

---

# Termofikacinė elektrinė liberalizuotoje Lietuvos elektros rinkoje

---

## Ramūnas Gatautis

*Lietuvos energetikos institutas,  
Kompleksinių energetikos tyrimų  
laboratorija,  
Breslaujos g. 3, LT-3035 Kaunas*

Kuriant elektros rinką Lietuvoje ir kitose Baltijos valstybėse neišvengiamai iškils klausimas dėl skirtingų elektros tarifų per parą taikymo visiems rinkos dalyviams – ir pirkėjams, ir pardavėjams. Straipsnyje nagrinėjamos termofikacinių elektrinių galimybės konkuruoti šilumos rinkoje su kitais šilumos tiekimo įrenginiais priklausomai nuo gaminamos elektros pardavimo kainų. Tam tikslui sukurtas techninis ekonominis optimizavimo modelis. Taip pat išnagrinėta šilumos akumuliatorių panaudojimo galimybė ir galima jų įtaka.

**Raktažodžiai:** termofikacinė elektrinė, matematinis modelis, diferencijuoti elektros tarifai, šilumos savikaina, šilumos akumuliatorius

---

## 1. ĮVADAS

Šio darbo tikslas – išsiaiškinti mažų termofikacinių elektrinių galimybes konkuruoti šilumos rinkoje su kitais šilumos tiekimo įrenginiais priklausomai nuo gaminamos elektros pardavimo kainų. Šilumos rinka šiame darbe suprantama kaip šilumos poreikis patalpų šildymui šaltojo sezono metu bei karšto vandens, reikalingo buityje ir aptarnavimo sektoriuje, poreikis. Lyginti penki alternatyvūs variantai: individualus patalpų ir karšto vandens šildymas dujomis, elektra, dabartinės katilinės, vartojančios mazutą arba gamtines dujas, naujos katilinės su gamtinių dujų katilais ir mažos termofikacinės jėgainės, vartojančios gamtines dujas. Į šilumos savikainą, kaip pagrindinį parametą, orientuotasi todėl, kad mažų TE gamybos produktų – šilumos ir elektros energijos vartojimo būdai iš esmės skiriasi. Elektros energija, kai jėgainė prijungta prie elektros tinklų, gali būti perduodama ir labai toli esančiam vartotojui, tačiau vartojama ir gaminama tuo pačiu metu. Elektros energijos perdavimo nuostoliai nėra dideli. Tuo tarpu šilumos, šiuo atveju karšto vandens, vartotojas negali būti labai nutolęs, nes perduoti šiluminę energiją dideliais atstumais yra keblu dėl susidarančių didelių nuostolių. Tačiau šilumą, priešingai nei elektros energiją, galima kaupti ir saugoti, nors ir nelabai ilgą, bet pakankamą laiką, kad būtų sėkmingai lyginami paros ar kelių parų šilumos poreikio kitimo grafikai. Termofikacinių jėgainių galimybėms turi įtaką ne tik gaminamos šilumos savikaina, bet ir parduodamos elektros energijos kainos, kurios per parą gali labai skirtis.

Kuriant bendrą elektros rinką Baltijos valstybėse neišvengiamai iškils klausimas dėl skirtingų elektros tarifų taikymo visiems rinkos dalyviams – ir pirkėjams, ir pardavėjams. Iki šiol daugiatarifė sistema galiojo tik to pageidavusiems vartotojams priklausomai nuo to, kokių paros metu jie vartoja elektros energiją. Tuo tarpu gamintojai savo elektros energiją parduodavo vieninteliam supirkėjui už kainą, kuri nekisdavo nei per parą, nei per sezoną.

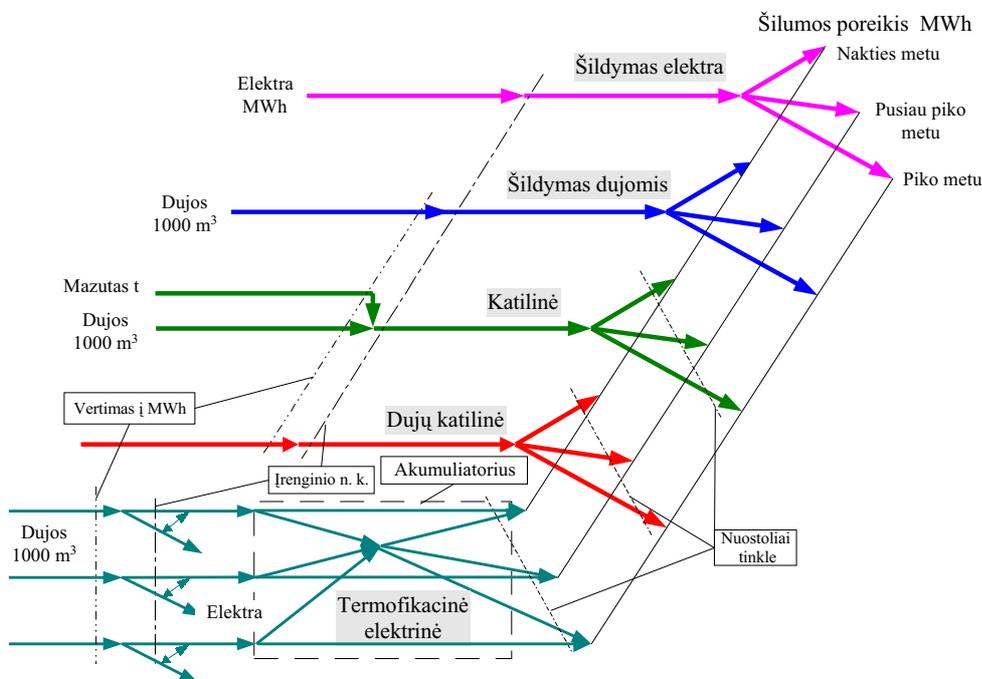
Pagal jau priimtą Elektros įstatymą kuriama elektros rinka turėtų įvesti iš esmės kitokius pirkėjų ir pardavėjų santykius. Atsiradus rinkoje daugiau norinčių pirkti ir parduoti elektros energiją, jos kaina per parą neišvengiamai turės būti diferencijuota.

Darbe nagrinėta, kokią įtaką gali turėti skirtingos parduodamos elektros energijos kainos per parą bei šilumos akumulatoriaus panaudojimas termofikacinių elektrinių darbui ir galimybėms rasti savo vietą šilumos rinkoje. Šiam tikslui sukurtas modelis, galintis įvertinti pagrindinius šilumos ir elektros rinkų veiksnius, turinčius įtaką pasirenkant vieną ar kitą iš minėtų apsirūpinimo šiluma techninių variantų. Tai techninis ekonominis optimizavimo modelis, įvertinantis energijos ir galių balansą.

## 2. MODELIO APRAŠYMAS

Uždaviniui spręsti taikytas grafų metodas, t. y. šakų ir mazgų sistema. Šiuo atveju šakos vaizduoja energijos srautus, t. y. gamtinių dujų, mazuto ir elektros energijos tiekimą, gamybą ir karšto vandens tiekimą vartotojui. Mazgai modelyje aprašo energijos poreikį, srautų subėgimo vietą arba jungia to paties tech-

ninio varianto šakas. Mazguose įtraukiami koeficientai, apibūdinantys kuro (gamtinių dujų, mazuto) transformavimą į MWh, įrenginių naudingumo koeficientus bei energijos nuostolius karšto vandens vamzdynuose. Modelio grafinis vaizdas parodytas 1 pav.



1 pav. Grafinis modelis

Naudojant šį grafinį modelį, optimizacinis uždavinys sprendžiamas simplekso metodu. Modelis sprendžia du matematinius uždavinius: energijos balansą ir galios balansą. Pirmasis optimizuoja energijos srautus tarp parinktų variantų pagal gamybos efektyvumą. Antrasis šiuos variantus optimaliai parenka pagal kapitalo išlaidas, t. y. pagal įrenginių techninio įgyvendinimo ir eksploatacijos išlaidas. Šie uždaviniai sąlygoja vienas kitą, todėl gaunamas optimaliausias variantų įvertinimas ir pagal kintamąsias, ir pagal pastoviąsias išlaidas.

### Energijos balanso modeliavimas

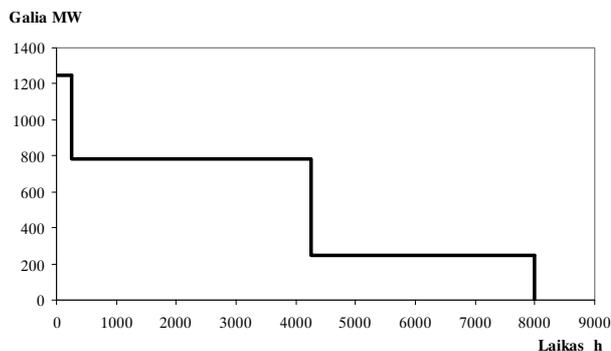
Modelis kurtas darant prielaidą, kad metinį šilumos poreikio kitimą galima aproksimuoti trimis „laiptais“, kaip parodyta 2 paveiksle. Tokiu būdu įvertinama: pats didžiausias šilumos poreikis, kuris paprastai būna per didžiausius žiemos šalčius ir nebūna ilgalaikis; vidutinis šilumos poreikis šildymo sezono metu, kai šilumos reikia ir butyje, ir patalpoms šildyti; taip pat vertinamas minimalus šilumos poreikis, kuris dažniausias vasarą, kai šilumos reikia tik buičiai. Tuo tarpu tarta, kad šilumos poreikis per parą praktiškai nekinta.

Kaip minėta, didelę reikšmę termofikacinių elektrinių darbiui turi gaminamos elektros energijos pardavimo kaina. Todėl šiame darbe daug dėmesio skirta gaminamos elektros energijos pardavimo variantams.

Kaip žinia, elektros energijos kainos labai kinta per parą, o sezoniniai svyravimai kainodaroje neatsispindi.

Daryta prielaida, kad tam tikrą, pakankamai ilgą, laiką galima aprašyti kaip „didelę parą“, t. y. turint omeny, kad para turi 24 valandas, iš kurių, pagal paros elektros apkrovos grafiką, minimali apkrova (mažiausias tarifas) tęsiasi 8 valandas, maksimali apkrova (didžiausias tarifas) – 5 valandas ir vidutinė apkrova (ir atitinkamas tarifas) – 11 valandų. Tarkim, kad dvi paras galima „sujungti“ į vieną „didelę“ parą, kurios pikas tęstųsi 10 valandų, pusiau pikas – 22 valandas, o bazinė apkrova – 16 valandų.

Tokiu būdu aprašius šaltąjį sezoną Lietuvoje, kuris trunka vidutiniškai 167 paras, gaunama „didelė“ para, sudaryta iš 835 valandas besitęsiančio piko, 1837 valandas bus pusiau pikas ir 1336 valandas bazinė apkrova. Tačiau šis aproksimavimas nebus tikslus, kadangi taip neįvertinami savaitgaliai ir švenčių dienos, kurių metu visą parą galioja naktinis tarifas. Šios pataisos kiek pakeičia proporcijas tarp aproksimuotos paros skirtingų apkrovų trukmių. Kaip anai, skaičiuojant anksčiau pasiūlytu būdu žiemą pikas sudaro 21%, pusiau pikas – 46%, o bazinė apkrova – 33% paros. Įvertinus savaitgal-



2 pav. Aproksimuotas metinis šilumos apkrovos grafikas

lius ir švenčių dienas, šios proporcijos būtų atitinkamai 16% (pikas), 32% (pusiau pikas) ir 52% (bazinė apkrova).

Atsižvelgiant į tai, kas išdėstyta, modelis sudarytas iš trijų dalių, atitinkančių aproksimuoto šilumos grafiko tris „laiptus“, kurių kiekvienas aprašytas kaip tipiška to „laipto“ para.

Modelio „variklis“ yra šilumos poreikio taškas, kuris dėl termofikacinės elektrinės vaizdavimo ypatumų padalytas į tris dalis. Poreikio tašką šiuo atveju galima suprasti kaip galutinį vartotoją, kuriam turi būti patiektas tam tikras šilumos kiekis.

*Šilumos tiekimo alternatyviniai variantai.* Esamos katilinės, naujos katilinės su gamtinių dujų katilu bei individualaus šildymo dujomis ar elektra variantų principinis grafinis vaizdavimas yra panašus (išsiskiria tik dabartinių katilinių variantas, kuriame tiekiamas dviejų rūšių kuras: gamtinės dujos ir mazutas) (1 pav.).

Kaip matyti paveiksle, energijos efektyvumo dalyje įvertinamos kintamos nagrinėjamų variantų išlaidos, t. y. išlaidos kurui. Suvartojamo mazuto kiekis skaičiuojamas tonomis, o jo kaina baziniuose skaičiavimuose lygi 500 Lt už toną. Individualaus šildymo elektra variante perkamos elektros energijos kaina nustatyta 274 Lt/MWh. Gamtinių dujų kainos skiriasi priklausomai nuo suvartojamų dujų kiekio, todėl modelyje naudoti du gamtinių dujų tarifai (su PVM): aukštesnis (536 Lt/1000 m<sup>3</sup>) – individualaus šildymo dujomis variante bei žemesnis (431 Lt/1000 m<sup>3</sup>) – centrinio šildymo variantams, t. y. mažos TE, naujos gamtinių dujų katilinės ir dabartinės katilinės variantuose.

Modelyje taip pat vertinami įrenginių naudingumo koeficientai bei šilumos nuostoliai termofikaciniuose vamzdynuose (nagrinėjant centrinio šildymo variantus). Baziniuose skaičiavimo variantuose galioja tokie įrenginių naudingumo koeficientai: individualaus šildymo elektra – 0,99; individualaus šildymo gamtinėmis dujomis – 0,9; mažos termofikacinės jėgainės ir naujos katilinės su gamtinių dujų katilu – 0,65; dabar veikiančios katilinės – 0,6. Centrinio šildymo variantams tokie naudingumo koeficientai taikyti įvertinant tai, kad viso šildymo sezono metu tokius didelės galios įrenginius apkrauti pačiu optimaliausiu režimu vargiai įmanoma, be to, susidaro nuostoliai ir agregatų paleidimų bei stabdymų metu. Taip pat turėta omeny, kad dabar dirbančios katilinės yra daugiausia senos, statytos daug didesniems poreikiams tenkinti ir dažnai neatitinka šiandieninių poreikių. Tuo tarpu akivaizdu, kad individualaus šildymo variantų atvejais agregatų parinkimas ir reagavimas į šilumos poreikių kitimą yra daug lankstesnis, operatyvesnis ir efektyvesnis.

Nuostoliai termofikaciniuose vamzdynuose vertinti tik centrinio šildymo variantuose. Tarta, kad statant gamtines dujas vartojančias naujas katilines ir mažas TE, bus tiesiami ar atnaujinami ir karšto vandens vamzdynai. Tuo tarpu sunku tikėtis, kad neskiriant lėšų šilumos ūkiui atnaujinti ir modernizuoti, paliekant dirbti dabartines katilines, bus rasta būdų pakeisti visus pasenusius ir dėl savo didumo neefektyvius termofikacinius vamzdynus. Tačiau tikėtina, kad šiuo atveju bus atnaujinta bent pusė jų. Todėl baziniuose skaičiavimuose vartotos tokios nuostolių vamzdynuose reikšmės: mažų TE ir naujų katilinių su gamtinių dujų katilais variantuose – 11%, dabartinių katilinių variante – 17%.

*Termofikacinė elektrinė.* Kaip matyti 1 pav., šioje schemoje išsiskiria kelios dalys – pati termofikacinė jėgainė ir šilumos akumulatorius.

Termofikacinės elektrinės schema nuo kitų variantų skiriasi tuo, kad turi ne vieną, o tris pagrindines energijos srautų tėkmės šakas. Tai padaryta, siekiant įvertinti elektros energijos kainų kitimą per parą. Tokiu būdu para padalijama į tris laikotarpius: bazinės apkrovos (naktinį), pusiau bazinį (pusiau pikinį) ir pikinį. Kadangi termofikaciniame gamybos cikle atskirti šilumos ir elektros gamybą yra labai keblus dalykas, tad šilumos srautai, kaip ir elektros, yra trys.

Modelio pagrindu laikomas šilumos poreikis, o elektros pagaminama priklausomai nuo gaminamos šilumos kiekio. Skaičiavimuose naudotas šilumos/elektros santykis 1:1.

### Galios balanso modeliavimas

Galios dalyje vertinamos pastoviosios išlaidos, t. y. išlaidos naujiems įrenginiams pirkti, amortizacija ir remontų išlaidos.

*Įrenginiai.* Skaičiavimuose į naujų įrenginių, statomų dujų katilinėse, kainą įtraukiama tik naujų katilų ir jų įrengimo kaina. Nevertinamos išlaidos naujam dujų ūkiui kurti ir pan. TE, dujų katilinių, šildymo dujomis ir šildymo elektra variantuose numatoma, kad įrenginiai dirbs 15 metų. Variantui su senomis katilinėmis tarta, kad išlaidos naujiems įrenginiams sudarys dešimtąją dalį naujojo agregato vertės. Tačiau išlaidos remontams kur kas didesnės nei naujiems įrenginiams. Amortizaciniai atskaitymai visiems įrenginiams lygūs 10%.

Termofikacinės jėgainės kaina priklauso nuo jos konstrukcijos (su dujų turbina ar varikliu, vieno ciklo ar su papildomu deginimu ir pan.). Šiame darbe TE įrengimo kaina nustatyta 3200 Lt/kW<sub>el</sub>.

*Tinklai.* Neatidėliotinai sprendina problema šilumos tiekimo tinkluose – pasenę ir prastos kokybės vamzdynai bei dėl to patiriami dideli šilumos nuostoliai. Vienas pagrindinių būdų sumažinti šilumos

nuostolius tinkluose yra vamzdžių pakeitimas. Bet tam reikia labai didelių investicijų, kurios ne visada ekonomiškai pasiteisina. Tačiau Lietuvoje centrinio šildymo vamzdynai yra sudėvėti ir artimiausiu metu vis dėlto reikės juos keisti. Todėl į naujų jėginių statybos išlaidas įtrauktos ir naujų vamzdynų nutiesimo išlaidos.

Apskaičiuota, kad TE 1 kW pareikalaujamos galios tenka 0,608 m termofikacinio vamzdyno, arba 515,7 Lt/kW, dujotiekiui – 152 Lt/kW. Karšto vandens ir dujų vamzdynai tarnauja ne trumpiau kaip 20 metų. Tai šiame modelyje ir įvertinta.

Variante, kai patalpos šildomos elektra, reikia įvertinti tai, kad daugumos gyvenviečių elektros instaliacija yra nepakankama daug didesnei apkrovai. Įrengiant didesnės galios elektros apkrovą nei buvo projektuota, 1 kW papildomos galios elektros tinklams, ekspertų vertinimu, kainuoja apie 500 Lt. Modelyje tarta, kad naujai pertvarkyti elektros tinklai tarnaus 30 metų.

*Šilumos akumulatorius.* Šilumos poreikis per parą gali smarkiai kisti. Tuo tarpu greitai ir labai keisti šilumos gamybos agregato galią ne visada įmanoma ir dažnai neefektyvu. Išlyginti šilumos poreikio netolygumą per parą ar kelias paras galima šilumos akumulatoriais. Dažniausiai tai yra karšto vandens talpyklos, kurios mažesnės šilumos apkrovos metu užpildomos, o esant staigiam ar didesniai poreikiui sukauptą vandenį atiduoda. Šis įrenginys tampa ypač reikalingu termofikacinėms elektrinėms, kai jėgainė turi galimybę staigiai ir gerokai keisti savo galią per parą ir taip kuo optimaliau pasinaudoti per parą labai skirtingais elektros energijos tarifais. Šiame darbe, siekiant išvengti griozdiško modelio, padaryta prielaida, kad šilumos vartojimas per parą yra vienodas. Todėl jis numatytas tik termofikacinei jėgainėi, kuriai aktualu sekti parduodamos elektros energijos kainas. Šilumos akumulatorius aprašytas taip: šilumos gamyba ir vartojimas per parą padalytas į tris laikotarpius, kurių kiekvieno metu pagaminta šiluma gali būti tiekiamą tiesiogiai vartotojui arba kaupiama šilumos akumuliatoriuje ir vartotojui patiekiamą kitu laikotarpiu. Skaičiavimuose naudota šilumos akumulatoriaus kaina lygi 8000 Lt/m<sup>3</sup>. Šilumos akumulatoriaus dydį modelis parenka atsižvelgdamas į jo reikalingumą.

### 3. SKAIČIAVIMO METODIKA IR REZULTATAI

Kaip žinia, iki šiol iš elektrinių perkamos elektros energijos kainos nėra diferencijuo-

tos per parą. Kokios jos galėtų būti šiandien, tiksliai teigti neįmanoma, todėl skaičiavimuose naudotos tikėtinos kainos. Jas nustatyti galima dviem būdais: palyginamuoju ir analitiniu. Palyginamuoju būdu kaip tikėtinos imamos kaimyninių šalių kainos. Tačiau taip jas nustatyti yra pakankamai keblu, nes Rytų elektros energetikos sistemose, kurios panašiausios į Lietuvos, iki šiol vartojami ir panašūs kainodaros principai, t. y. gamintojams elektros tarifai per parą nediferencijuoti. Lygiuotis į Vakarų šalių elektros energijos pardavimo kainas irgi netikslinga dėl didelių elektros sistemų valdymo, įrenginių, generavimo struktūros, mokesčių skirtumų. Todėl pasirinktas analitinis tikėtinų elektros pardavimo kainų nustatymo būdas. Remtasi Lietuvos elektros energetikos sistemos vidutiniu metiniu paros apkrovos grafiku ir vidutine elektros kaina. Toliau numatomas pikinio ir naktinio tarifų santykis  $K_p/K_n$  ir pagal formulę apskaičiuojamas jų reikšmės [2]:

$$K_v E_s = K_p E_p + K_v E_v + K_n E_n;$$

čia  $K_v$  – vidutinis elektros tarifas, taikomas ir pusiau pikinės apkrovos metu;

$E_s$  – elektros energijos kiekis, pagamintas per parą;

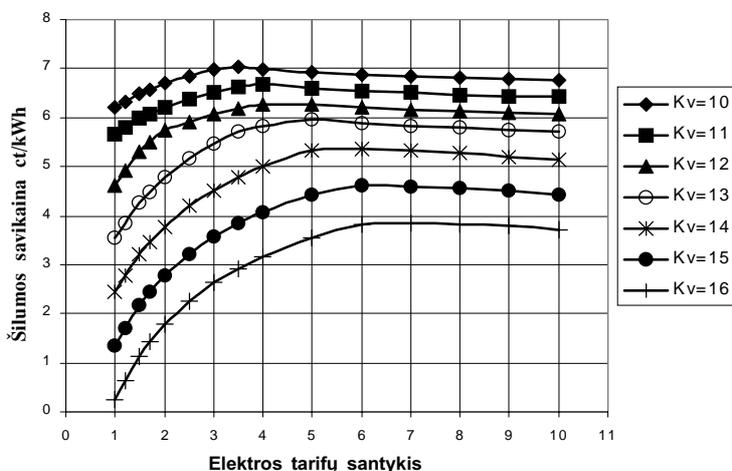
$K_p$  – pikinis elektros tarifas, taikomas pikinio sistemos apkrovimo metu;

$E_p$  – elektros energijos kiekis, pagamintas pikinio sistemos apkrovimo metu;

$E_v$  – elektros energijos kiekis, pagamintas pusiau pikinio apkrovimo metu;

$K_n$  – naktinis elektros tarifas, taikomas nakties metu bei savaitgalių ir švenčių dienomis;

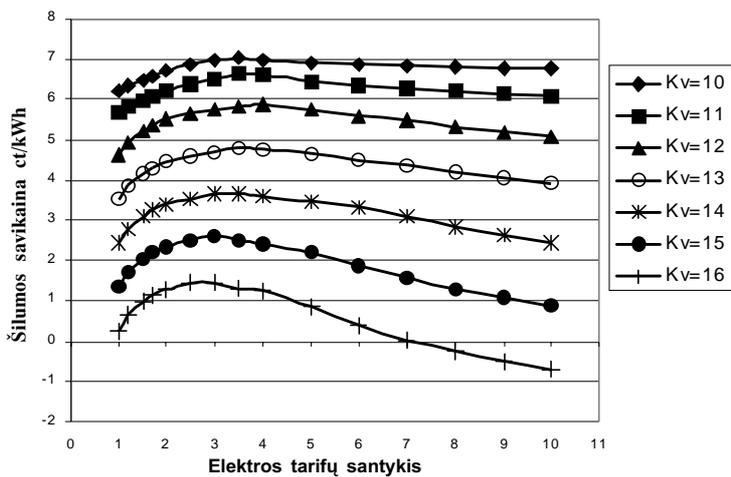
$E_n$  – elektros energijos kiekis, pagamintas nakties metu.



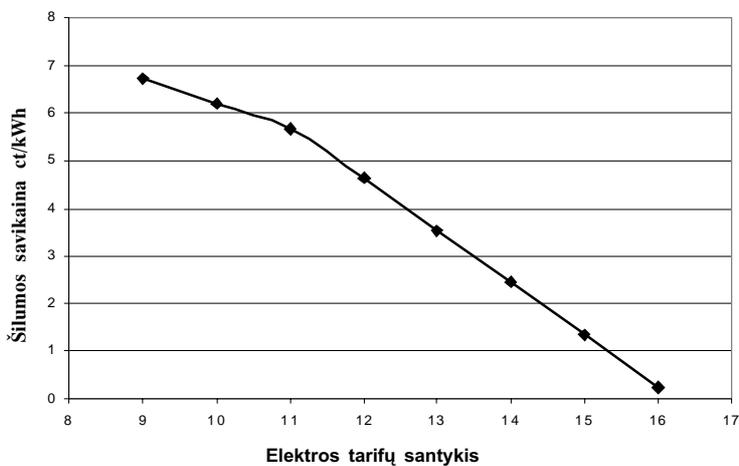
3 pav. Šilumos savikainos priklausomybė nuo elektros kainų santykio, kai šilumos akumulatorius nenaudojamas

Lentelė. Įvairioms  $K_v$  reikšmėms apskaičiuoti parduodamos elektros tarifai  $K_p$  ir  $K_n$

K <sub>p</sub> /K <sub>n</sub> santykis	K <sub>v</sub> = 9 ct/kWh		K <sub>v</sub> = 10 ct/kWh		K <sub>v</sub> = 11 ct/kWh		K <sub>v</sub> = 12 ct/kWh		K <sub>v</sub> = 13 ct/kWh		K <sub>v</sub> = 14 ct/kWh		K <sub>v</sub> = 15 ct/kWh		K <sub>v</sub> = 16 ct/kWh	
	K <sub>n</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>n</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>n</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>n</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>n</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>n</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>n</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>n</sub>	K <sub>p</sub>
1	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16
1,2	8,33	9,99	9,26	11,11	10,18	12,22	11,11	13,33	12,03	14,44	12,96	15,55	13,88	16,66	14,81	17,77
1,5	7,49	11,24	8,32	12,49	9,16	13,73	9,99	14,98	10,82	16,23	11,65	17,48	12,49	18,73	13,32	19,98
1,7	7,02	11,94	7,8	13,26	8,58	14,59	9,36	15,92	10,14	17,24	10,92	18,57	11,7	19,89	12,48	21,22
2	6,42	12,80	7,13	14,26	7,84	15,69	8,56	17,11	9,27	18,54	9,98	19,96	10,69	21,39	11,41	22,81
2,5	5,61	14	6,24	15,59	6,86	17,15	7,48	18,7	8,11	20,26	8,73	21,82	9,35	23,38	9,98	24,94
3	4,99	14,96	5,54	16,62	6,09	18,28	6,65	19,94	7,2	21,6	7,76	23,27	8,3	24,93	8,86	26,59
3,5	4,49	15,70	4,98	17,44	5,48	19,19	5,98	20,93	6,48	22,68	6,98	24,42	7,48	26,16	7,97	27,91
4	4,08	16,31	4,53	18,12	4,98	19,93	5,44	21,74	5,89	23,55	6,34	25,36	6,79	27,18	7,25	28,99
5	3,45	17,24	3,83	19,15	4,2	21,1	4,59	22,99	4,98	24,9	5,36	26,81	5,75	28,73	6,13	30,65
6	2,99	17,92	3,32	19,91	3,65	21,9	3,98	23,89	4,31	25,89	4,65	27,88	4,98	29,87	5,31	31,86
7	2,64	18,44	2,93	20,49	3,22	22,5	3,51	24,59	3,81	26,64	4,09	28,69	4,39	30,74	4,68	32,79
8	2,36	18,86	2,62	20,95	2,88	23,05	3,14	25,14	3,41	27,24	3,67	29,33	3,93	31,43	4,19	33,52
9	2,13	19,19	2,37	21,32	2,61	23,45	2,84	25,59	3,08	27,72	3,32	29,85	3,55	31,98	3,79	34,11
10	1,946	19,47	2,16	21,63	2,38	23,79	2,59	25,95	2,81	28,12	3,03	30,28	3,24	32,44	3,46	34,6



4 pav. Šilumos savikainos priklausomybė nuo elektros kainų santykio, kai TE dirba su šilumos akumulatoriumi



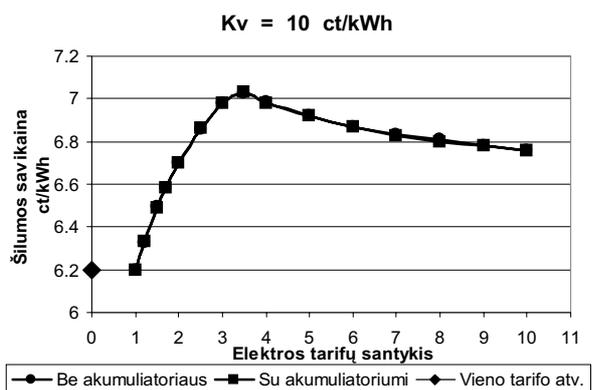
5 pav. Šilumos savikaina, kai TE dirba esant vienam gaminamos elektros energijos pardavimo tarifui

Tokiu būdu apskaičiuoti parduodamos elektros energijos tarifai tikėtinausi būsimoje Lietuvos elektros rinkoje. Tiesa, skaičiavimuose naudotas  $K_p/K_n$  santykis normaliomis sąlygomis vargu ar pasieks reikšmę 10, tačiau yra patogus analizuojant skaičiavimų rezultatus ir jų kitimo tendencijas.

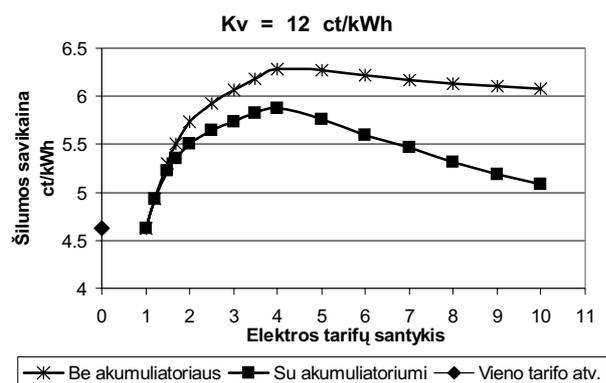
Šiame darbe analizuojant skirtingų elektros tarifų įtaką termofikacinės jėgainės darbui įvertinta tai, kad TE turės konkuruoti šilumos tiekimo rinkoje su kitomis šilumos tiekimo alternatyvomis. Modeliui parenkant vienokį ar kitokį šilumos tiekimo variantą (ar jų kombinaciją) pagrindinis kriterijus yra tiekiamos šilumos savikaina. Ji turi būti kuo mažesnė numatytais sąlygomis.

Pagal lentelėje pateiktas elektros tarifų reikšmes apskaičiuota TE gaminamos šilumos savikaina. Pagrindiniai modeliavimo rezultatai apibendrinti 3–5 pav.

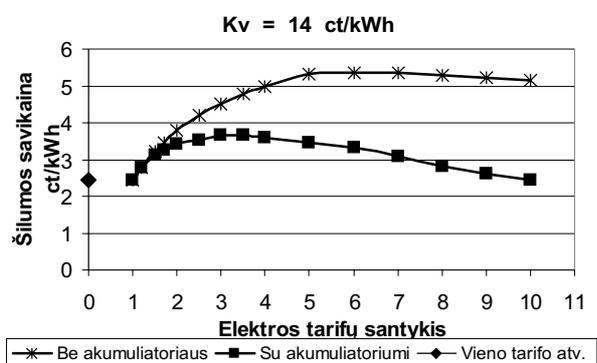
Skaičiavimo rezultatai rodo, kad šilumos akumulatorius reikalingas tik esant skirtingiems parduodamos elektros tarifams. Kuo šie tarifai labiau skiriasi, tuo modelio parenkamas šilumos akumulatorius didesnis. Darant šią išvadą reikėtų prisiminti vieną modeliuojant priimtą išlygą, kad šilumos poreikis per parą nekinta. Tai ne visada teisinga, nes priklausomai nuo vartotojo tipo šilumos poreikis gali gana smarkiai svyruoti. Todėl parenkamo šilumos akumulatoriaus dydis irgi gali būti ki-



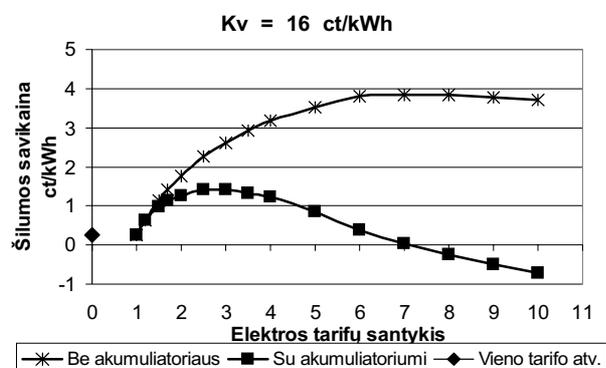
a



b



c



d

6 pav. TE su šilumos akumulatoriumi ir be jo gaminamos šilumos savikainos palyginimas

toks. Tačiau akumulatoriaus įtaka šilumos savikainai yra neabejotina ir didėja didėjant parduodamos elektros tarifų santykiui.

Paveiksluose matyti bendra šilumos savikainos kėlimo tendencija. Siekiant akivaizdžiau pademonstruoti variantų skirtumus, skaičiavimo rezultatai pavaizduoti 6 pav., juos kitaip grupuojant.

Kaip matyti 6a pav., esant mažesniai vidutiniam elektros pardavimo tarifui, termofikacinė elektrinė ir turėdama šilumos akumulatorių, ir neturėdama jo šilumą gamintų už tą pačią savikainą (kai  $K_v = 10$  ct/kWh). Tačiau vidutiniam tarifui  $K_v$  ir elektros tarifų santykiui didėjant, šilumos savikainos dydis pradeda labai skirtis. Tai rodo, kad esant dideliame elektros tarifų skirtumui, šilumos akumulatorius gali turėti esminės įtakos TE darbo režimams ir gaminamos šilumos savikainai. 6 pav. visais atvejais pažymėtas taškas, rodantis šilumos savikainos reikšmę, kai termofikacinė elektrinė parduoda pagamintą elektros energiją esant vienam tarifui, kuris per parą nekinta. Palyginus jį su trijų tarifų sistema, matyti, kad ši reikšmė (ypač kai mažesnės  $K_v$  reikšmės) yra maža. Tai paaiškintina tuo, kad TE, turėdama galimybę dirbti ne ištisai, o tik tuo metu, kai elektros kaina yra didžiausia, turi būti didesnės instaliuotos galios, nes šilumos poreikis šiuo atveju yra pastovus. Tačiau esant didelei  $K_v$  reikšmei (16 ct/kWh), šilumos akumulatorius leidžia sumažinti šilumos savikainą iki minimumo.

#### 4. IŠVADOS

1. Termofikacinėms elektrinėms, turinčioms lanksčiai reaguoti ir į elektros, ir į šilumos rinkų pokyčius, elektros energijos tarifai, diferencijuoti per parą, gali turėti didelę įtaką. Galimas techninis sprendimas lankstumui realizuoti – šilumos akumulatorių panaudojimas. Šių galimybių įtakai TE gaminamos šilumos savikainai tirti sukurtas optimizacinis modelis, kuris gali būti panaudotas realizuojant investicinius projektus šilumos ūkyje.

2. Pasiūlyti diferencijuotų elektrinių gaminamos elektros energijos pardavimo kainų prognozavimo principai.

3. Skaičiavimų analizė parodė, kad didėjant elektros kainų diferenciacijai ir vidutiniam jų lygiui, šilumos akumulatoriai gali turėti esminės įtakos TE gaminamos šilumos savikainai.

Gauta  
2001 04 17

#### Literatūra

1. Gatautis R. Mažosios termofikacijos galimybės Lietuvoje // Elektrotechnika. 1999. Nr. 23(32). P. 23–28.

2. Pažėraitė A., Krakauskas M. Elektros tarifų diferencijavimo principai Lietuvoje // *Ekonomika ir vadyba*. 2000. Nr. 1(2). P. 91–94.

**Ramūnas Gatautis**

**CHP IN THE LIBERALIZED ELECTRICITY MARKET OF LITHUANIA**

**S u m m a r y**

The Lithuanian electricity sector is under reform. The differentiated tariffs according to daytime will be valid for both sellers and buyers of electricity in the liberalized market. The possibility of a CHP to outlive other systems of heat supply – old heat only-boiler plants, new gas heat only-boiler plants, individual heating of buildings with gas or electricity – are analyzed. The impact of heat accumulator on the activity of CHP is analyzed, too. A mathematical optimization model is proposed for those purposes. A short description of the model is presented. The implementation of heat accumulator can have an essential impact on heat cost of CHP.

**Key words:** combined heat and power unit, mathematical model, differentiated tariffs, heat cost, heat accumulator

**Рамунас Гатаутис**

**РАБОТА ТЭС ПОСЛЕ ЛИБЕРАЛИЗАЦИИ РЫНКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЛИТВЫ**

**Р е з ю м е**

В настоящее время энергетическая система Литвы переживает период коренных реформ. После либерализации рынка электроэнергии дифференцированный в течение суток тариф будет применяться как для потребителей, так и для генераторов энергии. В статье представлен анализ конкурентоспособности ТЭЦ с другими вариантами отопления помещений: с ныне работающими котельными, с новыми котельными, с газовыми котлами, с индивидуальным отоплением природным газом или электричеством. Кроме того, приведён анализ возможного влияния аккумулятора тепла на работу ТЭС. Для этой цели создана математическая оптимизационная модель. В статье дано краткое описание этой модели и представлены результаты расчетов. Установлено, что использование аккумуляторов тепла может иметь существенное влияние на себестоимость производимого на ТЭС тепла.

**Ключевые слова:** ТЭС, математическая модель, дифференцированный тариф, себестоимость тепла, аккумулятор тепла