

Sistemų inžinerija, kompiuterių technologija T 120

SAULĖS KOLEKTORIŲ VALDYMO IR STATISTINIŲ DUOMENŲ SURINKIMO SISTEMA

Dominykas Vasarevičius

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: domasvas@gmail.com

Santrauka. Pateikiama saulės kolektorių valdymo ir statistinių duomenų surinkimo sistemos struktūra, aprašomas jos veikimo principas ir analizuojami atskiri sistemos elementai, siekiant numatyti galimas problemas ir rasti jų sprendimo būdus. Parodoma, kad papildžius valdiklius, skirtus saulės kolektorių valdymui, ryšio su internetu funkcijomis, galima kaupti duomenis apie saulės kolektorių veikimą atskiruose regionuose. Aprašoma valdiklio struktūrinė schema, pagal kurią sistema registruos šildymo sistemos veikimo parametrus ir oro sąlygas. Pasiūlomas duomenų siuntimo būdas leidžiantis išvengti momentinių duomenų bazės serverio apkrovimų. Parodoma, kad sumodeliavus saulės kolektoriaus veikimo ciklą ir optimizavus registruojamų duomenų srautą galima sumažinti virš 14 kartų perduodamų duomenų kiekį.

Reikšminiai žodžiai: saulės kolektorius, alternatyvūs energijos šaltiniai, valdiklis.

Įvadas

Europos sąjunga vykdo daug atsinaujinančios energijos šaltinių panaudojimo skatinimo programų, kurios taikomos pramonėje ir privačiame sektoriuje. Tai didina valstybių energetinę nepriklausomybę ir mažina aplinkos užterštumą (Farret *et al.* 2006).

Lietuvoje šis procesas vystosi pakankamai lėtai (Grigas 2009). Galima išskirti šias esmines to priežastis:

- didelė įrengimų kaina;
- nepakanka informacijos apie šaltinių panaudojimą Lietuvos klimatinėms sąlygoms, todėl sudėtinga įvertinti sistemos atsiperkamumą;
- vyrauja nusiteikimas, kad Lietuvoje yra per mažai saulėtų dienų, kad galima būtų efektyviai naudoti saulės energiją.

Paminėtos priežastys yra prielaidos skatinančios alternatyvių energijos šaltinių tyrimus Lietuvoje. Tyrimų tikslas: sukaupti ir išanalizuoti duomenis apie alternatyvios energijos šaltinių teikiamas galimybes Lietuvoje ir jų efektyvumą. Šiam tikslui kuriama elektroninė sistema apjungianti į vieną visumą specialiai sukurtus atsinaujinančios energijos šaltinius valdančius valdiklius. Kita valdiklio funkcija – kaupti informaciją apie šaltinio ir jo aplinkos parametrus ir ją perduoti į centrinę duomenų bazę. Taip pat kuriama sukauptų duomenų analizei ir sisteminiui skirta programinė įranga

Pirmame darbų etape apsiribota saulės kolektorių valdymu. Saulės kolektorių pasirinkimą lėmė tai, kad jie yra vieni iš pigiausių atsinaujinančios energijos šaltinių,

todėl dažnai naudojami vandens pašildymui (Sørensen 2004).

Sistemos surinkti statistiniai duomenys vartotojui teiks tokią informaciją:

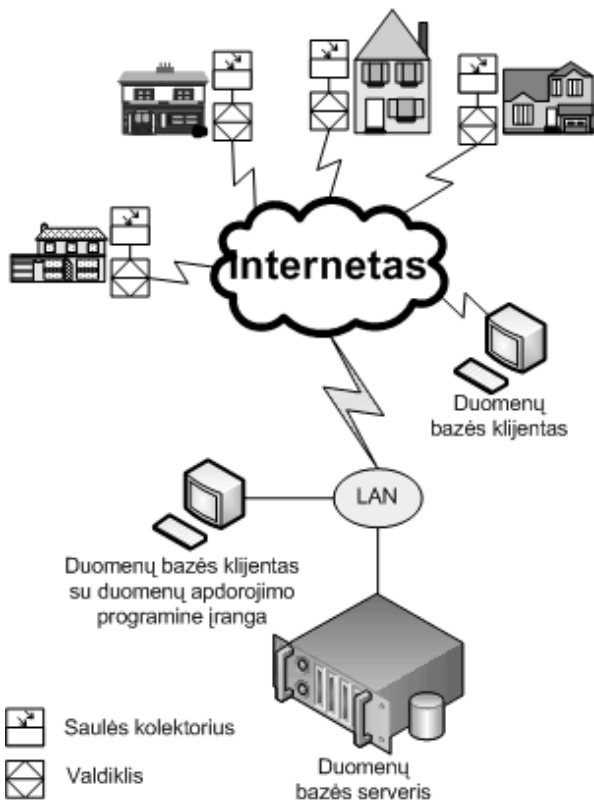
- saulės kolektorių našumą, įvertinus jų tipą ir konstrukcijos ypatumus bei kiekį;
- kolektoriaus panaudojimo regioną;
- saulės kolektorių panaudojimo tinkamumą Lietuvos klimatinėms sąlygoms;
- vidutinį vandens pašildymo sistemos atsipirkimo laiką.

Šiame darbe pateikiama bendra kuriamos sistemos struktūra, aprašomas jos veikimo principas ir analizuojami atskiri sistemos elementai, siekiant iš anksto numatyti galimas problemas ir rasti jų sprendimo būdus.

Sistemos struktūra

Sistemos struktūra parodyta 1 pav. Jos pagrindiniai komponentai yra valdikliai, montuojami saulės kolektorių instaliacijos vietose.

Vandens pašildymo sistemose su saulės kolektoriais valdikliai yra naudojami tais atvejais, kai kolektorius jungiamas priverstinės cirkuliacijos būdu. Valdiklis cirkuliacinio siurblio valdymui panaudoja temperatūrų tarp boilerio ir šilumos nešiklio saulės kolektoriuje skirtumą. Trūkstant saulės energijos, valdiklis įjungia rezervinę vandens pašildymo sistemą – dujinį katilą, elektrinį šildytuvą ir pan. Sistemoje standartinės valdiklio funkcijos išplėstos galimybe registruoti šaltinio parametrus ir nurodytais laiko intervalais perduoti juos į duomenų bazę.



1 pav. Sistemos struktūra

Fig. 1. Structure diagram of the system

Sistemos duomenų bazėje sukaupiama tiksli informacija apie kiekvieną objektą – apie saulės kolektoriaus tipą, vandens pašildymo sistemą struktūros ypatumus, geografinę padėtį. Taip joje surenkama ir kaupiama stebėsenos informacija iš atskirų valdiklių.

Kai sistemoje daug valdiklių ir visi jie siunčia duomenis vienodais laiko intervalais, tada duomenų siuntimo laiko momentais į duomenų bazę kreipiasi daug klientų ir serveris nespėja jų aptarnauti. Laiko intervale tarp duomenų siuntimo duomenų bazė yra visiškai neapkraunama. Ši problema išsprendžiama išsklaidant į duomenų bazę patenkančių duomenų srautus. Tam apskaičiuojant duomenų išsiuntimo iš valdiklio laiką t_s , įvedamas atsitiktinės trukmės laiko intervalas:

$$t_s = iT + \text{unif}\left(-\frac{T}{2}; \frac{T}{2}\right), \quad (1)$$

čia: $i = 0, 1, \dots, (T_p / T - 1)$; T – fiksuotos trukmės duomenų siuntimo laiko intervalas valandomis; $T_p = 24$ – paros trukmė valandomis; $\text{unif}()$ – atsitiktinių dydžių generatoriaus atsitiktinės tolydžiojo skirstinio išėjimo vertės laiko intervale nuo $-T/2$ iki $T/2$.

Atsitiktiniu būdu išsklaidžius siunčiamų duomenų srautus, visos kreiptys į duomenų bazę laike paskirsto tolygiai ir išvengiama serverio apkrovimo pikų.

Sukauptiems duomenims analizuoti sistemoje naudojama specialiai sukurta programinė įranga.

Valdiklio struktūrinė schemos aprašymas

Valdiklio struktūrinė schema, pateikta 2 pav. Valdiklio pagrindinė paskirtis – stebėti temperatūras saulės kolektoriuje ir boileriuje. Numatyta galimybė taip pat stebėti du papildomus parametrus: lauko temperatūrą ir saulės energijos srautą. Šie parametrai valdymo procese nėra esminiai, tačiau svarbūs norint gauti išsamesnius duomenis apie saulės kolektoriaus veikimą. Be to, valdiklyje numatomi išėjimai cirkuliacinio siurblio ir rezervinės vandens pašildymo sistemos valdymui.

Prie valdiklio jungiamo elektroninio vandens skaitiklio paskirtis pamatuoti išeinančio iš boilerio vandens kiekį, kuris būtinas tiksliai sukauptos sistemoje energijos apskaičiavimui.

Temperatūros matavimams panaudoti skaitmeniniai temperatūros jutikliai. Šie jutikliai leidžia išvengti kalibravimo problemų, o jų matavimo paklaida visuomet pateikiama jutiklio specifikacijoje. Išanalizavus rinkoje esančių skaitmeninių jutiklių specifikacijas, nuspręsta panaudoti *1-wire* sąsajos jutiklius. Tokie jutikliai jungiami, nepaisant jų eiliškumo, lygiagrečiai į dviejų laidų magistralę. Tai labai palengvina valdiklio montavimą.

Saulės energijos srauto jutiklis parenkamas eksperimentiniu būdu ir jungiamas prie valdiklio analoginio įėjimo.

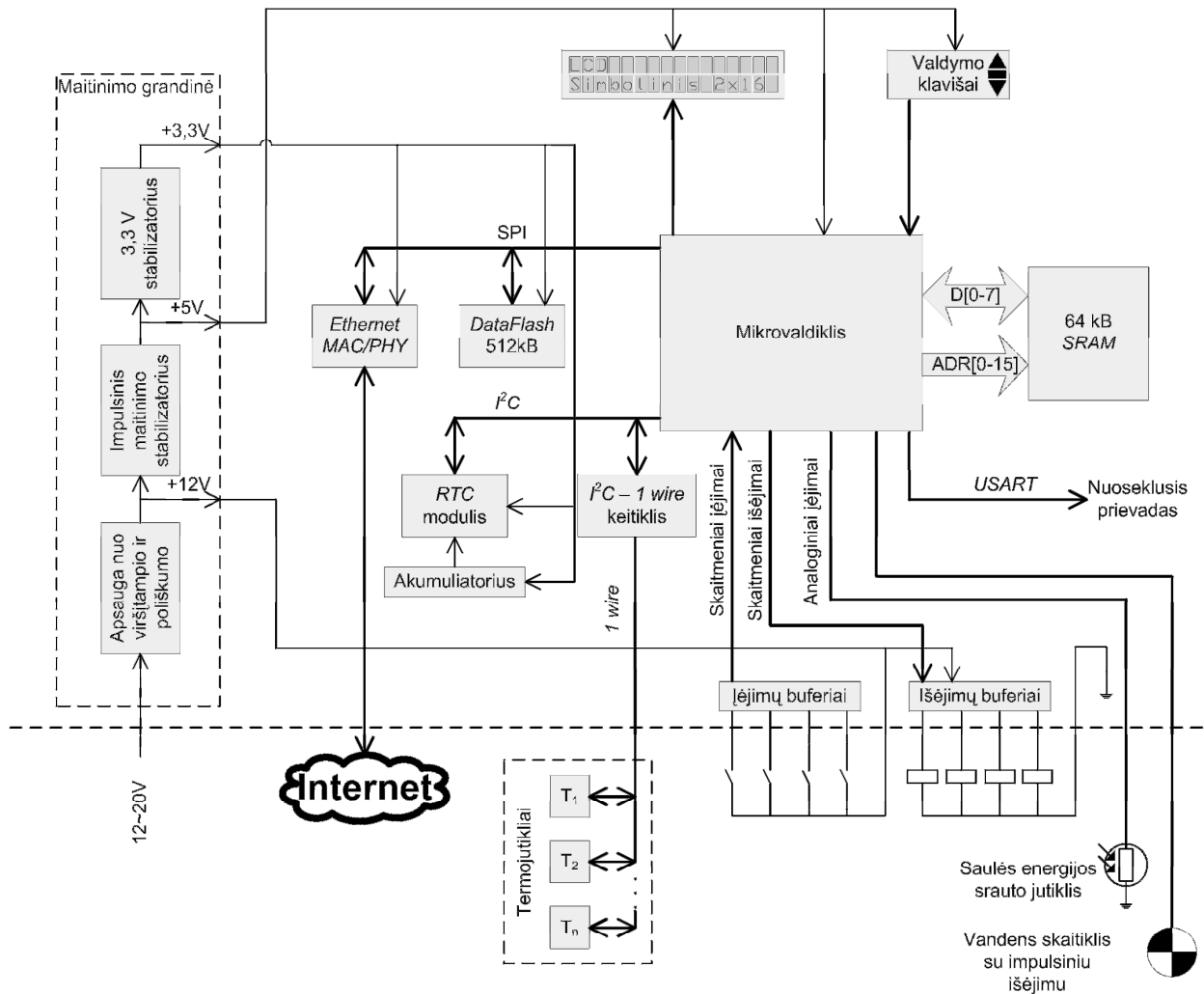
Apskritai valdiklyje numatomi tokie įėjimai ir išėjimai:

- *1-wire* sąsaja trims temperatūros jutikliams prijungti;
- analoginis įėjimas saulės energijos srauto jutikliui prijungti;
- skaitmeninis įėjimas elektroniniam vandens skaitikliui prijungti;
- du skaitmeniniai išėjimai relių valdymui.

Valdiklio parametrai įrašomi valdymo klavišais, o visa informacija išvedama į skystųjų kristalų ekraną.

Ryšio su serveriu palaikymui valdiklyje panaudota *Ethernet* sąsaja. Duomenys, sukaupti tarp ryšio sesijų, saugomi *flash* tipo atmintinėje.

Šio tipo valdikliai dažniausiai veikia serverio režimu ir reikalauja atitinkamų nustatymų vietiniame tinkle. Kad išvengti paminėtų nustatymų, numatytas valdiklio darbas kliento režimu ir automatinis tinklo parametrų nustatymas. Šiuo atveju valdiklį pakanka tiesiogiai prijungti prie objekto vietinio kompiuterių tinklo.



2 pav. Valdiklio struktūrinė schema

Fig. 2. Structure diagram of the controller

Valdiklio programavimo paprastinimui bei jame panaudojamų resursų mažinimui į valdiklio grandinę įjungti realaus laiko modulis ir fizinė 1 wire sąsaja. Abu šie elementai jungiami per I^2C sąsają, kuri mikrovaldiklyje yra įgyvendinta aparatiniaje lygmenyje. Be to, realaus laiko modulis gali veikti maitinamas iš rezervinio akumuliatoriaus. Tai garantuoja, kad net įtampos dingimo atveju, informacija apie datą ir laiką nebus prarasta.

Mikrovaldiklio vidinės operatyviosios atmintinės talpa yra nuo 2 iki 8 kB. Kadangi mikrovaldiklis aptarnaus komunikacijas panaudodamas *TCP/IP* protokolą, tokio dydžio atminties nepakaks. Valdiklio atmintis išplėsta papildoma 64 kB statine atmintine. Atminties kiekis parinktas remiantis prielaida, kad dauguma mikrovaldiklių turi fizines sąsajas tokiam atminties kiekiui.

Valdiklio galimybių išplėtimui skirti papildomi du skaitmeniniai išėjimai ir keturi skaitmeniniai įėjimai. Valdiklio grandinėje yra numatyta jungtis prie asinchroninės mikrovaldiklio sąsajos.

Sistemos derinimo metu ši sąsaja skirta duomenų apie valdiklio būseną išvedimui. Toks sprendimas paprastina programos klaidų taisymą.

Duomenų bazė

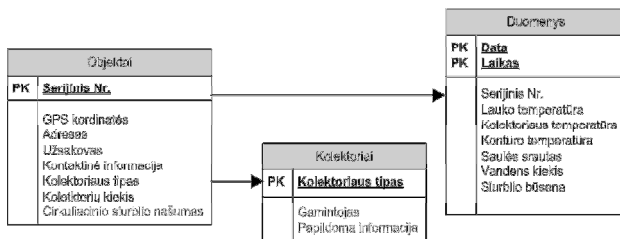
Sistema sukurta laikantis nuostatos, kad visa naudojama programinė įranga turi būti nemokama. Todėl duomenų bazės kūrimui panaudotas *MySQL* serveris.

Duomenų bazę sudaro trys lentelės (3 pav.):

1. Objektai;
2. Kolektoriai;
3. Duomenys.

Lentelėje Objektai kaupiama informacija apie objektus, kuriuose bus montuojami valdikliai:

- geografinė objekto padėtis;
- kontaktinė užsakovo informacija;
- bendri duomenys apie vandens pašildymo sistemą.



3 pav. Duomenų bazės struktūra

Fig. 3. Structure of the database

Kiekvienam objektui paskirtas vienas lentelės įrašą.

Lentelėje Kolektoriai kaupiama informacija apie saulės kolektorius, jų tipą ir kai kuriuos jų konstrukcijos ypatumus.

Visa iš valdiklių gauta informacija kaupiama lentelėje Duomenys. Nustatytais laiko intervalais kiekvienas valdiklis į šią lentelę įrašo iš visų jutiklių nuskaitytus parametrus. Šioje lentelėje sukaupti duomenys bus naudojama statistinei duomenų analizei ir matematinio saulės kolektoiaus modelio kūrimui pasitelkus adaptyviųjų filtrų metodą.

Kiekvieno valdiklio įrašai atskiriami pagal serijinį numerį. Tam panaudotas *INTEGER* duomenų tipo 4 baitų laukas. Kiekvieno valdiklio eilinio matavimo identifikavimui naudojami data ir paros laikas. Tam panaudoti 3 baitų *DATE* ir *TIME* tipų duomenų laukai. Šie trys laukai yra lentelės raktas.

Lauko temperatūrai ir saulės energijos srautui registruoti naudojami *FLOAT* tipo 4 baitų du duomenų laukai. Šiais parametrais skirti stebėti oro sąlygas regione, kuriame naudojamas valdiklis. Tai leis įvertinti oro sąlygų įtaką saulės kolektoiaus našumui.

Žinant cirkuliacinio siurblio veikimo trukmę ir jo našumą, pagal termodinamikos dėsnius galima apskaičiuoti šilumos kiekį, sugeneruotą saulės kolektoiuje. Šiems skaičiavimams panaudoti du laukai: Kolektoiaus temperatūra (pirmasis *FLOAT* tipo laukas) ir Kontūro temperatūra (antrasis *FLOAT* laukas).

Laukas Vandens kiekis reikalingas nustatyti objekto sunaudojamo vandens kiekį ir saulės kolektoiaus naudą šiame objekte. Jam sukurti taip pat naudojamas *FLOAT* duomenų tipas.

Paskutinis parametras Siurblio būsena skirtas cirkuliacinio siurblio veikimui registruoti. Informacija apie siurblio būsenas kaupiama 1 baito *TINYINT* tipo duomenų lauke.

Taigi, apskaičiavus visų lentelės laukų kiekį ir jų duomenų tipus, gaunama, kad kiekvienas lentelės įrašas užima 31 baitą. Norint turėti detalius duomenis apie sistemos veikimą, matavimus reikėtų atlikti kas 1 sekundę.

Taip vienas valdiklis per parą į duomenų bazę įrašytų 86 400 įrašų, kuriuose bendras duomenų kiekis sudaro 2,55 MB. Atitinkamai per metus būtų sukaupta 3 1536 000 įrašų, kas sudaro 932,21 MB duomenų. Įvertinus tai, kad sistemoje bus naudojamos dešimtys valdiklių, o sėkmės atveju jų gali būti šimtai, duomenų bazė bus perkrauta duomenimis. To pasekmė lėtas duomenų skaitymas. Taigi sistemos veikimą būtina optimizuoti taip, kad maksimaliai būtų sumažintas duomenų bazės įrašomų duomenų kiekis ir išsaugota svarbiausia informacija.

Informaciją svarbu kaupti tik saulės kolektoiuvi efektyviai veikiant. Naktį, lyjant lietui, ir pan. saulės kolektoius nešyla ir duomenys gali būti fiksuojami didesniais laiko intervalais. Šiuo metu svarbūs yra tik meteorologiniai duomenys. Juos pakanka kaupti vienos valandos intervalu.

Lietuvoje Saulė šviečia vidutiniškai 1 800 valandų per metus (Janušonis 2001). Taigi kaupiamos informacijos kiekį galima sumažinti iki 80 %. Šiuo atveju kaupiamą informaciją sudarys 6 486 960 įrašų – 191,78 MB duomenų iš vieno valdiklio.

Tolimesnei duomenų kiekio optimizacijai būtina panaudoti parametrus apibūdinančius kolektoiaus kaitimo ir šilumos atidavimo į boilerį procesų dinamiką. Tam geriausiai tinka saulės kolektoiaus veikimo ciklo saulėčiausioje žemės vietoje kreivė (4 pav.).

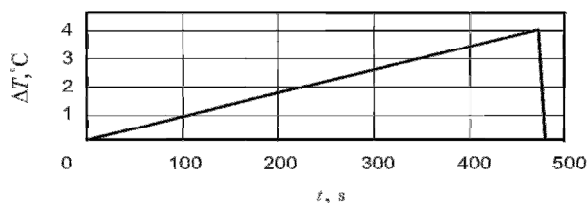
4 pav. pavaizduota kreivė gauta tokiu būdu. Pagal pirmą termodinamikos dėsni šilumos kiekis δQ , reikalingas pakelti medžiagos temperatūrą per dT laipsnių, apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$\delta Q = mcdT. \quad (2)$$

Čia: m – medžiagos masė; c – medžiagos savitoji šiluma. Siekiant, kad saulės kolektoius veiktų našiausiai, temperatūrų skirtumas ΔT nustatomas kuo mažesnis. Rekomenduojama temperatūrų skirtumo vertė $\Delta T = 4^\circ\text{C}$. Saulės kolektoiaus veikimui geriausioje situacijoje imituoti, skaičiavimams pasirenkamas saulės energijos srautas atitinkantis saulėčiausią žemės vietą – 250 W/m^2 . Modeliavimui naudojamas „Phenix 15AS“ saulės kolektoius. Jo pagrindiniai parametrai tokie:

- absorbuojančio paviršiaus plotas $S = 1,9 \text{ m}^2$;
- absorbuojančios aliumininės plokštės masė $m = 21 \text{ kg}$;
- vandens kiekis kolektoiuje $V = 1,95 \text{ l}$;
- šviesos absorbcijos koeficientas $\alpha = 0,95$.

Įvertinus, kad cirkuliacinio siurblio našumas $q = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ gaunamas saulės kolektoiaus modelio veikimo ciklas saulėčiausiame žemės taške (4 pav.).



4 pav. Saulės kolektoriaus veikimo ciklas saulėčiausioje žemės vietoje

Fig. 4. Cycle of operation of solar thermal collector at the position with highest sun intensity

Remiantis 4 pav. galima teigti, kad kolektoriaus kaitimas yra lėtas procesas, ir jį užtektų fiksuoti 60 s intervalais. Įjungus cirkuliacinį siurblių, kolektorius atšąla per 9,4 s, todėl cirkuliacinio siurblio veikimo metu duomenis tikslinga fiksuoti kas 1 s. Taigi kolektoriaus veikimo vienam ciklui aprašyti užtenka 17 įrašų. Tada vienas valdiklis, veikiantis Lietuvoje per metus į duomenų bazę įrašytų 236 747 įrašus. Tai sudarys 7 MB duomenų. Iš atliktos analizės išplaukia, kad išsamiam sistemos apibūdinimui reikia tik 0,7 % duomenų, lyginant juos su duomenų kiekiu, kai registravimas vyksta kas 1 s.

Išvados

1. Atsinaujinančios energijos šaltinių paplitimą stabdo informacijos apie jų teikiamas Lietuvoje galimybes stygius.

2. Valdiklius, skirtus saulės kolektorių valdymui, papildžius ryšio su internetu funkcijomis, galima kaupti duomenis apie saulės kolektorių veikimą atskiruose regionuose.

3. Sudaryta valdiklio struktūrinė schema, pagal kurią sistema registruos šildymo sistemos veikimo parametrus ir oro sąlygas.

4. Kai visi sistemos valdikliai siunčia duomenis vienodais laiko intervalais, duomenų siuntimo laiko momentais į duomenų bazę kreipiasi daug klientų ir serveris jų aptarnauti nespėja. Tolygiai perskirsčius duomenų siuntimo laiką tarp valdiklių galima išvengti momentinių duomenų bazės serverio apkrovimų.

5. Sumodeliavus saulės kolektoriaus veikimo ciklą ir optimizavus registruojamų duomenų srautą pavyksta sumažinti perduodamų duomenų kiekį virš 14 kartų. Optimizuotas duomenų kiekis sudaro iki 0,7 % duomenų kiekio gaunamo registruojant kas 1 sekundę ir išsaugo visą informaciją apie šildymo sistemos veikimą.

6. Sistemos pagalba surinkti duomenys skirti saulės kolektoriaus matematiniam modeliui sukurti – jie bus panaudoti kaip įėjimo signalas adaptyviojo filtro apmokymo procese.

Literatūra

- Farret, F. A.; Simoes, M. G. 2006. *Integration of alternative sources of energy*. John Wiley & Sons, Inc. 499 p. ISBN 978-0471712329.
- Grigas, J. 2009. Atsinaujinančios energijos yra daugiau nei proto, *Mokslas ir gyvenimas*, 4:5–7;40–41.
- Janušonis, S. 2001. Europa renkasi atsinaujinančią energiją. O Lietuva? In *Mokslas ir gyvenimas* [interaktyvus]. [Nr.] 6 [žiūrėta 2009 m. lapkričio 23 d.]. Prieiga per internetą: <<http://ausis.gf.vu.lt/mg/nr/2001/06/06atsi.html>>.
- Sørensen, B. 2004. *Renewable Energy: Its Physics, Engineering, use, Environmental Impacts, Economy and Planning Aspects*. Elsevier Science, 945 p. ISBN 978-0126561531.

CONTROL AND DATA COLLECTION SYSTEM FOR SOLAR THERMAL COLLECTORS

D. Vasarevičius

Abstract

The paper presents the architecture of the control and statistical data collection system for solar thermal collectors, describing its operating principle and analysis of individual elements, in order to anticipate possible problems and find their solutions. Expanding functionality of the controller of solar thermal collector with online features one can collect data on solar thermal collectors performance in different regions. The paper describes the structure diagram, according to which the system will register operational parameters of the heating system and weather conditions. Data transfer mode, which allows avoiding instant database server load is offered. It is shown, that the simulation of the solar thermal collector operating cycle and optimization of recorded data stream allows over 14 times to reduce the amount of transferred data.

Keywords: solar thermal collectors, alternative energy source, controller.