

Energetinės sistemos plėtros analizei skirtø modeliø apžvalga

Dalius Tarvydas

*Lietuvos energetikos institutas,
Kompleksiniø energetikos problemø
tyrimo laboratorija, Breslaujos g. 3,
LT-44403 Kaunas,*

el. paštas dali@mail.lei.lt

Straipsnyje pateikti pagrindiniai kriterijai, pagal kuriuos, autoriaus nuomone, reikëtø vertinti modelius, skirtus analizuoti energetines sistemas. Detaliau nagrinëti pagrindiniai skirtumai tarp optimizaciniø ir skaiëiuojamøjø modeliø, gilintasi á laiko dalijimo átakà ðiems modeliams.

Be bendrøjø principø renkantis modeliavimo áranká, detaliau nagrinëti du optimizaciniai modeliai: MESSAGE ir Balmorel, iðryðkinant jø pranašumus ir trūkumus numatytajam uždaviniui spræsti.

Raktaþodþiai: matematiniai modeliai, Balmorel, MESSAGE, optimizaciniai modeliai, laiko dalijimas

1. ÁPANGA

Visuomenei vystantis, energetikos sektorius tampa vis sudëtingesnis ir vis reikðmingesnis. Net trumpam nutrūkus energijos tiekimui, visuomenë yra paralyþiuojama: sustoja gamybinë veikla, sutrinka paslaugø tiekimas, pablogëja gyvenimo kokybë ar net iðkyla pavojus gyvybei. Ilgesniam laikui nutrūkus energijos tiekimui, ðiuolaikinë visuomenë þlugtø. Sprendimai, kaip plëtoti energetikos sektoriø, yra gyvybiðkai svarbûs: neteisingai pasirinkta strategija gali sustabdyti ðalies ar regiono ekonominæ paþangá, sukelti socialiniø ar ekologiniø problemø. Norint priimti optimalø sprendimà, būtina patikima informacija apie galimus plëtros variantus ir jø pasirinkimo pasekmes. Nuo pat kompiuteriø eros pradþios buvo kuriami matematiniai modeliai, skirti ðio sektoriaus analizei, siekiant lengvesnio svarbiø sprendimø priëmimo. Ðiandieninis tokiø modeliø spektras yra labai platus, besiskiriantis savo taikymo sritimis, nagrinëjamo laiko diapazonais, todël labai svarbu iðsirinkti tinkamà áranká iðkilusiai problemai spræsti. Nuolatos didëjantys reikalavimai visiems energetikos sektoriams reikalauja vis sudëtingesniø, lankstesniø, labiau pritaikytø nagrinëjamai situacijai árankiø. Rinkos liberalizavimas, sugrieþtinti reikalavimai aplinkos tarðai, atsinaujinanëiø energijos ðaltiniø rëmimas, tiekimo saugumas ir patikimumas – tai tik keletas naujø problemø, iðkeltø per pastaràjá deðimtmetá. Visuotinai pripaþinta tapo darnaus vystymosi koncepcija.

Ðiame darbe bus apžvelgta pagrindinës modeliø, skirtø energetikos sektoriaus plëtrai nagrinëti, tendencijos bei jø pritaikomumas Lietuvos sàlygomis. Dauguma egzistuojanëiø modeliø buvo kurti kon-

kreëiai tos ðalies problemai spræsti, todël jø pritaikymas Lietuvos sàlygomis ne visada yra paprastas ar net tikslingas. Tai ypaë aktualu nagrinëjant elektros ir õilumos sektorius, kurie mûsø ðalyje gerokai skiriasi tiek nuo Ðiaurës Amerikos, tiek nuo Vakarø Europos. Detaliau bus apžvelgti du modeliai: BALMOREL ir MESSAGE, kurie yra pagrindiniai šiuo metu Lietuvoje naudojami kompleksinei energetikos sektoriaus analizei.

2. BENDRA MODELIØ APŽVALGA

Ðiuo metu yra sukurta, kuriama ar tik numatoma kurti daug matematinø modeliø, skirtø modeliuoti energetinæ sistemà: visà ar kurià nors jos dalá. Norint supaprastinti modeliø analizæ, reikëtø juos sugrupuoti. Ðiame darbe grupavimà atliksime pagal du kriterijus, kurie savo ruoþtu bus skaldomi á smulkesnius. Pirmasis pasirinktas kriterijus, pagal kurá vertinsime modelius, – veikimo principas. Pagal já modeliai gali būti skirstomi á

a) besileidþianëius (Top-Down) ir kylanëius (Bottom-Up);

b) optimizacinius ir skaiëiuojamuosius;

c) atviro / uþdaro kodo.

Kitas ne maþiau svarbus kriterijus – modeliø apžëptis. Ji taip pat gali būti keliø tipø:

a) analizës trukmë ir laiko segmentavimas;

b) agregacijos mastas;

c) suskirstymas sektoriais.

Darbo patogumas, duomenø pateikimo forma – taip pat svarbûs kriterijai, bet kadangi jie neturi þenklios átakos galutinio rezultato kokybei, ëia jie nebus nagrinëjami.

Kylantys modeliai: jie aprþpia nuo smulkesniø iki bendresniø principø. Besileidþiantys modeliai: aprþpia nuo bendresniø iki smulkesniø principø. Daþniausiai aptinkami kylantys modeliai orientuojasi tik á energetikos sektorio, detalizuodami ávairias energijos naudojimo paskirtis, bet agreguodami jos gamybà. Ðio tipo modeliai telkiasi ties energijos vartojimu ir koreliacija tarp skirtingø energijos rûdø. Tuo tarpu besileidþiantys modeliai iðsamiai apraðo energijos generacijà, bet jau nesigilinama á vartojimo niuansus. Ðiuolaikiniai modeliai daþnai turi tiek besileidþianèiø, tiek kylanèiø modeliø savybiø.

Pagrindinis optimizacinio modeliø pranaðumas, palyginti su skaièiuojamaisiais: jie naudoja optimizacinius paketus ir ið visø ánanomø sprendiniø iðrenkata, kuris geriausiai atitinka ið anksto numatytus kriterijus – tokius, kaip bendrø sistemos kaðtø maþinimas ar pelno didinimas, realizuojant numatytus energijos poreikius ir kitus techninius, ekonominius, gamtosauginius, politinius ribojimus ir pan. Ið èia iðplaukia ir pagrindinis jø trûkumas – optimizaciniai skaièiavimai linkæ uþimti sàlyginai daug laiko. Kai kuriais atvejais vieno scenarijaus rezultatø gavimas gali uþtrukti nuo keliø valandø iki keliø parø ar net savaièiø. Tokio modeliø derinimas gali tapti probleminiu. Kita vertus, modeliai, neturintys optimizacijos, nors rezultatus ir pateikia akimirksniu, reikalauja kur kas daugiau modeliuitojo darbo priimtinam rezultatui pasiekti (tenka atskirai perskaièiuoti nuo keliø iki keliasdeðimties variantø, kol pasieksime daugmaþ mus tenkinantà rezultatà, o netgi já gavæ niekada nebûsime tikri, kad radome geriausià galimà sprendimà). Taip pat egzistuoja ir keli maþesni pogrupiai: paþingsniniai, skaièiuojamieji modeliai (pavyzdþiui, Argono Nacionalinës laboratorijos (ANL) sukurtas BALANCE [1]) bei naujo tipo modeliai, parenti neuronø tinklais. Vienintelis autoriui þinomas Ðio tipo modelis yra ANL kuriamas EMCAS [2, 3].

Atviro kodo modeliai – tai tie, kuriø vartotojai turi galimybæ þinoti ne tik naudojamo modelio matematinæ pusæ, bet ir tai, kaip ji yra realizuota. Tai ágalina ne tik geriau suprasti modelio veikimà ir interpretuoti rezultatus. Jei tai leidþia modelio licencija, tokie modeliai gali bûti kur kas geriau pritaikomi vartotojo poreikiams, kuriant papildomas funkcijas ir modulius. Geras atviro kodo modelio pavyzdys – Balmorel [4–9]. Ðiuo metu Lietuvos energetikos institute kuriamas vienas papildomø jo moduliø, skirtas nagrinèti ðilumos ûkà Gaila, bet Ðio tipo modeliø nëra daug.

Dauguma ðiuolaikiniø modeliø yra uþdaro kodo modeliai (MESSAGE, ENPEP, MARKAL ir t. t.). Tai yra natûralu – aukðto lygio programavimo kalbø vartojimas ágalina sukurti patogesnæ vartotojo sàsajà bei paspartinti kûrimo darbus. Autorio turtinës teisës taip pat vaidina ne maþiau svarbø vaidmenà Ðio tipo modeliø pagrindinis trûkumas yra tai, kad jie iki tam tikro laipsnio visada liks „juodàja dþþe“. Net

ir þinodamas matematinæ modelio pusæ, niekada negali bûti tikras dël realizacijos tikslumo ar niuansø.

Klasifikacija pagal analizuojamà laikotarpà nëra labai tiksli. Galima iðskirti kelis pagrindinius kriterijus:

a) *operatyviniai modeliai – analizuoja laikotarpà nuo valandos iki keliø mëniesiø;*

b) *trumpo laikotarpio – analizës trukmë nuo 1 iki 5 metø;*

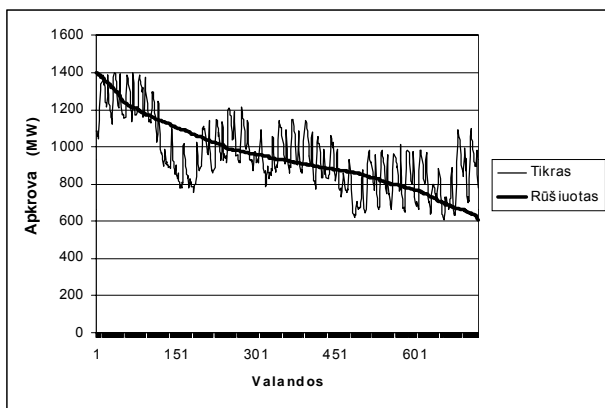
c) *vidutinio laikotarpio – analizës trukmë nuo 3 iki 15 metø;*

d) *ilgo laikotarpio – analizës trukmë nuo 10 metø.*

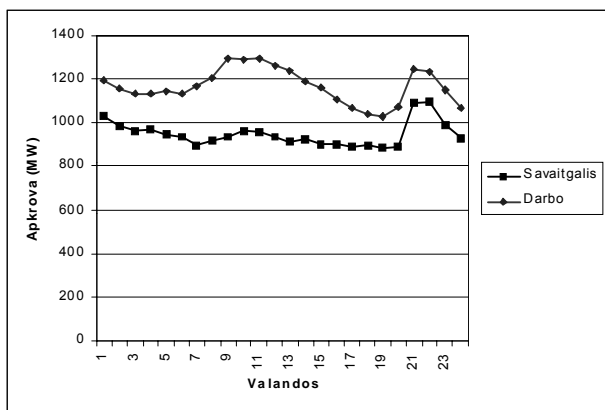
Dauguma ðiuolaikiniø modeliø specializuojasi operatyvinei/trumpo periodo arba vidutinio/ilgo periodo analizei.

Laiko vertinimo problema modeliuose, skirtuose energetinëms sistemoms modeliuoti, yra labai svarbi. Tai ypaè aktualu elektros energetinëms sistemoms. Kaip matyti 1 pav., net ir per mënèsà poreikis gali kisti net kelis kartus (lyginami minimalûs ir maksimalûs valandos poreikiai). Per metus Ðie pokyèiai bus dar didesni. Panaði problema iðkyla ir panagrinëjus paros apkrovos grafikus. Jie taip pat turi tiek savo bazæ, tiek pikus. Be to, kaip matyti 2 pav., tarpusavyje savo forma skiriasi darbo dienos ir savaitgalio grafikai. Taigi atsivþelgiant á didelius pokyèiø svyravimus atrodo natûralu, kad tikslingiausia bûtø modeliuoti metus pavalandþiui – bet daugeliu atvejø tai nëra gera idëitis: tai neleistinai iðtæstø laikà, reikalingà skaièiavimams atlikti. Pirmuosiuose energetinës sistemos modeliuose dël netobulos skaièiavimo technikos laiko problema visiðkai nebûdavo sprendþiama. Vëlesniuose, tokiuose kaip WASP [10], metai buvo dalijami á kelias dalis (daþniausiai 4–12), sudarant laiptuotà apkrovimo trukmës kreivæ ir visiðkai ignoruojant svyravimus per parà. Ðiuolaikiniai modeliai ne tik leidþia dalyti metus á pasirinktà skaièiø daliø, bet ir naudoja papildomas paros apkrovos kreives. Apkrovos kreiviø bûtinumas akivaizdus: pavyzdþiui, tarkime, kad metiniai energijos poreikiai pavaizduojami vienu skaièiumi. Tokiu atveju arba nebus atsivþelgiama á pikiniø galingumø poreikà, arba visas energijos poreikis bus padidintas kelis kartus. Bet kuriuo ið Ðiø atvejø generatorio parinkimas bus nutolæs nuo optimalaus. Optimalus paros ir metø dalijimas á agreguotus segmentus savaime yra ádomus klausimas, vertas atskiro straipsnio, be to, vienoks jis turëtø bûti modelyje, nagrinëjanèiame energetinæ sistemà kaip visumà, ir kitoks modelyje, apraðanèiame atskirà generatorio.

Agregacijos mastas labai priklauso nuo sprendþiamo uþdavinio tipo ir dydþio. Jei skaièiuojama sistema – ðalis ar ðaliø grupë, naudotini didesnio agregacijos lygio duomenys. Jei nagrinëjama viena áronë ar atskiras generatorius – reikia tikslesniø duomenø. Ðiuolaikiniai modeliai daþniausiai leidþia vartotojui pasirinkti agregacijos lygà, kuris gali kisti ne



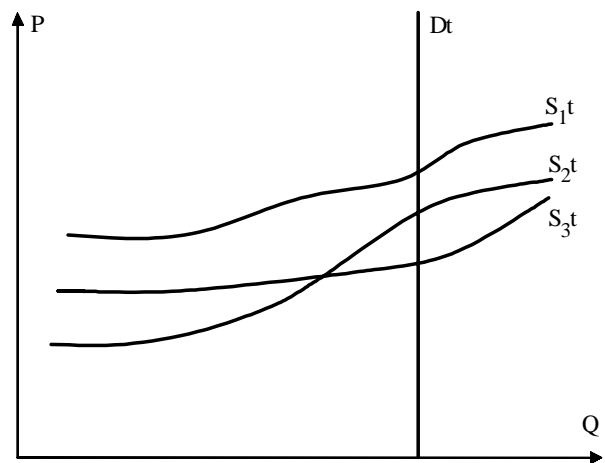
1 pav. Realus ir rûðiutas mënësio apkrovos grafikas



2 pav. Realûs darbo dienos ir savaitgalio grafikai

tik tarp atskirø scenarijø, bet ir scenarijaus viduje – vienus sektorius vaizduojant detaliau nei kitus.

3 ir 4 šio straipsnio skyriuose bus apþvelgti du optimizaciniai modeliai. 3 paveiksle pateikti grafikai, kaip ðie modeliai renkasi technologijas: visos esamos ir galimos technologijos grupuojamos, sukuriant atskiras pasiûlos kreives S_1 , S_2 , ... S_n . Paklausa kiekviename periode konkreèiam produktui ar energijos rûðiai yra fiksuota (ji kinta tik tarp atskirø periodø ar metø). Taigi minëtam pavyzdyje ðiame periode turëtø bûti iðrinkta technologijø grupë, pateikianti S_3 pasiûlã. Balmorel atveju taip ir ávyktø.



3 pav. Pasiûlos / paklausos kreivës optimizaciniuose modeliuose

MESSAGE atveju situacija klostytøsi kiek kitaip: bûtø perþiûrimi visi periodai ir randamas bendras, o ne lokalus optimumas.

3. BALMOREL MODELIS

Balmorel modelis buvo pradëtas kurti 1999–2000 m. Danijos energetiniø tyrinëjimø programos rëmuose. Jo tikslas buvo sukurti árankã skirtã energetiniam sektoriui modeliuoti, daugiausia orientuojantis á Baltijos regiono valstybes. Minëtas modelis aprëpia ðias pagrindines sritis: energetikã (elektros ir õilumos ûkius), aplinkosaugã ir bendrã sistemas ekonomiðkumã. Dar ðis modelis vis dar aktyviai plëtojamas.

Balmorel – tai atviro kodo optimizacinis modelis, skirtas vidutinio ir ilgo laikotarpio analizei, nors, pasak autoriø, ðiuo modeliu gauti rezultatai gali bûti naudojami ir vieneriø metø analizei. Modelis paraðytas naudojantis GAMS matematine programavimo kalba (todël norint juo naudotis, reikalingas ðis paketas). Duomenys pateikiami tekstiniais failais, lentelėmis, nors ðiuo metu ir plëtojama grafinë vartotojo sãsaja, bet ji tãra tik bandymø stadijos.

Ðis modelis yra kylanëio tipo – jame pagrindiniai akcentai yra generuojanëios technologijos, o vartojimo pusë iðreikðta tik poreikiais. Pagrindinë modelio varomoji jëga – õilumos ir elektros paklausa. Pagal jã parenkamos generuojanëios technologijos, kurios atitinkdamos visus numatytus sistemos ribojimus, tokius, kaip gamtosauginiai reikalavimai, technologiniai ribojimai bei pralaidumø ribojimai, patenkintø ðã poreikã maþiausia kaina. Modeliuojama visã energetinã sistemã suskirsëius regionais. Regionu gali bûti bet kas, pradedant atskiru miestu ar rajonu ir baigiant valstybe. Tarpusavyje regionai gali keistis elektros energija, besiremdami rinkos dësniais: energija bus perduodama tik tada, kai perduodanëiojo regiono kaina bus maþesnë uþ priimanëio regiono kainã. Natûralu, kad õiluma keistis regionai tarpusavyje negali. Yra vertinami tiek perdavimo tarp regionø, tiek paskirstymo viduje nuostoliai. Kiekvienas regionas turi nuosavus poreikius, iðteklius ir generatorius. Atmosferos tarða yra apskaièiuojama remiantis technologijos naudojamu kuru bei paëios technologijos parametrais. Modelis taip pat suteikia galimybã ávertinti mokesëiø átakã. Nagrinëjami 4 tipø mokesëiai:

- kuro,
- terðalø,
- vartotojø,
- pridëtinës vertës.

Pagrindiniai technologijas apraðantys parametrai yra standartiniai: generatoriaus tipas, kuro tipas, naudingumo koeficientas, fiksuoti ir kintami kaðtai (naujiems árenginiams – dar ir investicijos), gyvavimo trukmë ir pan., taip pat nuo technologijos priklausanti aplinkos tarða: NO_x ir CH_4 . Technologijos gali tiek naudoti kelias kuro rûðis, tiek dirbti termofikaciniu reþimu.

Laikas ðiame modelyje iðreiðkiamas dvimate matrica. Pradþioje metai yra padalijami á laisvai pasirinktà sezonø kieká, po to sezonai, savo ruoþtu dalijami smulkiau. Ðá dalijimá galima ásvaizduoti kaip, tarkime, mënėsio dalijimá á tipines paros valandas; kadangi daliø skaiëiø galima laisvai pasirinkti, tai ánanoma padalyti ir smulkiau.

Kaip vienà modelio trûkumø reikëtø nurodyti tai, kad jis optimizuoja kiekvienus metus atskirai (4 pav. a). Tai reiðkia, kad konkretiems metams bus išrinktas optimalus sprendimas – vietinis optimumas – bet tai negarantuoja, kad visam tiriamajam laikotarpiui šis sprendimas išliks optimalus. Pailiustruosime tai pavyzdþiu. Tarkime, einamaisiais metais modeliu nusprendþiama, kad yra pigiau pastatyti naujus 100 MW energetinius blokus, nei eksploatuoti jau esamus. Tokiu atveju jis iðrenka pigiausią leistinà alternatyvą ir pastato naujà jëgainà, kurios gyvavimo trukmë 20 metø. Tarus, kad situacija su generuojanëiomis technologijomis nekis, toks sprendimas iðliks optimalus nepriklausomai nuo to, ar bus optimizuojami atskiri metai, ar visas analizuojamas periodas. Bet jei, tarkim, po metø atsirastø technologija, kuri sugebëtø generuoti tuos paëius 100 MW, tarkime, 2 kartus pigiau, tokiu atveju pirminë investicija nepasiteisintø. Tiesa, toks optimizacijos realizavimas turi ir savø pranaðumø: laikas, sugaiðtamas sprendiniui gauti, yra labai trumpas. Be to, ðiuo metu Balmorel autoriai kuria naujà modelio versijà, kuri ið dalies iðsprastø ðià problemà. Naujai suformuluotas modelis optimizuos nebe vienerius einamuosius metus, o keleriø metø grupæ (4 pav. c). Tokiu būdu numatoma iðlaikyti greità modelio darbà ir praplësti jo galimybes.

4. MESSAGE MATEMATINIS MODELIS

Tai vidutinio-ilgo periodo uþdaro kodo optimizacinis modelis. Tai modelis hibridas su tiek kylanëio, tiek besileidþianëio modelio savybëmis. Nors jis bu-

vo skirtas modeliuoti energetinæ sistemà, bet ið principo tai universalus modelis, kuriuo galima modeliuoti praktiðkai viskà, kà galima apraþyti orientuotu grafu. Pagrindinis modelio tikslas – maþinti bendruosius sistemos kaðtus, atsiþvelgiant á sistemos objektø parametrus, tokius kaip apkrovos kreivë, egzistuojanëiø galingumø fiksuoti ir kintami kaðtai, investicijø kaina, nuostoliai tinkluose, gamtosauginiai ribojimai ir t. t.

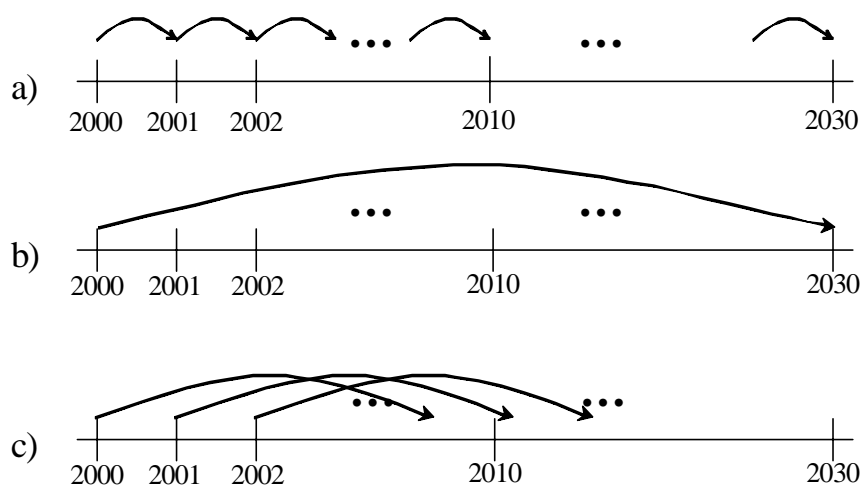
Trumpai MESSAGE modelá galima apibûdinti kaip fizinio energijos srauto modelá. Priëmus tam tikrà energijos rûðies ar paslaugos paklausà, modeliu randamas pigiausias jos patenkinimo būdas, ávertinami kai kuriø iðteklø ribojimai, nuostoliai judant srautui ar patiriant pakeitimus, pavyzdþiui, tokius, kaip gamtinio dujò vertimas elektros energija. Siekiant geriau suprasti, kaip ðis modelis pavaizduoja energetinæ sistemà, vartokime kelias sàvokas:

Technologijos – tai bet kuris procesas, veikiantis konkretø energijos neðëjà. Technologija gali bûti tiek elektros ar õilumos gamyba, tiek naftos gabenimas ar iðskiriamø dÛmø nusierinimas. Energetinio iðteklø importas taip pat modeliuojamas kaip technologija.

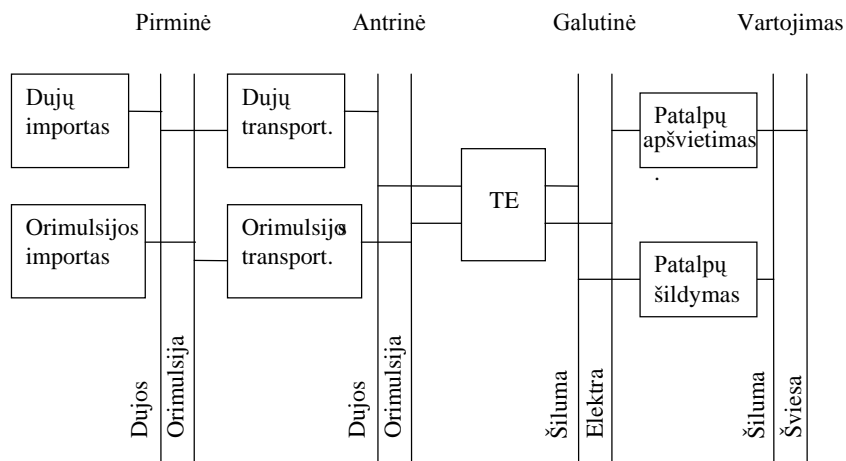
Energijos formos – tai bet kuris energijos neðëjas. Jos ðiame modelyje suskirstomos á lygius ir tipus, kuriuos sujungiant technologijomis, suformuojamas orientuotas energetinės sistemos grafas (tinklas) (5 pav.).

Iðtekliai – tai energetiniai iðtekliai, daþniausiai iðgaunami tik modeliuojamoje sistemoje. Pagrindinis iðteklø skirtumas, palyginti su technologija, – galimybë riboti ne tik metinæ iðteklø iðeigà, bet ir bendràjà jo kieká

Detaliau panagrinëkime 5 pav. Tai elementari sistema, turinti du importuojamus iðteklus. Ávertinamas jø gabenimas ir vertimas á kitas energijos rûðis. Ðiuo atveju termofikacinëje elektrinëje yra gaminama elektra ir õiluma, kuri toliau paskirstoma galutiniam vartotojams. Ðioje sistemoje importuotas kuras pereina per 3 pakopas iki patekdamas galutiniam vartotojui. Pirmoji pakopa – tai gabenimas ávertinant kainà ir nuostolius. Po to seka elektros energijos ir õilumos gamyba. MESSAGE modelis leidþia bet kuriam ið procesø nustatyti visus pagrindinius parametrus, pradedant fiksuotais ir kintamais kaðtais bei kitais ekonominiais parametrais, fiksuotais ar laisvais áëjimo ir iðëjimo srautø santykiais ir baigiant techninëmis charakteristikomis. Paskutinis



4 pav. Optimizavimo strategijos.



5 pav. MESSAGE modelio struktūra

Šio supaprastinto modelio etapas – perdavimas ir paskirstymas galutiniam vartotojui (taip pat su savo techniniais ir ekonominiais parametrais). Modelis gali turėti ir daugiau tiek energijos lygmenų, tiek energijos nešėjų, tiek technologijų, iš kurių ir konstruojamas visos energetinės sistemos modelis.

Laikas MESSAGE modelyje, kaip ir Balmorel, yra dalijamas į laisvai pasirinktą skaičių dalių, tiek atsižvelgiant į paklausos kitimo sezoniškumą, tiek vertinant ir papildomus kriterijus, tokius kaip tam tikrų išteklių ribojimus (pvz., hidroenergija: ji labai priklauso nuo metų laiko, bet nelabai sutampa su elektros ar šilumos paklausos sezoniškumu). Be to, kiekviena tokia laiko dalis dar skirstoma į pasirinktą tipinių dienų skaičių (dažniausiai skiriant darbo dieną ir savaitgalį, nors yra galimybių ją pasiskirstyti mažiau smulkinti).

Siekdamas patenkinti sistemos poreikius, modelis įvertina egzistuojančias technologijas ir daro sprendimus apie naujų galingumų statybos tikslumą. Vertinant naujus galingumus, atsižvelgiama į jų pastatymo laiką su galimybe iškirstyti kaštus visam statybos periodui. Kadangi optimizacija vykdoma visam tiriamam laikotarpiui (4 pav. b), tai toks sprendimo būdas yra tikslingas. Vartotojas gali įvesti apribojimus tiek bet kurios technologijos instaliuotam galingumui, tiek srautui, tiek išteklių dydžiui. Modeliuoti galima tiek objektus (pvz., elektrines), tiek atskirus jų komponentus (tarkim, atskirai generatorius, dūmų nusierinimo įrenginius ir t. t.), tiek grupuoti panašias technologijas į stambesnius vienetus (pvz., visas mažas hidroelektrines aprašyti kaip vieną generatorių). Toks modelio lankstumas leidžia šiuo atveju kurti tiek agreguotus ar detalius didelius sistemų modelius, tiek agreguotas sistemas su tam tikrais detalizuotais sektoriais, galinančiais detaliau nagrinėti tik pasirinktus aspektus.

Viena stipriųjų šio modelio pusių – tai ryšys ir apribojimų mechanizmas, leidžiantis modeliuotojui

paskirti ribojimus visai sistemai ar atskiram komponentui. Ši galimybė labai naudinga modeliuojant bendruosius reikalavimus visai sistemai ar tik įrenginių grupei. Kaip pavyzdys galima pateikti Kioto protokolo reikalavimų taikymą, nustatant visai sistemai maksimalią teršalų išmetimo ribą. Kitas pavyzdys galėtų būti technologijų tarpusavio sąveikų modeliavimas – apribojimais galima pasiekti, kad importuojamo kuro kiekis bendrame pirminės energijos balanse būtų ne didesnis, palyginti su numatyta dalimi, arba

kad elektra, generuojama vėjo jėgainių, nesudarytų daugiau, nei numatyta (%) nuo bendrosios generacijos. Ši sistema taip pat gali būti naudojama įvertinti papildomiems mokesčiams ar baudoms, pvz., už taršą.

Kaip jau minėta, MESSAGE – tai optimizacinis modelis, minimizuojantis bendruosius sistemos kaštus, kurie apima investicijas, visus fiksuotus ir kintamus kaštus, baudas už apribojimų nesilaikymą. Visi kaštai, atsirandantys studijuojamu laikotarpiu, yra diskontuojami į bazinius metus. Šie diskontuoti kaštai dažniausiai sudaro modelio tikslo funkciją, kuri yra minimizuojama.

5. ĮVADAS

Energetinei sistemai nuolat sudėtingėjant ir apimant vis platesnes sritis matematiniai modeliai tampa nepakeičiami ankiesni vertinant politinių ar ekonominių sprendimų padarinius tiek visam šalies ūkiui, tiek atskiriems rinkos dalyviams.

Didžiausias Balmorel pranašumas – atviras kodas, leidžiantis iškilus reikalui esant modelį tobulinti pagal vartotojo pageidavimus, ir greitas veikimas. Tarp didžiausių trūkumų reikėtų nurodyti supaprastintą optimizavimo intervalą. Daugeliu atvejų jis neturėtų būti pakankamai patikimas, bet ir tuomet vis dėlto būtina papildoma jautrumo analizė, siekiant įsitikinti sprendinio teisingumu.

MESSAGE modelio pagrindinis pranašumas – jo lankstumas ir universalumas. Juo galima modeliuoti bet kurio sudėtingumo energetines sistemas, detalizuojant ne vien elektros ar šilumos sektorius, bet ir kitus aktualius sistemos aspektus. Trūkumas – ilgas skaičiavimo laikas, ypač pastebimas uždaviniui sudėtingėjant.

Literatūra

1. ENPEP for Windows website, BALANCE section // <http://www.dis.anl.gov/CEEESA/ENPEPwin.html#BALANCE>.
2. EMCAS website // <http://www.dis.anl.gov/CEEESA/EMCAS.html>
3. Macal C. M., North M. J. Simulating Energy Markets and Infrastructure Independences with Agent Based Models // http://www.dis.anl.gov/CEEESA/downloads/EnergyMarkets_Infrastructure-Interdependencies.pdf
4. Balmorel: A Model for Analyses of the Electricity and CHP Markets in the Baltic Sea Region. Balmorel Project, March 2001.
5. The Balmorel Model: Theoretical Background. March 2001.
6. The Balmorel Model Structure (to model version 2.11, July 2004).
7. Balmorel – Data and Calibration Version 2.05 (March 2001).
8. Balmorel - Getting Started (to model version 2.11, July 2004).
9. Balmorel - Energy System Modelling with Open Source Code and Data // Orbit, August 2003.
10. Economic analyses in the electricity sector in Lithuania // Elkraft Syststems (2002).
11. ENPEP home page, WASP IV skyrius // http://www.dis.anl.gov/CEEESA/Power_analysis_tools.html#WASP
12. MESSAGE user manual.
13. Zeljko T. Energy Modelling for Policy Analysis and Strategies. Workshop on Designing Sustainable Energy Systems ICTP, Trieste, Italy 18 October – 5 November 2004. Lecture materials.

Santrumpos

ANL – Argonos nacionalinė laboratorija
 LEI – Lietuvos energetikos institutas
 S – pasiūla (supply)
 D – paklausa (demand)

Dalius Tarvydas**OVERVIEW OF THE MODELING TOOLS FOR ENERGY EXPANSION PLANNING****Summary**

In this article the main criteria were introduced, on which, in my opinion, models designed for evaluating energy or just power systems should be compared. In more detail differences between optimization and computational models and importance of time segmentation (load curves and load regions) in these models were addressed.

Two models, MESSAGE and Balmorel, were considered stressing their weaknesses and strong points according to the principles discussed above.

Key words: mathematical models, optimization models, Balmorel, MESSAGE, load curves, time scale

Далиос Тарвидас**ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСШИРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ****Резюме**

В настоящей статье были введены критерии, по которым, на наш взгляд, конструировались модели для оценки энергии: сравнимы ли силы системы. Было уделено особое внимание разнице в деталях между оптимизированными и вычислительными моделями и важностью сегментации времени (кривые нагрузки и зоны нагрузки). В этой статье были рассмотрены 2 модели – MESSAGE и Balmorel, усиливающие слабые и сильные стороны согласно выше-представленным принципам.

Ключевые слова: математические модели, оптимизирование модели, Balmorel, MESSAGE, изменяющиеся нагрузки, масштабы времени