

FOTOVOLTINĖS SAULĖS ELEKTRINĖS PARAMETRŲ TYRIMAS

Edvard JANKOVSKIJ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: edvard.jankovskij@yahoo.com

Kęstutis VENSLAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: kestutis.venslauskas@vdu.lt

Santrauka

Saulės elektrinės yra plačiai paplitusios, tačiau jų generuojamos elektros energijos priklausomybės nuo įvairių aplinkos sąlygų nėra visiškai ištirtos. Šio darbo tikslas yra ištirti 9,68 kW saulės elektrinės parametrus sodyboje, esant skirtingam metų laikui. Tyrimo metu nustatyta saulės elektrinės į elektros tinklą generuojama galia ir jos priklausomybė nuo aplinkos sąlygų (temperatūros ir energinės apšvietos). Analizuojant sukauptus duomenis nustatyta, kad metų laikas daro įtaką elektrinės generuojamai galiai esant vienodai apšvietai. Didžiausia elektrinės generuojama galia pasiekta pavasarį, esant 1045 W/m² saulės energinei apšvietai ir 28°C paviršiaus temperatūrai. Mažiausia elektrinės generuojama galia užfiksuota rudenį (spalio mėnesį), kai elektrinė galia buvo tik 2,36 kW, esant 17,8°C temperatūrai ir 956 W/m² saulės energinei apšvietai.

Reikšminiai žodžiai: saulės elektrinė, saulės energinė apšvieta, temperatūra, saulės moduliai.

Įvadas

Atsinaujinančios energetikos šaltiniai visame pasaulyje tampa vis svarbesni siekiant mažinti iškastinio kuro naudojimą ir sušvelninti klimato kaitos poveikį. Tarp įvairių atsinaujinančios energijos technologijų, fotovoltinės (PV) saulės energijos sistemos išsiskiria dėl savo gebėjimo konvertuoti saulės šviesą tiesiogiai į elektrą, mažinant anglies dioksido emisijas ir pasiūlydamos tvarią alternatyvą tradicinėms energijos gamybos metodams. Nors saulės energijos potencialas yra didelis, PV sistemų efektyvumas ir generacijos galimybės priklauso nuo daugybės veiksnių, įskaitant geografinę vietą, metų laiką ir aplinkos sąlygas (Adomavičius, 2012).

Šio tyrimo objektas yra 9,68 kW galios fotovoltinė saulės elektrinė, įrengta sodyboje. Tai ypač aktualu, atsižvelgiant į klimato kaitos sukeltus oro sąlygų pokyčius, kurie gali turėti įtakos atsinaujinančios energijos šaltinių efektyvumui. Nors saulės spinduliuotė yra vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių saulės elektrinės našumą, šio tyrimo metu ypatingas dėmesys skiriamas išsiaiškinti, kaip temperatūra, drėgmė, saulės kampas ir kiti metų laiko kintamieji veikia PV sistemos generacijos efektyvumą (Jacunskas, 2013).

Tyrimo tikslas – ištirti 9,68 kW fotovoltinės saulės elektrinės energinius parametrus.

Išsikeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atlikti saulės elektrinės darbo analizę.
2. Nustatyti saulės elektrinės generuojamos galios priklausomybę nuo saulės energinės apšvietos, esant skirtingam metų laikui.
3. Nustatyti saulės elektrinės generuojamos galios priklausomybę nuo temperatūros, esant skirtingam metų laikui.

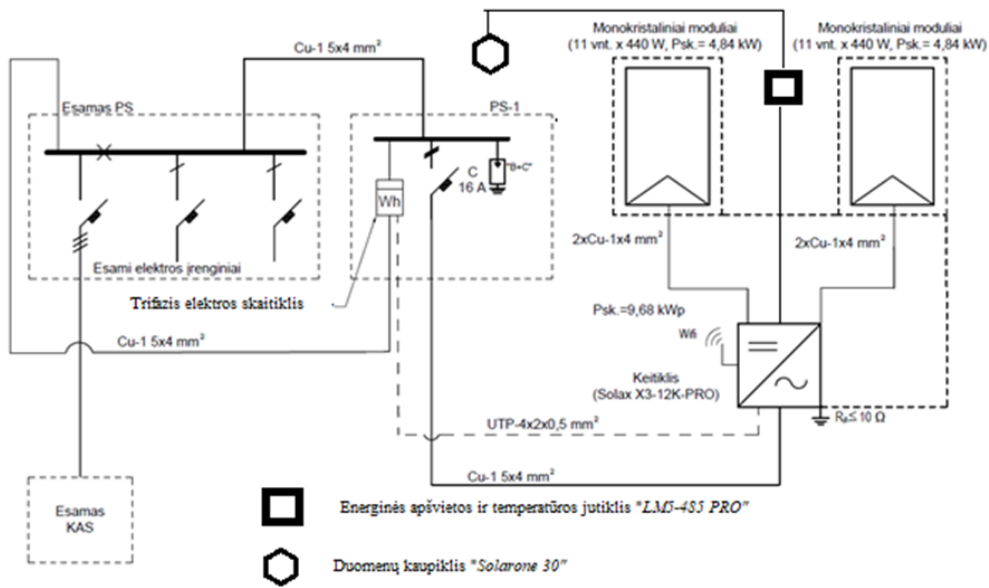
Tyrimų objektas ir metodai

Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti 2023 03 27–2023 12 11 laikotarpiu saulės elektrinėje (žr. 1 pav.), įrengtoje Purnuškių km. Vilniaus r. sav. Elektrinę sudaro 24 vnt. monokristaliniai *Solet 440 DMH3-72* stiklas – stiklas, dvipusiai „half cut“ technologijos fotomoduliai, kurių bendra galia yra 9,68 kW_p, įtampos inverteris *SOLAX X3-PRO-12K*.

Fotoelektriniai moduliai yra įrengti ant pastato stogo dviejų šlaitų metalinių konstrukcijų. Modulių plokštuma orientuota į pietvakarius, o plokštumos polinkio kampas horizonto atžvilgiu – 25° ir 30°. Saulės elektrinė turi saulės energinės apšvietos, elektros energijos matavimo, fotoelektrinių modulių bei aplinkos temperatūrų, duomenų kaupimo sistemas bei nuotolinę internetinę prieigą.

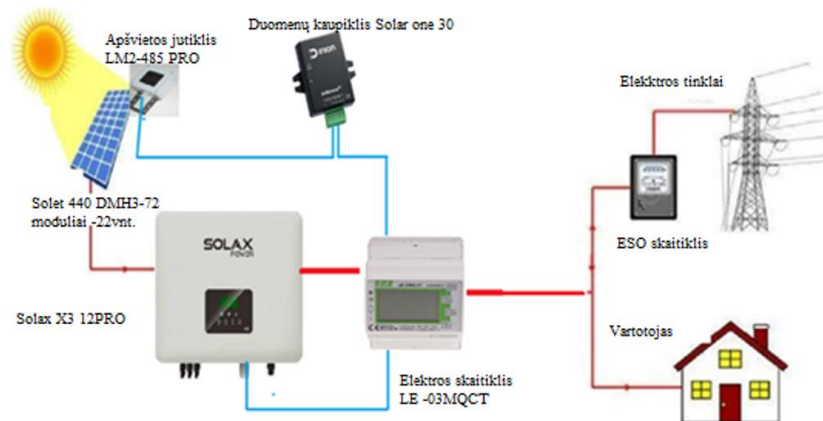
Tyrimams atlikti buvo naudojamosi fotoelektrinių modulių darbo stebėjimui įrengta sistema sudaryta iš „Solarone 30“ kaupiklio, kuris surenka saulės elektrinės darbo bei aplinkos parametrų matavimo reikšmes (įtampą, temperatūrą, srovę, spinduliuotę datą laiką ir kt.), sugrupuoja ir įrašo į viduje esančią atmintį. Saulės energinė apšvieta išmatuojama saulės energinės apšvietos jutikliu „LM5–485 PRO“, matavimo vienetai (W/m²). Užfiksuoti reikalingi duomenys buvo apdorojami ir panaudoti tolimesnėje tyrimų eigoje. Duomenys apie saulės spinduliuotę ir temperatūrą buvo renkami kas minutę, tai leido analizuoti, kaip skirtingos dienos metų laiko sąlygos darė įtaką elektrinės efektyvumui.

Tyrimo metu užtikrinta, kad kitos veiklos sodyboje nedarytų įtakos duomenų tikslumui. Fotovoltinė sistema buvo reguliariai tikrinama ir prižiūrima, užtikrinant jos optimalų veikimą per visą tyrimo laikotarpį.



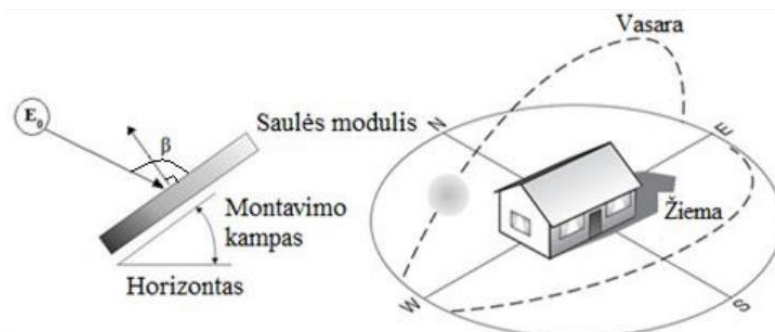
1 pav. Tyrimo schema
Fig. 1. Study scheme

Saulės energinės apšvietos duomenų surinkimo įrenginiai pritvirtinami taip, kad jų integruoto apšvietos matuoklio ekrano plokštumos kampas sutaptų su modulių sureguliuotos plokštumos kampu. Tokiu būdu yra matuojama tos pačios plokštumos, kaip ir modulių kampo, apšvieta.



2 pav. Principinė elektrinės schema
Fig. 2. Solar power plant diagram

Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad Lietuvoje saulės energijos sistemų optimalus montavimo kampas kinta nuo 30° iki 60° visiems metams, 15° – 45° – vasarą ir 30° – 60° – žiemą (Grigonienė, Karnauskas, 2009). Lietuvoje kampinis Saulės aukštis virš horizonto kinta nuo $11,7^{\circ}$ (žiemos sezonu) iki $58,5^{\circ}$ (vasaros sezonu) (Liukaitytė, Rimkus, 2004). Didžiausias efektyvumas pasiekiamas tada, kai fotovoltinio modulio plokštuma su kryptimi į Saulę sudaro kampą β , lygų 90° (žr. 3 pav.). Priešingu atveju fotovoltiniam moduliuui tenkantis spindulinės energijos kiekis E mažėja (Adomavičius, Petrauskas, 2012).



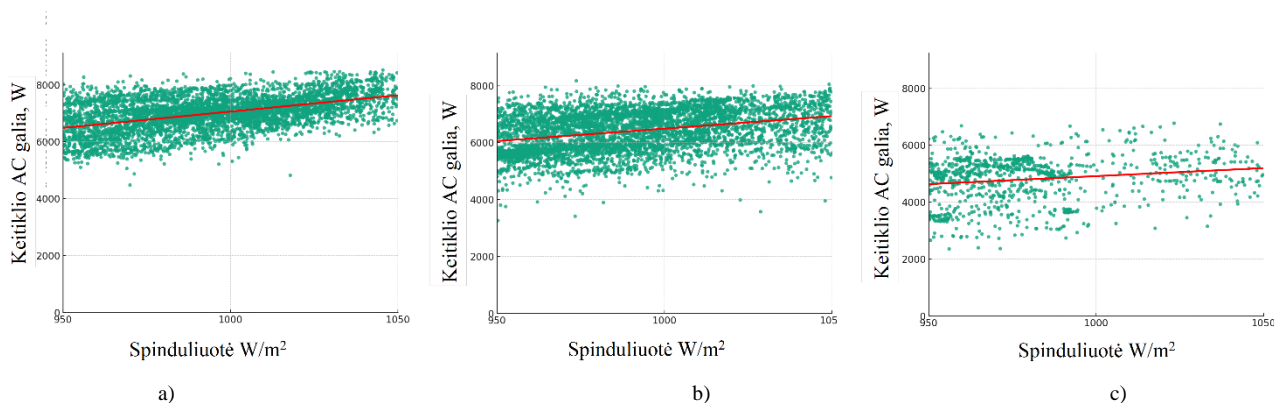
(Adomavičius, Petrauskas, 2012)

3 pav. Fotovoltinio modulio orientacija į Saulę skirtingais metų laikais
Fig. 3 Orientation of the photovoltaic module to the Sun at different times of the year

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

PV modulių veikimas apibūdinamas esant standartinėms testo sąlygoms (STC) (1000 W/m^2 , spektras AM 1,5 ir $25 \text{ }^\circ\text{C}$ modulio temperatūra). Fotoelektrinis konversijos procesas priklauso ir nuo modulio temperatūros. Modulio temperatūra atitinkamai priklauso nuo oro sąlygų (pavyzdžiui, oro temperatūros, saulės energinės apšvietos ir vėjo greičio) bei fotovoltinio modulio techninių charakteristikų (pavyzdžiui, medžiagos, pritvirtinimo ir vėdinimo).

Pateikta galios priklausomybė nuo spinduliuotės, esant skirtingiems metų laikams, pavasaris, vasara, rudenio. Žiemos duomenų nėra, kadangi nebuvo pasiekta $950\text{--}1050 \text{ W/m}^2$ spinduliuotė (žr. 4 pav.).

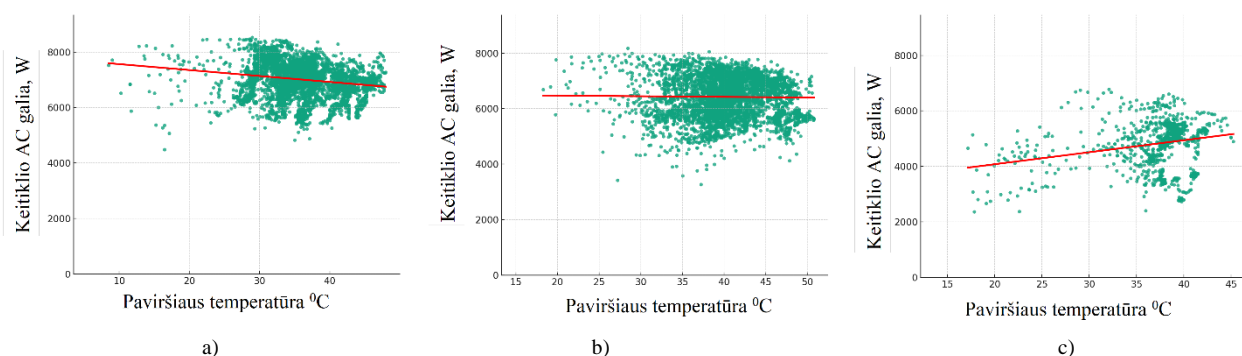


4 pav. Įtampos keitiklio galios priklausomybė nuo spinduliuotės a) pavasario periodu, b) vasaros periodu, c) rudens periodu.
Fig. 4. Dependence of inverter power on radiation a) in the spring period, b) in the summer period, c) in the autumn period.

Iš grafiko matyti, kad didėjant apšvietai didėja įtampos keitiklio galia. Didžiausia saulės elektrinės generuojama galia yra pavasario ir vasaros mėnesiais. Didžiausia generacija užfiksuota balandžio mėnesį siekė $8,52 \text{ kW}$, esant 1045 W/m^2 spinduliuotei ir 28°C paviršiaus temperatūrai. Vasaros laikotarpiu liepos mėnesį siekė $8,17 \text{ kW}$, esant 1049 W/m^2 spinduliuotei ir 38°C paviršiaus temperatūrai. Rudenio laikotarpiu rugsėjo mėnesį siekė $6,78 \text{ kW}$, esant 1023 W/m^2 spinduliuotei ir 32°C paviršiaus temperatūrai. Iš duomenų matyti, kad metų laikas daro įtaką saulės elektrinės generacijai. Instaliuotoji saulės elektrinės galia nebuvo pasiekta, nes saulės elektrinė įrengta pietvakarių kryptimi, dėl blogos ventiliacijos, nes sumontuota ant stogo dangos su 5 cm oro tarpu, taip pat ir vaismedžių šešėlio.

Skirtingais metų laikais saulė danguje yra skirtingose pozicijose, keičiantis saulės spindulių kritimo kampui ant saulės modulių. Tai ypač svarbu fiksuoto montavimo saulės elektrinėms, kur saulės spindulių kampas nėra reguliuojamas. Net jeigu spinduliuotės intensyvumas išlieka pastovus, jo kokybė gali skirtis dėl atmosferos sąlygų, pavyzdžiui, saulės šviesos kiekio, kuris pasiekia žemę pro skirtingo storio atmosferos sluoksnius. Tai reiškia, kad metų laikas turi reikšmingą poveikį saulės elektrinės galios efektyvumui, esant vienodam apšvietimui.

Siekiant nustatyti saulės elektrinės temperatūros poveikį elektros energijos gamybai, iš renkamų duomenų buvo sudarytas (žr. 5 pav.) grafikas, kuriame pavaizduota galios priklausomybė nuo temperatūros.



5 pav. Galios priklausomybė nuo temperatūros: a) pavasario periodu, b) vasaros periodu, c) rudens periodu.
Fig. 5. Power dependence on temperature: a) in the spring period, b) in the summer period, c) in the autumn period.

Galima pastebėti, kaip generuojama elektros galia skiriasi prie tam tikrų temperatūrų bei saulės apšvietos. Remiantis grafiku matyti, kad paviršiaus temperatūrai viršijus 25°C , elektrinės galia krenta visais metų sezonais. Aukščiausia užfiksuota temperatūra pavasarį buvo gegužės mėnesį – siekė 48°C , o elektrinė išvystė $7,27 \text{ kW}$ galią, kai spinduliuotė buvo 996 W/m^2 . Vasarą – rugpjūčio mėnesį siekė $50,8^\circ\text{C}$, o elektrinė išvystė $5,6 \text{ kW}$ galią, kai spinduliuotė buvo 957 W/m^2 . Atitinkamai rudenį – rugsėjo mėnesį – prie 45°C elektrinė išvystė $4,89 \text{ kW}$ galią, kai spinduliuotė buvo

965 W/m². Iš duomenų matyti, kad metų laikas daro įtaką saulės elektrinės generuojamai galiai, kuo paviršiaus temperatūra didesnė, tuo elektrinės išvystoma galia yra mažesnė.

Išvados

1. Saulės elektrinės (9,68 kW) didžiausia generuojama galia siekė 9,72 kW 2023 m. balandžio 27 d. Saulės elektrinė per vienerius metus pagamino 7677 kWh elektros energijos.

2. Tyrimas atskleidė, kad temperatūra taip pat turi svarbų poveikį saulės elektrinės veikimui. Esant aukštesnei temperatūrai, elektros generacija mažėja, net jeigu šviesos intensyvumas lieka aukštas. Tai rodo, kad saulės elektrinės veikla yra labai priklausoma nuo gamtos sąlygų ir atmosferos veiksnių. Maksimalios aktyvinės galios pasiektos temperatūrų režimui esant 24–28 °C.

3. Lietuvos sąlygomis apšvieta svyruoja tarp 800–900 W/m². Tačiau esant didelei apšvietai saulės moduliai įkaista ir jų temperatūra gali padidėti net iki 60 °C. Su kiekvienu temperatūros laipsnio padidėjimu, modulio efektyvumas krenta, todėl karštą dieną yra išvystomas apie 20 % mažesnis momentinis elektrinės galingumas negu instaliuota saulės elektrinės galia. Didžiausia spinduliuotė yra vasarą ir pavasarį, bet elektros energijos gamyba – pavasarį. Esant 1000 W/m² ir didesnei apšvietai didžiausia aktyvinė galia pasiekama po 12 val.

Literatūra

1. Adomavičius, V., Petrauskas, V. 2012. Saulės energijos naudojimas elektrai gaminti. Kauno technologijos universitetas. Kaunas: Technika. ISBN 978-609-02-0752-9.
2. Grigonienė, J., Karnauskas, M. 2009. Mathematical modeling of optimal tilt angles of solar collector and sunray reflector. *Energetika*, Nr. 1, p. 41–46.
3. Liukaitytė, J., Rimkus, E. 2004. Maksimalios eriteminės radiacijos preitakos modeliavimas STARsci modeliu. *Geografija*, T.40(1), p. 3–6.
4. Jacunskas, A. 2013. Alternatyvios energijos sprendimų integravimas į namą. Ar gali stogas „atsipirkti“? [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://m.technologijos.lt/cat/129/article/S-25333?utm_source=ms2 (žiūrėta 2024 03 12).

STUDY OF PHOTOVOLTAIC SOLAR POWER PLANT PARAMETERS

Summary

Solar power plants are widespread, but the dependence of the electricity they generate on various environmental conditions has not been fully studied. The purpose of this work is to investigate the parameters of a 9.68 kW solar power plant in a homestead at different times of the year. During the study, the main parameters of the solar power plant were determined: Temperature 0C and illumination W/m². Analyzing the accumulated data, it was found that the time of year affects the power generated by the power plant under uniform illumination. The maximum power generated by the power plant was achieved in spring with 1045 W/m² solar energy illumination and 28°C surface temperature. The lowest power generated by the power plant was recorded in autumn (October), when the electric power was only 2.36 kW at a temperature of 17.8°C and a solar illumination of 956 W/m².

Keywords: solar power plant, solar irradiance, temperature, solar modules.