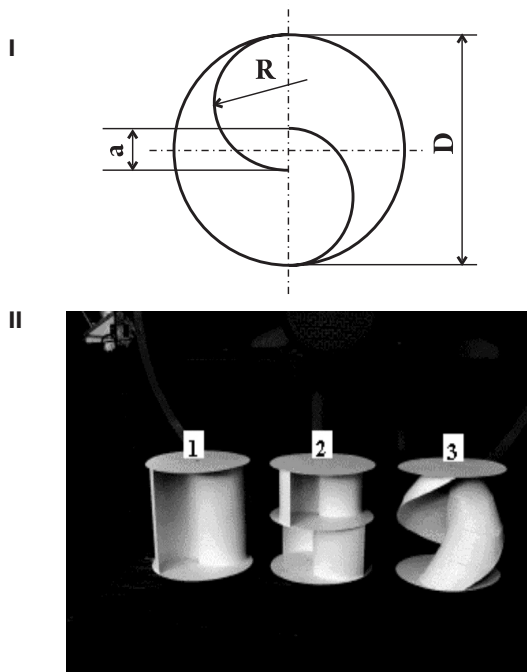
tikaliosios ašies nedidelės galios vėjo jėgainės su ortogonaliniu vėjaračiu bei papildomu Savonijaus rotoriumi schemą.

2. TYRIMŲ METODIKA

Tyrimų objektai – nedidelės galios vėjo jėgainių vėjaračiai su vertikaliąja ašimi. Tai Savonijaus tipo rotoriai ir ortogonalinis H formos vėjaratis.

Savonijaus rotorijų (1 pav. I) sudaro dvi pusapvalio lovio formos mentės, įtvirtintos tarp skritulio formos diskų. Nustatyta [4], kad optimalus rotoriaus skersmens D , menčių profilio spindulio R , tarpo tarp menčių a ir rotoriaus aukščio H ryšys yra: $R = D/3,7$; $a = 0,3R$; $H = D$. Tyrimai atlikti su trimis Savonijaus rotorijų modeliais, turinčiais skirtingas mentes (1 pav. II). Šių rotorijų skersmuo $D = 250$ mm, aukštis $H = 250$ mm, menčių profilio spindulys $R = 67$ mm, tarpas tarp menčių $a = 20$ mm.

Ekspimentiniai tyrimai su Savonijaus rotorijų modeliais atlikti specialiaame stende – aerodinaminiam vamzdyje (2 pav.).



1 pav. Savonijaus rotoriaus schema (I) ir vėjaračių modeliai (II):

D – vėjaračio skersmuo; R – menčių profilio spindulys; a – tarpas tarp menčių;
1 – rotorius su tiesiomis mentėmis; 2 – su mentėmis dviejose sekcijose, persuktose 90° kampu; 3 – su spiralinėmis mentėmis

Ekspimentinių tyrimų metu matuotas vėjaračio modelį aptekancio oro srauto greitis ir nustatytas vėjaračio išsvystomas sukimo momentas. Sustabdyto vėjaračio sukimo momento nustatymui, kas 15 laipsnių buvo keičiamas jo pasisukimo kampas aptekancio oro srauto atžvilgiu ir dinamometru matuojama jo traukos jėga.

Tiriamas rotoriaus modelis turi būti aerodinamiškai panašus į natūralų vėjaratį [5]: t. y. jie turi būti geometriškai panašūs (linijiniai matmenys proporcingi); modelio ir natūralaus vėjaračio padėties oro srauto atžvilgiu turi būti vienodos; bandymų turi būti išlaikoma sąlyga:

$$Re = \frac{vD}{\gamma} = \frac{v_1 D_1}{\gamma}; \quad (1)$$

čia Re – Reinoldso skaičius;

v – natūralų vėjaratį aptekancio oro srauto greitis m/s;

v_1 – modelį aptekancio oro srauto greitis m/s;

D – natūralaus vėjaračio būdingas matmuo (skersmuo) m;

D_1 – vėjaračio modelio būdingas matmuo (skersmuo) m;

γ – oro klampio kinematinis koeficientas m^2/s .

Kadangi natūralus vėjaratis ir modelis veiks ore, kurio kinematinio klampio koeficientą abiem atvejais galima laikyti vienu ($\gamma = 1,45 \cdot 10^{-5} m^2/s$), todėl iš (1) išraiškos nustatomas modelį aptekancio oro srauto greitis v_1 (m/s):

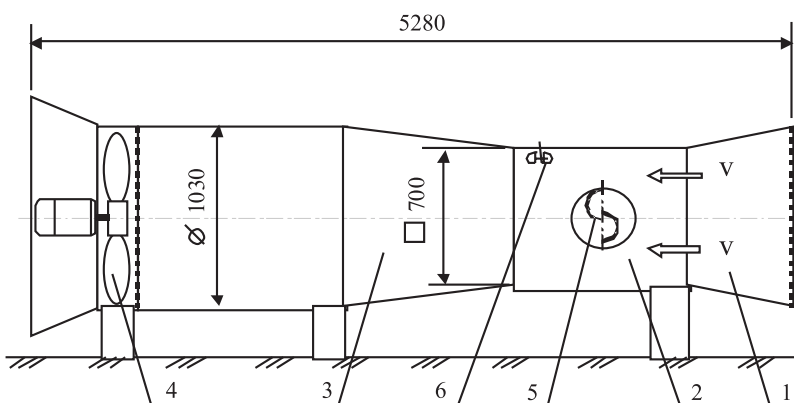
$$v_1 = \frac{D}{D_1} v. \quad (2)$$

Tarkime, kad vėjaračių rotorijų modeliai yra penkis kartus mažesni negu natūralus vėjaračio, t. y. $D = 5D_1$. Vėjo greitis, kuriam esant nedidelės galios vėjaratis pasiekia vardinę galią, paprastai yra 7–8 m/s, todėl oro srauto greitis aerodinaminiam vamzdyje, atsižvelgiant į (2) išraišką, turėtų būti $v = (35–40)$ m/s.

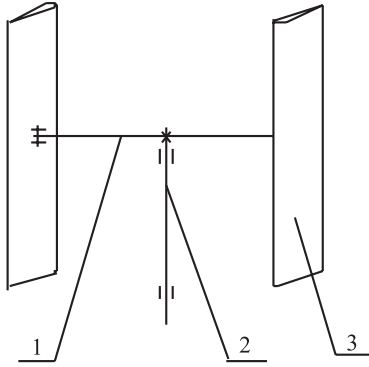
Kitas tyrimų objektas – nedidelės galios vėjo jėgainės dviementis ortogonalinis H pavidalo vertikalsiosios ašies vėjaratis (3 pav.).

Vėjaratis turi skersinį, per vidurį nejudamai sujungtą su vertikaliąja ašimi. Skersinio galuose pritvirtintos simetrinio profilio WORTMAN FX–L150/25 mentės. Mentės aerodinaminė styga – 0,566 m, mentės ilgis (aukštis) – 3,39 m, vėjaračio skersmuo – 6,78 m, mentės vienos pusės plotas – 1,92 m^2 .

Ortogonalinio vėjaračio sukimo momentas T (N m) nustatomas analitiškai:



2 pav. Aerodinaminio vamzdžio schema: 1 – prieškameris; 2 – darbinė kamera; 3 – difuzorius; 4 – ventiliatorius; 5 – tiriamas modelis; 6 – oro srauto greičio daviklis; v – srautas



3 pav. Ortogonalinio vėjaračio schema: 1 – skersinis, 2 – vertikaloji ašis, 3 – mentė

$$T = (F_{t1} + F_{t2}) D/2; \quad (3)$$

čia F_{t1} ir F_{t2} – pirmos ir antros menčių išvystoma traukimo jėga N; D – vėjaračio spindulys m.

Nustatyta [6], kad besisukančio vėjaračio vienos mentės išvystoma traukimo jėga F_p , veikianti mentės judėjimo apskritimu liestinės kryptimi, yra:

$$F_t = S \frac{\rho u^2}{2} \left[c_y \frac{v \sin \varphi}{u} - \left(c_x + \frac{c_y^2}{\pi \lambda} \right) \cos \arcsin \frac{v \sin \varphi}{u} \right]; \quad (4)$$

čia S – mentės plotas m^2 ; ρ – oro tankis kg/m^3 ; paprastai vėjaračių aerodinaminuose skaičiavimuose pasirenkama $\rho = 1,25 kg/m^3$ (esant $10^\circ C$ temperatūrai ir $760 mm Hg$ slėgiui); v – oro srauto greitis m/s ; u – oro srauto aptekancio mentę greitis m/s ; φ – vėjaračio pasisukimo kampas laipsniais; λ – mentės proilgis, $\lambda = l^2 / S$; l – mentės ilgis m ; c_y ir c_x – mentės keliamosios ir pasipriešinimo jėgos koeficientai, priklausantys nuo mentės profilio formos bei geometrinių matmenų, atakos kampo ir Reinoldso skaičiaus.

Kai vėjaratis nesisuka, $u = v$, ir tuomet mentę veikianti traukos jėga bus:

$$F_t = S \frac{\rho v^2}{2} \left[c_y \sin \varphi - \left(c_x + \frac{c_y^2}{\pi \lambda} \right) \cos \varphi \right]. \quad (5)$$

Iš (3) ir (5) išraiškų nustatomas vėjaračio sukimo momentas, kampui φ kintant 15 laipsnių intervalu nuo 0 iki 360 laipsnių.

Skaičiuojama vėjaračiui, kurio matmenys, kaip ir Savonijaus rotoriams, sumažinami penkis kartus, palyginti su natūraliu, t. y. mentės aerodinaminė styga – $0,113 m$, mentės ilgis (aukštis) – $0,678 m$, vėjaračio skersmuo – $1,356 m$, mentės plotas – $0,0766 m^2$. Oro srauto greitis pasirenkamas toks pats, kaip Savonijaus rotorijų eksperimentiniuose tyrimuose – $35 m/s$.

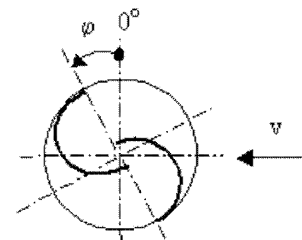
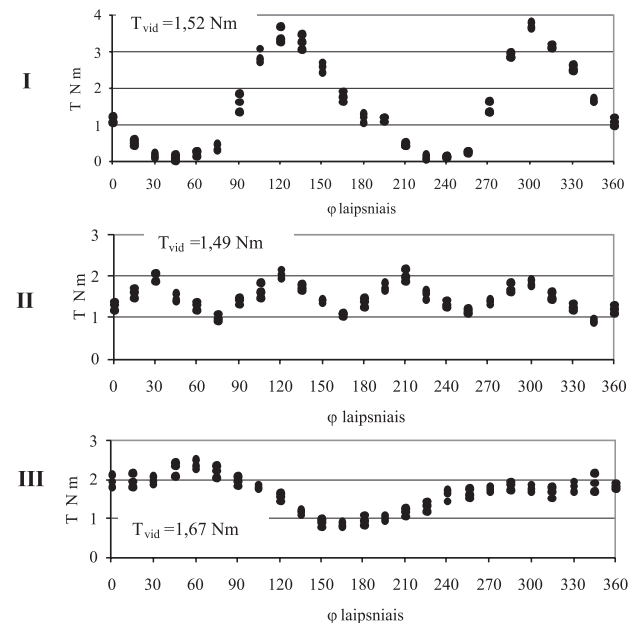
3. TYRIMŲ REZULTATAI

Savonijaus rotorijų modelių sukimo momentų priklausomumas nuo jų pasisukimo kampo aptekancio srauto atžvilgiu nustatytas atlikus eksperimentinius tyrimus aerodinaminiam vamzdyje. Oro srauto greitis vamzdyje $v = (33-36) m/s$. Tyrimų rezultatai pavaizduoti 4 pav.

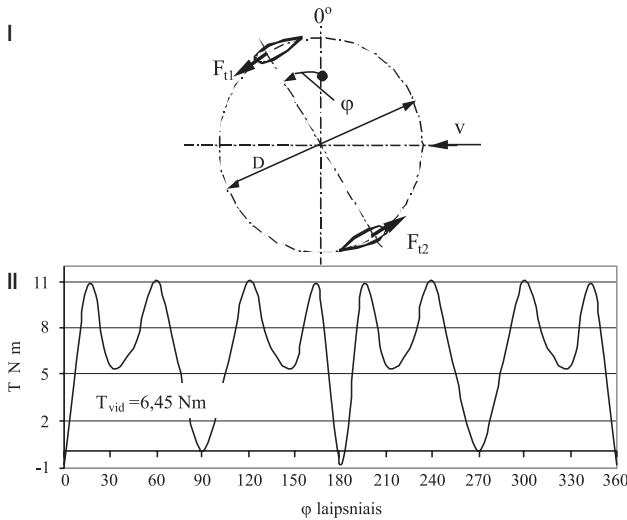
Paprasčiausia Savonijaus rotoriaus konstrukcija yra su tiesiomis mentėmis (1 pav. 1 modelis). Tačiau, kaip matyti 4 pav.

I grafike, labai netolygus tokio rotoriaus sukimo momentas. Rotoriaus padėtyse, kai pasisukimo kampas 45° ir 225° , sukimo momentas gali būti nepakankamas, kad jis pradėtų sukintis savarankiškai. Daug tolygesnis sukimo momentas rotoriaus su tiesiomis mentėmis, išdėstytomis dviejose sekcijose, persuktose 90° kampu (1 pav. 2 modelis). Šio modelio sukimo momento priklausomumas nuo vėjaračio pasisukimo kampo pavaizduotas 4 pav. II grafike. Visose rotoriaus padėtyse sukimo momentas yra pakankamas, kad jis galėtų pradėti sukintis, tik šio rotoriaus yra kiek mažesnis vidutinis sukimo momentas, negu 1 modelio. Tolygiausias ir didžiausias vidutinis sukimo momentas, pavaizduotas 4 pav. III grafike, yra rotoriaus su spiralinėmis mentėmis (1 pav. 3 modelis).

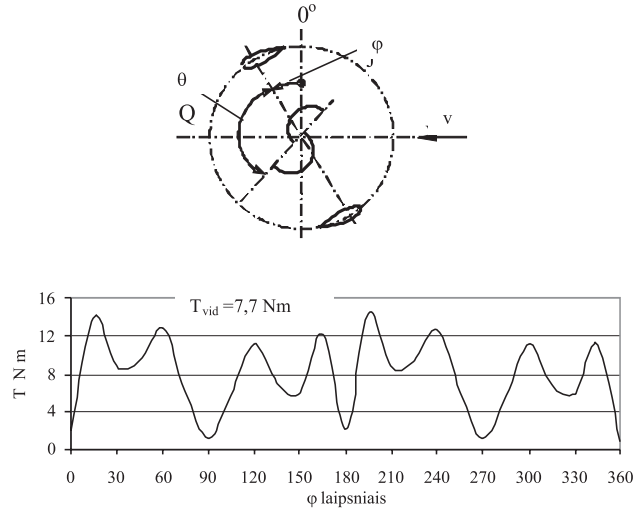
Savonijaus rotoriai, nepaisant labai paprastos konstrukcijos, turi svarbių trūkumų, dėl kurių ribojamas jų panaudojimas energetinėms reikmėms. Vienas svarbesnių – didelė jų masė, tenkanti galios vienetui. Siekiant pagaminti didesnės galios vėjo jėgainę, reikėtų didinti vėjaračio matmenis, bet tai smarkiai padidintų ir jėgainės masę. Pavyzdžiui, vėjo jėgainė su Savonijaus rotoriumi, esant vėjo greičiui $8 m/s$, $5 kW$ galią pasiektų, jei vėjaračio darbo plotas būtų ne mažesnis kaip $80 m^2$. Kadangi Savonijaus rotoriaus darbo plotas yra lygus jo skersmens ir aukščio sandaugai, tai vėjaračio skersmuo ir aukštis turėtų būti apie $9 m$. Tokių matmenų vėjaračio masė kelis kartus didesnė nei įprastos konstrukcijos tokios pat galios horizontalios ašies vėjo jėgainės su $7 m$ skersmens



4 pav. Savonijaus rotorijų sukimo momento T priklausomumas nuo jų pasisukimo kampo φ : I – rotoriaus su tiesiomis mentėmis; II – su mentėmis dviejose sekcijose, persuktose 90° kampu; III – su spiralinėmis mentėmis; IV – rotoriaus schema; v – oro srauto kryptis



5 pav. Ortogonalinio vėjaračio schema (I) ir vėjaračio sukimo momento T priklausomumas nuo pasisukimo kampo φ (II): D – vėjaračio skersmuo; F_{1} ir F_{2} – menčių traukimo jėgos; v – oro srauto kryptis



6 pav. Ortogonalinio vėjaračio su papildomu Savonijaus rotoriumi sukimo momento T priklausomumas nuo pasisukimo kampo φ : θ – kampas tarp vėjaračio skersinio ir Savonijaus rotoriaus; v – oro srauto kryptis

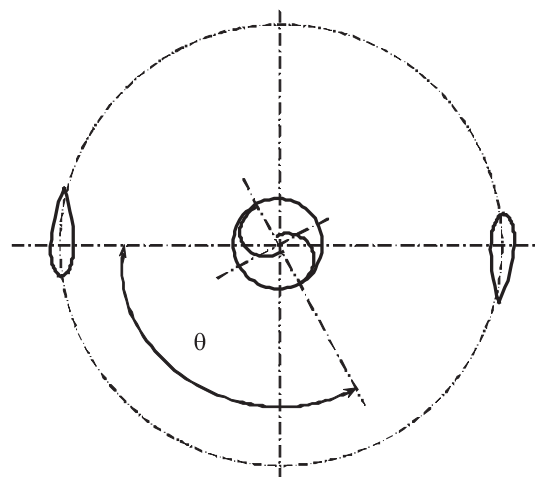
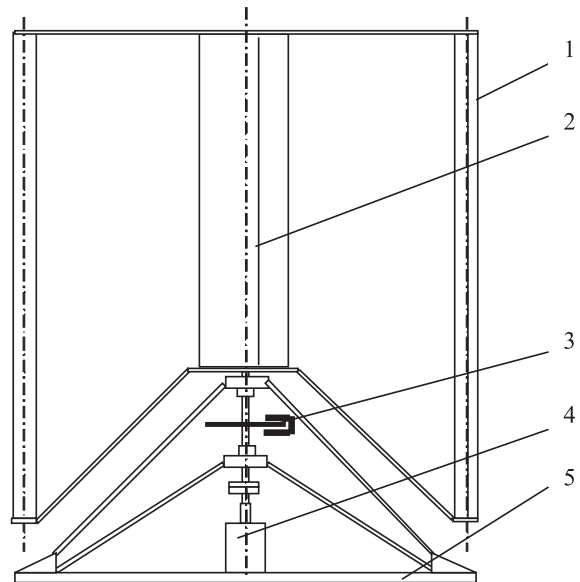
vėjaračiu. Didesnę vėjo jėgainės galią galima pasiekti sujungiant kelis mažesnius rotorius, tačiau tuomet darosi sudėtingesnė jėgainės konstrukcija, be to, arti sumontuoti rotoriai trukdytų atitekančiam oro srautui ir jie negalėtų pakankamai efektyviai veikti. Reikia įvertinti ir tai, kad Savonijaus rotorijų sukimo momentas nuolat kinta. Siekiant tolygesnio sukimo momento, galima naudoti rotorius su mentėmis, išdėstytomis keliose, tolygiai persuktose sekcijose, arba su spiralinėmis mentėmis, bet šiuo atveju vėjaračio konstrukcija yra sudėtingesnė ir brangesnė. Tikslingiausia Savonijaus rotorius taikyti mažose vėjo jėgainėse, kurių vėjaračių darbo plotas būtų iki 10 m^2 , o galia iki $0,5 \text{ kW}$.

Kitas Savonijaus rotorijų pritaikymas būtų juos panaudoti kaip papildomus rotorius vertikaliosios ašies ortogonalinėse vėjo jėgainėse. Jėgainės su ortogonaliniais vėjaračiais turi nemažai privalumų, palyginus su kitokiomis [7], tačiau vienas jų trūkumų yra toks, kad dvimentis ortogonalinis vėjaračis pradeda veikti, tik jam suteikus pradinį sukimo impulsą.

5 pav. pavaizduotas tiriamo ortogonalinio dvimentis vėjaračio sukimo momento priklausomumas nuo pasisukimo kampo. Šis priklausomumas nustatytas skaičiavimais, remiantis (3) ir (5) išraiškomis. Oro srauto greitis pasirinktas 35 m/s (kaip ir Savonijaus rotorijų eksperimentiniuose tyrimuose), aerodinaminių koeficientų c_y ir c_x nustatymui panaudoti mentės profilių katalogo [8] duomenys.

Grafike matyti, kad vėjaračio pasisukimo kampui φ esant 90° ar 270° , sukimo momentas yra lygus nuliui, o kai kampas φ lygus 180° ir 360° , sukimo momentas net yra neigiamas. Tai gi vėjaračiui esant šiose padėtyse jis pats negalės savarankiškai pradėti sukintis. Todėl gerokai pasunkėja jėgainės su tokio tipo vėjaračiu eksploatavimas. Norint išvengti šių neigiamų vertikaliosios ašies ortogonalinio vėjaračio savybių, galima padidinti menčių skaičių, tačiau, siekiant paprastesnės ir pigesnės vėjo jėgainės konstrukcijos, galima dvimentis vėjaračio trūkumus sumažinti įrengiant papildomą Savonijaus rotorijų, tvirtinamą prie ortogonalinio vėjaračio tam tikru kampu.

Išnagrinėjus įvairius tokio papildomo rotoriaus tvirtinimo variantus, nustatyta, kad tam geriausiai tiktų Savonijaus rotorius



7 pav. Nedidelės galios vėjo elektrinės schema: 1 – ortogonalinio vėjaračio mentės; 2 – Savonijaus rotorius; 3 – stabdis; 4 – elektros generatorius; 5 – stovas

Lentelė. Pagrindiniai vėjo elektrinės parametrai

Parametras	Matav. vnt.	Dydis
Galia	kW	1,5
Vėjaračio sukimosi greitis	min ⁻¹	40–120
Vėjaračio skersmuo	m	4
Savonijaus rotorius skersmuo	m	1
Vėjo elektrinės aukštis	m	3,5
Menčių ilgis	m	3
Kampas θ tarp ortogonalinio vėjaračio skersinio ir Savonijaus rotorius	laipsniai	105
Vėjo elektrinės orientacinė masė	kg	300

su tiesiomis mentėmis. Rotorius tvirtinamas prie ortogonalinio vėjaračio kampu $\theta = 105^\circ$. 6 pav. parodytas ortogonalinio vėjaračio su papildomu Savonijaus rotoriumi sukimo momento priklausomumas nuo jo pasisukimo kampo oro srauto krypties atžvilgiu.

Pavaizduotame grafike matyti, kad nors vėjaračio sukimo momento netolygumai ir išlieka gana nemaži, tačiau sukimo momentas visose vėjaračio padėtyse yra teigiamas, tad vėjaratis, esantis bet kurioje padėtyje, gali pradėti sukintis savarankiškai. Be to, papildomas Savonijaus rotorius šiek tiek padidina ir vidutinį vėjaračio sukimo momentą.

Remiantis eksperimentinių ir analitinių tyrimų rezultatais, siūloma nedidelės galios vėjo elektrinės su vertikališiosios ašies ortogonaliniu vėjaračiu bei papildomu Savonijaus rotoriumi schema (7 pav.).

Vėjo elektrinė turi vertikališiosios ašies dviejų menčių ortogonalinį vėjaratį su simetrinio aerodinaminio profilio mentėmis. Siekiant sumažinti ortogonalinio vėjaračio sukimo momento netolygumą ir palengvinti jėgainės paleidimą, įrengiamas papildomas Savonijaus rotorius, kuris kampu θ tvirtinamas prie ortogonalinio vėjaračio. Lėtaeigis kintamosios elektros srovės generatorius tiesiogiai sujungiamas su vėjaračio velenu. Vėjo elektrinės mazgai montuojami ant stovo, tvirtinamo prie betoninio pamato. Pagrindiniai vėjo elektrinės parametrai pateikti lentelėje.

Ortogonalinio vėjaračio mentėms naudotinas simetriškas aerodinaminis profilis WORTMAN FX-71L-150/25 arba NACA 0021. Papildomo Savonijaus rotorius mentės daromos tiesios. Vėjaračio galios ribojimui, ortogonalinio vėjaračio menčių nustatymo kampas turi būti reguliuojamas, t. y. reikalingas menčių kampo keitimo įtaisas [9], veikiantis atsižvelgus į vėjaračio sukimosi greitį. Vėjaračio sustabdymui įrengiamas diskinis stabdis su rankiniu valdymu. Stabdžio valdymui pritaikoma hidraulinė arba mechaninė pavara. Elektros srovei gaminti naudojamas tiesiogiai per movą sujungtas su vėjaračio vertikaliuoju velenu lėtaeigis 0–400 V elektros generatorius. Vėjo elektrinė turėtų būti komplektuojama įrenginiu, kuris generatoriaus gaminamą kintamą parametru elektros srovę paverstų nuolatine 12 V elektros srove, tinkama akumuliatoriams įkrauti.

Eksperimentinė panašios konstrukcijos vėjo elektrinė su ortogonaliniu vėjaračiu bei papildomu Savonijaus rotoriumi įrengta Lietuvos žemės ūkio universiteto Žemės ūkio inžinerijos institute Raudondvaryje.

4. IŠVADOS

1. Ortogonalinio dvimenčio vėjaračio sukimo momentas kai kuriose padėtyse oro srauto atžvilgiu yra nepakankamas, kad vėjaratis pradėtų sukintis savarankiškai, be pradinio sukimo impulso.

2. Savonijaus rotorijų, ypač su spiralinėmis mentėmis, sukimo momentas yra tolygesnis negu ortogonalinių vėjaračių, tačiau dėl didelės jų masės, tenkančios galios vienetui, juos tikslinai naudoti tik mažose vėjo jėgainėse arba šiuos rotorius naudoti kaip papildomus vėjaračius vėjo jėgainėse su ortogonaliniais dvimenčiais vėjaračiais.

3. Vėjo jėgainės dvimenčio ortogonalinio vėjaračio sukimo momento netolygumą galima sumažinti įrengus papildomą Savonijaus rotorijų su tiesiomis mentėmis, tvirtinamą prie vėjaračio kampu $\theta = 105^\circ$; šiuo atveju vėjaračio veikimo pradžia nereikalingas atskiras pradinis sukimo impulsas.

Gauta 2009 06 15

Priimta 2009 08 25

Literatūra

1. Asmus P. Small wind turbines. Can they live up to their potential in the USA? // Refocus. 2003. July / August. P. 40–43.
2. Riegler H. HAWT versus VAWT. Small VAWTs find a clear niche // Refocus. 2003. May / June. P. 44–46.
3. Peace S. Wind alternatives. Why not vertical axis? // Refocus. 2003. May / June. P. 30–33.
4. Fujisawa N., Gotoh F. Experimental study on the aerodynamic performance of Savonius Rotor // Journal Solar Energy Engineering. 1994. Vol. 116. P. 148–152.
5. Ivanov I. I., Ivanova G. A., Perfilov O. A. Modelnye issledovaniya rotornykh rabochikh kolyos vetroenergeticheskikh stantsiy // Vetroenergeticheskiye stantsii. 1988. Vyp. 129. S. 106–113.
6. Gulbinas A. Vertikališiosios ašies vėjaračio darbo efektyvumo tyrimas // Žemės ūkio inžinerija. LŽŪII ir LŽŪU mokslo darbai. 2002. T. 34(4). P. 79–89.
7. Freris L. L. Wind Energy Conversion Systems. Prentice Hall International (UK), 1990. 338 p.
8. Althaus D. Stuttgarter Profilkatalog. Stuttgarter Institut für Aerodynamik und Gazdynamik der Universität Stuttgart, 1972. 389 p.
9. Gulbinas A. Vėjo jėgainių galios reguliavimas // Žemės ūkio inžinerija. LŽŪII ir LŽŪU mokslo darbai. 2007. T. 39(3). P. 81–94.

Algirdas Gulbinas

VERTICAL AXIS WIND ROTORS FOR SMALL-SCALE WIND TURBINES

Summary

Research on the performance of vertical axis rotors applicable in small-scale wind turbines is presented. Experimental research on Savonius rotors with different forms of blades in an aerodynamic tube and analytical research on an orthogonal two-bladed wind rotor were carried out. A consistent change pattern of wind turbine rotation torque was established. Small-scale wind turbines with vertical axis rotors have a simple structure. However, the big mass per power unit (with Savonius rotors) and the uneven torque (with orthogonal two-bladed wind turbines) limit their usage. The torque of orthogonal two-bladed wind turbines in some positions, depending on the airflow passing through, is insufficient for self-rotation without the initial impulse. The torque of Savonius rotors with spiral blades is more even than that of the orthogonal wind rotors. However, because of their big mass per power unit, it is reasonable to use them only in small-scale wind turbines. It is possible to reduce the torque unevenness of orthogonal two-bladed wind rotors by employing additional Savonius rotors with straight blades, fixed to a wind turbine at a certain angle. In this case, no initial impulse is required to start wind turbine operation.

A scheme of a small-scale vertical axis wind turbine with an additional Savonius rotor is proposed.

Key words: vertical axis wind turbine, Savonius rotor

Альгирдас Гульбинас

ВЕТРОКОЛЕСА С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ ДЛЯ ВЕТРОУСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Резюме

Представлены результаты исследования ветроколес с вертикальной осью вращения для ветроустановок малой мощности. Проводились экспериментальные исследования роторов Савониуса с лопастями различной формы на аэродинамической трубе и аналитические исследования двухлопастного ортогонального ветроколеса. Установлена закономерность изменения вращательного момента ветроколес.

Ветроколеса с вертикальной осью вращения отличаются простотой конструкции, однако большая удельная масса на единицу мощности (роторов Савониуса) и неравномерность вращательного момента (двухлопастного ортогонального ветроколеса) ограничивают их применение.

Ротора Савониуса целесообразно использовать только на маломощных ветроустановках. Также установлено, что крепление под определённым углом к набегающему воздушному потоку дополнительного ротора Савониуса с прямыми лопастями уменьшает неравномерность вращательного момента двухлопастного ортогонального ветроколеса и повышает эффективность его действия.

Предложена схема ветроустановки малой мощности с ортогональным ветроколесом и дополнительным ротором Савониуса.

Ключевые слова: ветроколесо с вертикальной осью вращения, ротор Савониуса