
Energetikos tinklų modeliavimo poreikiai amžių sandūroje

Sigitas Kadiša,
Artūras Klementavičius

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

Straipsnyje nagrinėjamos dabartinės energetikos tinklų raidos tendencijos, sugrupuotos pagal tinklų plėtros, valdymo ir patikimumo sritis. Iškeltos elektros ir dujų tinklų valdymo problemos, atsirandančios dėl elektros ir dujų rinkų liberalizavimo. Parodoma, kad dėl liberalizavimo elektros tinklų valdymas ir patikimo režimo išsaugojimas pasidaro sudėtingesnis nei uždaroje monopolinėse rinkose. Apžvelgiamos JAV eksperto tezės energetikos sistemų patikimumui pagerinti. Tiek tradicinės, tiek naujos plėtros, valdymo ir patikimumo problemos reikalauja iš tinklo plėtros planuotojų, projektuotojų, valdymo operatorių ir ekspertų daugiau analitinio darbo, daugkartinių režimo variantų perskaičiavimų ir tinklo schemas keitimų. Tokiu atveju svarbesnis vaidmuo nei lig šiolei teks tinklų matematiniam modeliavimui. Bendriausias tinklo modeliavimo aspektas yra tinklo struktūros (schemas, konfigūracijos) modeliavimas, bendras tiek plėtros, tiek valdymo uždaviniams. Daroma išvada, kad grafų teorijos uždavinių ir metodų taikymas energetikos tinklams modeliuoti yra aktualesnis nei monopolinėse rinkose. Šiuolaikinės programavimo technologijos leidžia tinklų uždavinių modelius ir jų sprendimo metodų algoritmus realizuoti veiksmingomis kompiuterinėmis programomis, įvertinančiomis individualius analitiko poreikius.

Raktažodžiai: energetikos sistema, energetikos tinklai, plėtra, valdymas, energijos rinka, matematinis modeliavimas

1. ĮVADAS

Energetikos tinklai yra ypač svarbi energetikos sektoriaus dalis. Prie jų priskiriami elektros tinklai, gamtinių dujų ir naftos bei jos produktų vamzdynai, centralizuoto šilumos tiekimo tinklai. Perdavimo (magistraliniai) tinklai daugelyje šalių turi nacionalinio (strateginio) objekto ir netgi regioninio objekto, o skirstomieji tinklai – vietinės infrastruktūros objekto reikšmę. Savo ruožtu, perdavimo tinkle galima išskirti sisteminį tinklą ir tarpstistemines jungtis.

Energetikos tinklas turi dvi pagrindines technines problemas – plėtros ir valdymo (funkcionavimo, eksploatacijos). Plėtrai priskirtina nauja tinklų (jų elementų) statyba ir rekonstrukcija, kuri aprėpia tiek fiziškai susidėvėjusios įrangos atstatymą, tiek atnaujinimą aukštesniu technologiniu lygiu (modernizacija). Techninis valdymas apima tinklo darbo palaikymą, energijos srautų persiuntimą. Abi problemos yra susijusios – tinklas kuriamas ir plečiamas, kad perduotų energiją, o siekiant efektyviau valdyti esamą tinklą, išskyla naujų plėtros poreikių.

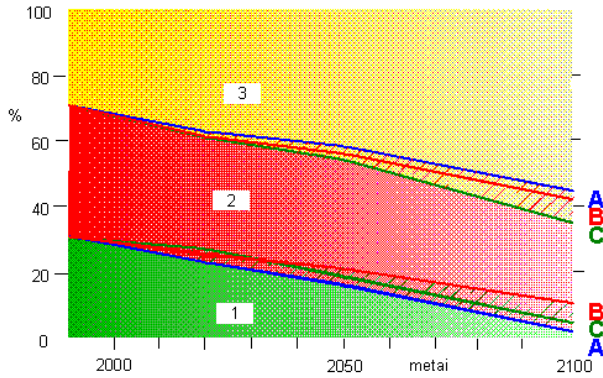
Į energetikos tinklų raidą galima žvelgti kaip į jų plėtros, techninio, taip pat ekonominio valdymo raidą.

2. ENERGETIKOS TINKLŲ PLĖTROS TENDENCIJOS

Energetikos tinklų plėtros raidoje išskirtos 9 tendencijos.

Tinklais perduodamos energijos kiekio didėjimas pasaulio energijos balanse (1 tendencija)

Energijos perdavimas tinklais vadinamas centralizuotu energijos tiekimu. Energetikos tinklai XX a. antroje pusėje buvo plėtojami dideliu mastu ir sparčiai, ir tai buvo viena iš prielaidų, lėmusių veržlų globalinį energijos vartojimo augimą. Daugelyje šalių magistraliniai tinklai jau pakankamai išplėtoti ir naujų tinklų statoma vis mažiau. Tačiau globaliniu mastu galutinės energijos sudėtyje centralizuotai tiekiamos energijos dalis tebedidėja. Tarptautinis sistemų taikomosios analizės institutas (IIASA) prognozuoja, kad XXI a. ši tendencija išliks [1]. Numatoma, kad ją labiausiai lems ateities technologija – vandenilis. Pirmiausia dėl vandenilio energetinių tinklų (vamzdynų) statybos minėtas centralizacijos rodiklis 2050 m. turėtų būti 40–45% (1 pav.) visuose trijuose pasau-



1 pav. Galutinės energijos tiekimo pasaulyje prognozė pagal energijos būsenas: 1) kietasis kuras (anglys ir biomasė); 2) skystasis kuras (naftos produktai ir metanolis/etanolis); 3) tinklais tiekama energija (dujos, centrinis šildymas, elektra ir vandenilis) [1]

lio energetikos raidos scenarijuose, kuriuos numato Pasaulio energetikos taryba (PET).

Sisteminių perdavimo tinklų naujų statybų pabaiga (2 tendencija) ir rekonstrukcijos poreikis išsivysčiusiose šalyse (3 tendencija)

Naujos statybos tradiciniuose energetikos tinkluose, pirmiausia elektros ir dujų, turės mažesnę įtaką centralizacijos rodiklio augimui. Šio reiškinio priežastis tai, kad perdavimo tinklas (magistralinis tinklas) kaip nacionalinis tinklas jau suformuotas daugelyje išsivysčiusių ir besivystančių šalių, nors dar netrūksta šalių, kuriose jis tik kuriamas, pvz., gamtinių dujų tinklai Portugalijoje ir Graikijoje.

Nors elektros perdavimo tinklų plėtros mastai pasaulyje dar nemaži (1 lentelėje pateikiamas daugiausia tam investavusių šalių dešimtukas [2]), kai kuriose išsivysčiusiose šalyse naujų tinklų statyba jau pasiekė savo ribas. JAV, Didžiojoje Britanijoje, Prancūzijoje, Austrijoje ir kitose Europos Sąjungos šalyse statyti naujus perdavimo tinklus sunku dėl sutelkto vartotojų ir aplinkosaugininkų priešinosi [3]. Gauti vietą (aikštelę) stambiam objektui statyti darosi vis sunkiau. Todėl tokiose šalyse stiprėja perdavimo tinklo rekonstrukcijos tendencija. Tai kita tinklo plėtros forma, leidžianti, kaip ir nauja statyba, išplėsti tinklo pralaidumą, bet nepareikalaujanti naujų trasų ir žemės plotų. Pvz., nacionaliniame Didžiosios Britanijos perdavimo tinkle *National Grid* vis daugėjant techninio pobūdžio ribojimų, nutarta išnaudoti kiek-

vieną galimybę didinti tinklo pralaidumą tarpsteminėse linijose (tarp šalies vidaus sistemų), kad būtų išvengta naujų linijų statybos. Besivystančiose šalyse naujų perdavimo tinklų statybai tokių kliūčių nėra.

Sparti tarpsteminė jungčių plėtra (4 tendencija)

Tačiau svarbiausios naujos statybos numatomos viršnacionaliniame lygmenyje – bus statomos tarpsteminės jungtys, kurios sujungs nacionalinius perdavimo tinklus į jungtinius tinklus – regioninius ar net kontinentinius. PET rekomendacijose, priimtose 17-ame kongrese Hiustone 1998 m., pažymima, jog „tarpvalstybiniai tinklai gali iš esmės išplėsti energijos, visų pirma elektros energijos bei gamtinių dujų, vartojimo galimybes“ [4]. Vienas svarbiausių PET siekių yra užtikrinti visoms šalims teisę naudotis pasauliniais energijos ištekliais bei liberalizuoti prekybą energija ir energetinėmis paslaugomis. Pažymėtina, kad tarpsteminės jungtys bus statomos ir nacionaliniuose elektros tinkluose, kuriuos sudaro kelios izoliuotai dirbančios sistemos, neturinčios tiesioginio fizinio ryšio. Tarpsteminėms jungtims artimos ir jungtys į salas ir izoliuotus tinklus nutolusiose žemyno vietovėse, kurių planuojama statyti Europos Sąjungos šalyse.

Plėčiant tarpsteminės jungtis, didėja ir bendrą jungtinių tinklų dirbančių elektrinių skaičius. Tai didina energijos tiekimo patikimumą, lengviau sprendžiamas energijos gamybos šaltinių rezervavimo klausimas, labiau apkraunamos ekonomiškiausios elektrinės. Jungtiniai energetikos tinklai sudaro galimybę kurti regionines elektros ir dujų rinkas. Jeigu jungtiniai tinklai Europos Sąjungoje tampa tiek išplėtoti (pralaidūs), kad be didesnių ribojimų laiduoja energijos rinkų veikimą Europos Sąjungoje ir kaimyniniuose kraštuose, jie jau atlieka transeuropinių tinklų vaidmenį.

Europos Sąjungos sutartis teikia tvirtą teisinį pagrindą transeuropiniams energetikos tinklams. XV skyriaus 154, 155 ir 156 straipsnių nuostatos nurodo, kad ES privalo siekti transeuropinių energetikos tinklų plėtros kaip svarbiausios priemonės kuriant energijos vidaus rinką ir stiprinant ekonominės ir socialinės plėtros sanglaudą. Tinklų plėtrai priskiriama nacionalinių tinklų sujungimas tarpsteminėmis jungtimis, šių tinklų darbo suderinamumas bei pasinaudojimo jais galimybė visiems gamintojams, vartotojams ir tiekėjams [5].

1 lentelė. Investicijos perdavimo tinklų plėtrai 1999 m.

Valstybė	JAV	Kanada	Vokietija	Kinija	Indija	Brazilija	Prancūzija	Japonija	Italija	Ispanija
Investicijos, mln. JAV dol.	773	763	726	690	627	502	450	400	330	292

Europos Komisija 1996 m. priėmė nutarimą dėl transeuropinių energetikos tinklų sukūrimo [6]. Nutarimas nurodo 74 projektus, kurie yra svarbūs Europos Sąjungos elektros ir dujų tinklams. Bendras investicijų poreikis yra apie 18 mlrd. eurų. Investuoti turėtų pačių energetikos sistemų operatoriai, pasinaudodami ES finansavimo instrumentais – Europos investicijų banku bei Europos rekonstrukcijos ir plėtros fondu. 2000 m. lapkričio mėn. buvo 90 transeuropinių projektų, iš jų 44 – elektros energetikos ir 46 – gamtinių dujų sektoriuje [7]. Elektros energetikos sektoriuje projektai suskirstyti į šias grupes: 1) izoliuotų tinklų prijungimo; 2) ES šalių tarpvalstybinių jungčių plėtros; 3) ES šalių nacionalinių tinklų, susijusių su tarpvalstybinėmis jungtimis, plėtros; 4) tarpsisteminių jungčių su trečiosiomis šalimis plėtros.

Transeuropinių tinklų plėtros studijos ir idėjos

1995 m. prie Vakarų Europos jungtinio elektros tinklo UCTE sinchroniškai prisijungė CENTREL šalys (Lenkija, Vengrija, Čekija ir Slovakija). Pietryčių Europos šalių (Rumunijos, Bulgarijos, Albanijos) prijungimo prie transeuropinių elektros tinklų studija (1996–1998 m.) rekomendavo prijungti minėtas šalis sinchroniškai, o Ukrainą, Moldovą, Rusiją ir Baltarusiją – asinchroniškai. 1999 m. atlikta papildoma plėtros studija pagal SYNERGY programą, numatanti statyti Pietryčių Europos regione naujas tarpsistemines jungtis, įskaitant ir stiprius ryšius su Turkija. Realias apybraižas įgauna idėja sukurti vadinamąjį MAGREB elektros žiedą apie Viduržemio jūrą, prijungiant prie transeuropinių tinklų Šiaurės Afrikos šalių 220 kV elektros tinklus [8].

Baltijos šalys pateko į transeuropinių energetikos projektų 4-os grupės vadinamąjį Baltijos elektros žiedo projektą. Šio projekto studiją parėmė Europos Komisijos transeuropinių energetikos tinklų programa. Tyrimų projektas vykdytas 1996–1998 m. Pagrindinė studijos rekomenduojama žiedo uždarymo schema – statyti Vokietijos–Rusijos 4000 MW pralaidumo nuolatinės srovės tiltą, kuriam priklausytų nuolatinės srovės keitklinė pastotė Ignalinoje ir apie 380 km nuolatinės srovės linija iš Ignalinos į Kaliningradą (Karaliaučius). Šiuo metu šis siūlymas nesvarstomas (pernelyg brangus projektas), o rengiamasi įgyvendinti kitą alternatyvą – „uždaryti“ žiedą Lietuvos–Lenkijos 400 kV tarpsistemine linija ir Estijos–Suomijos 200 kV povandenine kabeline jungtimi.

Palyginus transeuropinių dujų tinklų plėtrą su elektros tinklų plėtra, susidaro įspūdis, kad tiekimo patikimumas yra opesnis dujų tinklams. Tai suprantama – po 20 metų ES priklausomybė nuo dujų importo gerokai išaugs (nuo 40% iki 70%) [9], nes išseks dujų telkiniai Šiaurės jūroje, todėl svarbu pajavairinti tiekimą iš skirtingų šaltinių, įskaitant ir regionines dujų saugyklas.

1999 m. Europos Sąjunga planavo dviejų stambiųjų dujotiekių statybą: 1) Alžyras–Marokas–Europos Sąjunga ir 2) Rusija–Baltarusija–Lenkija–Europos Sąjunga [10]. Švedijos bendrovė *Vattenfall Naturgas AB* užsakė projektą, kuriuo planuojama sukurti Šiaurės šalių dujotiekių sistemą *Nordic Gas Grid*. Ši studija rekomenduoja statyti dujotiekį per Baltijos jūrą iš Suomijos į Švediją, o iš Švedijos – į Daniją ir Vokietiją. Šiuo dujotiekiu tekėtų dujos iš Rusijos [11].

Dujų tiekimo patikimumui padidinti 1998–1999 m. Europos Komisija užsakė dvi dideles studijas: ES šalių geografinį regioną apimančią studiją *ES dujų tiekimo patikimumas* [12] bei Vidurio ir Rytų Europos šalių regioną apimančią studiją *Dujų tiekimo patikimumo padidinimas Vidurio ir Rytų Europos šalims* [13]. Pastaroji studija įvertino ir Lietuvos dujų tiekimo situaciją. Lietuvai aktuali yra neseniai baigta *Baltijos dujų žiedo* tarptautinė studija [14], kurioje, kaip ir analogiškoje Baltijos elektros žiedo studijoje, iškeltas Lietuvos–Lenkijos tarpsistemines jungties reikalingumas žiedui uždaryti.

Dujų tiekimas Lietuvai ir regionui taptų patikimesniu, pradėjus naudoti Latvijos požemines dujų saugyklas, taip pat pastačius saugyklą Lietuvoje. Tokiai saugyklai panaudoti buvo atlikta speciali studija [15].

Tarpsisteminių jungčių projektų technologinės naujovės (5 tendencija)

1999 m. Europos Sąjungoje buvo baigiamos statyti Prancūzijos–Ispanijos, Prancūzijos–Italijos, Ispanijos–Portugalijos elektros jungtys, Ispanijos–Portugalijos dujų jungtis, Italijos–Graikijos povandeninė elektros jungtis, o iš jungčių su trečiosiomis šalimis – Švedijos–Lenkijos ir Ispanijos–Maroko (per Gibraltarą) povandeniniai elektros kabeliai. Kiekviena statyba yra unikali – turi technologinių ir kitokių sprendimų naujovių. Pasauliniu mastu 1999 m. išskirti 5 reikšmingiausi pagal technologinį naujumą tarpsisteminių elektros jungčių projektai, kurie jau užbaigti ar vykdomi [2]: 1) minėtasis Italijos–Graikijos povandeninis 400 kV įtampos kabelis iš Galatinos į Arachthosą; 2) Kroatijos–Vengrijos dvigrandė 380 kV linija; 3) Namibijos–Pietų Afrikos Respublikos 400 kV dvigrandė linija; 4) 100 kV įtampos 80 MW galios povandeninis kabelis Baltijos jūroje iš Švedijos į Olando archipelagą (Suomija), pakeisiantis prieš 25 metus paklotą 77 kV įtampos 35 MW galios kabelį; 5) 220 kV linija Peru, sujungianti dvi izoliuotai dirbančias šalies elektros energetikos sistemas.

Dujotiekių statyba kaip alternatyva perdavimo tinklų plėtrai (6 tendencija)

Viena iš alternatyvų naujų elektros perdavimo tinklų plėtrai yra statyti elektrines ne prie kuro šaltinių, o

prie vartotojų. Šiuo atveju dujotiekiai tiesiami į vartojimo centrus, pašalinant naujų elektros linijų statybos poreikius. Didžiojoje Britanijoje kelios svarbiausios skirstymo bendrovės pastatė prie stambių pastočių termofikacines elektrines (TE), deginančias dujas, ir taip sumažino perdavimo tinklų apkrovą [16]. Tokiu atveju sutelktos elektros gamybos modelis išlieka, bet generacija „atskiriama“ nuo kuro gavybos vietos ir „priartinama“ kartu su kuru (dujomis) prie vartojimo rajono.

Išskirstytoji generacija kaip alternatyva perdavimo tinklų plėtrai (7 tendencija)

Antra alternatyva naujų perdavimo tinklų plėtrai yra statyti smulkesnes elektrines, taigi nuo sutelktos elektros energijos gamybos modelio pereiti prie tinkluose „išsklaidytų“ generatorių – smulkiosios arba išskirstytosios generacijos. Tokiu atveju generacija „priartinama“ jau prie paties vartotojo, prie skirstomųjų tinklų.

Išskirstytoji generacija – elektrinės iki 300–350 MW galios. Tai garo turbinos, dujų turbinos, kombinuoto ciklo (dujų ir garo turbinų) jėgainės, vidaus degimo variklių sukami elektros generatoriai, mikroturbinos (žemiau kaip 1 MW), kuro elementai, fotoelektriniai generatoriai ir kt. Jau dabar komerciškai gyvybingomis tampa 75–20 kW mikroturbinos, o 2003 m. galima laukti ir 10 kW mikroturbinų. Smulkieji generatoriai būtų įrengiami pas vartotojus ir, galbūt, sujungti su energijos kaupikliais, dirbtų skirstomuosiuose tinkluose. Išskirstytoji generacija gali smarkiai sumažinti perdavimo tinklų apkrovą ir netgi kelti grėsmę tradicinėms vertikalčiai integruotoms monopolijoms [17].

Skirstomųjų elektros tinklų plėtros poreikiai (8 tendencija)

Skirstomųjų elektros ir dujų tinklų plėtrai perspektyvos geresnės nei perdavimo tinklų plėtrai. Čia ne tokia aktuali vietos (trasos) suderinimo problema, tuo labiau, kad elektros tinkluose galima naudoti požeminius kabelius. Investicijų poreikis kai kuriems projektams daug mažesnis, todėl tinklų bendrovės gali projektus finansuoti iš savo pelno [18]. Nauji smulkūs generatoriai pareikalaus naujų linijų ir pastočių statybos, kad būtų prijungti prie skirstomojo tinklo. Nelaukta pasirodė, kad šis prisijungimas gali būti didelė kliūtis smulkiosios generacijos plėtrai.

Gamintojų prisijungimo prie elektros tinklų sunkumai (9 tendencija)

Europos Komisija daug tikisi iš naujų TE – kogeneracinių elektrinių. Planuojama iki 2010 m. TE indėlių

elektros gamyboje padvigubinti – iki 18% [19]. Šios naujos TE jungiasi prie elektros tinklo savo lėšomis. Tačiau mažėjant tokių prisijungimų, Europos kogeneracijos organizacija COGEN užsakė specialią studiją *Administracinės kliūtys decentralizuotai kogeneracijai* (1999), kurią parėmė Europos Sąjungos programa SAVE II, taip pat Didžiosios Britanijos, Prancūzijos, Olandijos vyriausybės ir pramonės bendrovės [20, 21]. Studijos pagrindinės išvados buvo: 1) prisijungti yra sunku dėl sudėtingų techninių reikalavimų, kuriuos kelia elektros tinklų bendrovės; 2) didokos prisijungimo išlaidos, todėl pablogėja TE atsipirkimo rodikliai ir patrauklumas investuotojui. Štai Prancūzijoje mažų TE prijungimo išlaidos gali būti net iki 30% visų investicijų. Šios studijos svarbiausia rekomendacija – padidinti prijungimo procedūros skaidrumą ir tarpusavio supratimą tarp elektros bendrovių ir TE statančių bei eksploatuojančių firmų.

Tikėtina, kad šie prisijungimo sunkumai bus įveikti. Europos Komisija artimiausiu laiku numato sustiprinti smulkiosios generacijos politiką remdamasi direktyva dėl „žaliosios elektros“, t. y. elektros gamybos iš atsinaujinančių išteklių skatinimo [22]. Atsinaujinančius išteklius naudojančios jėgainės jungsis prie skirstomųjų tinklų ir skatins jų plėtrą.

3. ENERGETIKOS TINKLŲ TECHNINIO VALDYMO RAIDOS TENDENCIJOS

Energetikos tinklų techninis valdymas trumpalaikiai ciklu (iki 1 metų) gali būti atsiejamas nuo plėtros kaip savarankiškas uždavinys. Tinklų įmonės sprendžia daug valdymo uždavinių. Platesne prasme techninio valdymo sąvoka aprėptų visas tinklų operatyviojo (dispečerinio) valdymo, eksploatavimo, priežiūros, remontų veiklas.

Trys svarbiausi operatyviojo techninio valdymo uždaviniai

Operatyviojo valdymo objektas yra tinklo ir energetikos sistemos režimų valdymas. Galima išskirti 3 svarbiausius operatyviojo valdymo uždavinius.

1. Pagrindinis uždavinys yra techniškai realizuoti energijos perdavimą tinklu. Atskiri tinklo elementai turi ribotą techninį pralaidumą. Tinklo operatorius (dispečeris) turi valdyti tinklą taip, kad jis dirbtų leistiniais režimo parametrais ir būtų patikimas. Šį uždavinį elektros energetikoje įprasta vadinti leistino (normalaus, stacionaraus) režimo uždaviniu.

2. Patikimumo (saugumo, gyvybingumo) uždavinys yra valdyti tinklo režimą su mažiausiomis avarijų, vartotojų atjungimų ar net režimų griūties rizikomis ir pasekmėmis. Absoliutaus darbo patikimumo beveik neįmanoma pasiekti, bet galima padidinti pati-

kimumo atsargą, parenkant saugesnę tinklo eksploatacinę schemą, paskirstant srautus su mažesne perkrovos tikimybe atskiruose tinklo ruožuose, numatant rezervinių energijos šaltinių panaudojimą ir kt.

3. Monopolinėje energijos rinkoje, kurioje elektros energetikos sistemas valdė vertikalčiai integruota monopolija, optimalaus valdymo uždavinys buvo gerinti tinklo darbo kokybę, t. y. siekti efektyvesnio, ekonomiškesnio režimo. Elektros tinkle tai yra galios nuostolių minimizavimo uždavinys, o nagrinėjant elektros tinklą kartu su elektrinėmis – optimalaus generuojamų galių paskirstymo energetikos sistemoje uždavinys. Šis uždavinys dar vadintas valdymo kompleksinės optimizacijos uždaviniu.

Optimalaus valdymo (kompleksinės optimizacijos) uždavinio svarbos mažėjimas (10 tendencija)

Elektros ir gamtinių dujų sektoriuose tolydžio stiprėja rinkos liberalizavimo (dereguliavimo) tendencija, kuria nusakomas šių sektorių perėjimas iš monopolinių elektros ir dujų rinkų į konkurencines rinkas. Liberalizuotose rinkose energetikos tinklai kuria fizinę terpę konkurencijai tarp energijos gamintojų, nes rinkos sandoris įvyks, jei tinklas bus pakankamai pralaidus. Tinklų kaip fizinės terpės konkurencijai vaidmuo yra labai svarbus.

Nemonopolinės rinkos esmė – rinka turi būti atvira (konkurencinė, liberalizuota). Elektros gamintojai (elektrinės) konkuruos, o laisvieji vartotojai (ar jiems atstovaujantys elektros tiekėjai) galės rinktis gamintojus. Taigi konkurencinėje elektros rinkoje apkrovas elektrinėms „skirs“ vartotojai pagal sandorius (kontraktus). Rinkoje vienu metu vyks daugybė sandorių. Kiekvieną sandorį lydės atitinkamas galios srautas tinkluose. Įvairūs galios srautų deriniai tinkle gali sukelti įtemptus tinklų ir elektros energetikos sistemos (EES) darbo režimus. Tinklų operatoriai, įgyvendindami sandorius, pirmiausia turės išsaugoti leistiną ir patikimą darbo režimą. Optimalus valdymas galios nuostoliams tinkle mažinti tampa operatoriams antraeilium dalyku, o optimalus galių paskirstymas tarp elektrinių, kad būtų mažesnės suminės kuro sąnaudos, netenka savo ankstesnės prasmės, nes kiekvienas gamintojas pats rūpinasi kuro išlaidomis ir savo elektrinės darbo efektyvumu.

Tinklo darbo režimų sunkėjimas ir patikimumo blogėjimas (11 tendencija)

Nors elektros prekybos sandorių visuma panėšės į „rinkos stichiją“, elektros tinklų (sistemų) operatoriai turės techniškai, t. y. operatyviojo ir automatinio valdymo priemonėmis, užtikrinti sandorių realizavimą. Kiekvienas naujas sandoris reikalaus patikrinti režimą, tinklų sujungimo schemą, juos kore-

guoti. Labai padaugės tranzitinių srautų. Nauji valdymo uždavinio ypatumai ir augsiantys sunkumai aptariami UCTE valdymo principų rinkinyje [23]:

- galios srautų pasiskirstymą ir toliau lems tik fizikos dėsniai, todėl didžiausią įtaką sandorio srautų perdavimui turės tinklo topologija, generuojamų galių įtekėjimo į tinklą dydžiai ir vieta bei apkrovų dydžiai ir išsidėstymas tinkle;

- dėl tų pačių fizikos dėsnių kartais nepavyks tiksliai nukreipti tranzito srautą iš operatoriaus-siuntėjo gavėjui per numatytą tranzitinę sistemą – dalis srauto tekės kitų operatorių tinklais. Pirmiausia taip vyks todėl, kad nebus tikslios informacijos apie į tinklą įtekančius ir iš jo ištekančius srautus, tinklo topologiją;

- daugėjant galios mainų tarp sistemų, sunkiau bus atsekti srautų kilmę ir valdyti srautus, o tai gali pabloginti jungtinio tinklo režimą;

- esant glaudžiai sąveikai tarp kelių sudėtingų (raizgių) tinklų, reikia numatyti priemones, kad augant rinkos dalyvių skaičiui ir keičiant planines valdymo priemones, būtų galima išvengti nevaldomo režimo.

Šių sunkumų esmė yra režimų pablogėjimas, tinklų perkrovos, galios srautų nesuvaldymo rizika. Čia operatoriams ypač padės kruopštus režimų planavimas, momentinio tinklų pralaidumo analizė ir naujų galios srautų valdymo būdų taikymas.

Tinklų darbo režimų subalansavimas ir avarių lokalizavimas sistemos vidaus priemonėmis (12 tendencija)

Tai nedidelių dispečerinio valdymo rajonų įtvirtinimo kryptis. Energetinių tinklų ir sistemų operatoriai pagal UCTE reikalavimus turi suvaldyti sunkius režimus taip, kad visos tinklų ir energetikos sistemos avarijos būtų lokalizuojamos sistemoje priešvarinės automatikos ir operatyvinėmis režimo valdymo priemonėmis ir neplistų gretimose elektros energetikos sistemose. Tinklų vartotojų apkrovą ir energijos generavimą operatoriai turi balansuoti patys, be neplanuotų tarpsisteminių mainų su kaimyninėmis sistemomis.

Automatinio generacijos valdymo sistemų ir informacinių kompleksų diegimas (13 tendencija)

Diegiamos automatizuoto ir automatinio generacijos valdymo sistemos, kurios leidžia įvykdyti 12-ąją tendenciją įvardytą reikalavimą ir persikirstyti galios srautus tinkluose, kartu minimizuojant nepageidautinus tarpsisteminius mainus ir koreguojant momentinius galios eksporto ir importo srautus. Tokia sistema bus kuriama ir Lietuvos EES [24]. Būtina techninė sąlyga tokiai sistemai yra jos sujungimas bendram dar-

bui su informaciniu elektros tinklų ir elektrinių kompleksu (SCADA). Toks kompleksas 2000 m. buvo diegiamas Lietuvos elektros energetikos sistemoje, taip pat kitose Baltijos šalyse [25]. Rinkos operatoriaus ar nepriklausomo sistemos operatoriaus poreikiams reikia diegti specialų informacinio komplekso posistemę elektros energijos prekybos biržai (aukcionsams) įgyvendinti.

Galios srautų valdymo naujos idėjos ir technologijos (14 tendencija)

Siekiant išvengti tinklo objektų perkrovimų, padidinti tinklo darbo režimo patikimumą, kuriamos naujos srautų perdavimo technologijos arba plačiau diegiamos žinomos technologijos. Jos padėtų parinkti optimalius kelius sandorio (tranzito) srautams tarp sisteminiuose elektros tinkluose, jeigu keliai tokiuose tinkluose būtų skirtingai įkainojami ir srautai nukreipiami juose pasirinktinai. Šios technologijos apžvelgtos darbe [26]. Pirmiausia tai lanksčiosios kintamosios srovės perdavimo sistemos (FACTS). Tai tiristoriniai galios įrenginiai, leidžiantys didinti arba mažinti srautus atskirose linijose, išnaudojant linijos pralaidumą iki terminio atsparumo ribos ir išvengiant perkrovų. Drąsia idėja srautams perskirstyti galima laikyti indukcinis elektros energijos kaupiklius, momentiška pakeičiančius tinklo mazgų įtampas ir reaktyviasias apkrovas.

Žinoma ir plačiau taikytina technologija būtų įtampų fazių perstūmimo prietaisai ir įrenginiai, pvz., transformatoriai su specialia perstūmimo įranga. Paminėtini ir autotransformatoriai, talpuminiai-indukciniai kompensatoriai ir tinklo topologijos dispečerinis valdymas. Neatmestina ir nuolatinės srovės keitklinių pastočių alternatyva.

4. ENERGETIKOS TINKLŲ TECHNINIO IR EKONOMINIO VALDYMO SANTYKIS

Energetikos įmonių ir tinklų ekonominio valdymo tendencijos

Paskutiniame XX a. dešimtmetyje energijos rinkos liberalizavimas labai pakeitė energetikos įmonių padėtį dėl išibėgėjančios restruktūrizacijos, privatizacijos, konkurencijos ir elektros bei dujų rinkų globalizacijos. Prasidėjo energijos rinkos paieškos (rinkodara), atsirado elektros energijos prekybos biržos, energijos santelkiai (angl. *pool*), nauji kainodaros modeliai, valstybinio energetikos reguliavimo (dereguliacinio) institucijos ir daug kitų naujovių, kurių viena išpūdingiausių – energetikos įmonių ir tinklų bendrovių (elektros, dujų, šildymo) pardavimai, perpardavimai (savininkų kaita) Europoje, užsienio bendrovių, kontroliuojančių bendrovių ir netgi ne bendrovių, o tarptautinių finansinių-pramoninių grupių

išsigalėjimas energetikos sektoriuje, naujųjų savininkų jungimasis (susilieėjimas) į naują bendrovę, konsorciumą ir grupę.

Ar inžinieriai bus keičiami vadybininkais?

Tokia veikla nustūmė į antrą planą techninio valdymo problemas. Ekonominis pertvarkymus vykdė ekonomistai, verslo vadybininkai, finansininkai, bankininkai. Ekonominis energetikos įmonių ir tinklų valdymas tapo svarbesnis ir reikšmingesnis nei sudėtingu laikytas techninis valdymas ir plėtra.

Pasaulinės energetikos ekonomistų asociacijos Vokietijos skyriaus prezidentas Georg Erdmann numato, kad inžinierių vaidmuo energetikos įmonėse tebe mažės, o verslo vadybininkų, rinkos ekspertų, energijos tiekėjų (prekeivių) ir teisininkų didės. Šie specialistai veikia vadovaudamiesi įsitikinimu, kad firmos įvaizdis ir vardas lemiantys jos padėtį rinkoje labiau nei turimų elektrinių sąrašas. Be to, jų požiūris į aplinkosaugos reikalavimus esąs pažangesnis nei inžinierių [27]. Tokios pažiūros vyravo ir JAV, bet energijos deficito protrūkiai skatina „grįžti“ prie techninio valdymo ir plėtros prioritetų.

Dešimt būdų vaduoti JAV energetikos sistemas iš patikimumo krizės

1999–2000 m. Kaliforniją užgriuvusi energetikos krizė parodė, kad energetikos sistemos plėtra ir valdymas neužtikrino reikiamo elektros energijos tiekimo patikimumo. Pagrindinė priežastis – rinkodaros strategija ir energetikos liberalizavimo (dereguliacinio) kryptis kirtosi su elektrinių ir tinklų techninėmis galimybėmis ir valdymo ištekliais. Kalifornijos energetikos sistemos operatorius nenumatė smarkaus energijos poreikių augimo scenarijaus dėl pasirinktos energijos rinkos liberalizavimo krypties ir veikiai Kalifornijos valstijoje elektrinės pristigo galių, o tarp-sisteminės jungtys – pralaidumo. Šitaip griuvo gana gyvybingas liberaliosios ekonomikos mitas, kad *rinka sureguliuosianti viską*. Įdomu, kad prieš 10 metų liberaliosios ekonomikos teorija turėjo gerokai stipresnes pozicijas – Europos Komisijos Baltojoje knygoje pasaulio ekonomikos ir energetikos plėtros iki 2020 m. vizijoje vienas iš keturių alternatyvių scenarijų buvo vadinamasis „Hiperrinkos“ (Hypermarket) scenarijus, kuriame rinkos mechanizmas turėtų pirmenybę prieš politikos ir įstatymų jėgą sprendžiant opiausias globalias problemas [28].

Susidariusią padėtį amerikiečių specialistai laiko patikimumo krize. Džordžas Loras (George Loehr), JAV Šiaurės Rytų energetikos sistemų koordinacinės tarybos direktorius ir vienas didžiausių ekspertų siūlo 10 kovos būdų patikimumo krizei JAV įveikti (2 lent.) [29]. Dauguma jų taikytini perdavimo tinklams arba bent juos liečia.

2 lentelė. 10 George Loehr'o patikimumo tezių (Jungtinių Valstijų energetikos sistemoms rekomenduojami patikimumo pagerinimo būdai) su autorių komentarais	
George'o Loehr'o tezė (atvirkštine sąrašo tvarka – nuo paprasčiausių ir pigiausių iki sunkiausių ir brangiausių)	Autorių komentarai
1	2
<p>10. Nesikliaukite patikimumo teisės aktais</p> <ul style="list-style-type: none"> • privalomas reikalavimas energetikos bendrovėms tenkinti patikimumo kriterijų sąlygas vargu ar tikslingas; • nustatyti nacionalinį patikimumo kriterijų (t. y. vienodas sąlygas visoms JAV energetikos sistemoms) vargu ar tikslinga; • nė viena iš dabartinių patikimumo bėdų nesudarė dėl to, kad buvo pažeistos patikimumo kriterijų sąlygos; • teisės aktai nėra įrankis patikimumui padidinti arba elektros kainoms sumažinti 	<p>Veikiausiai todėl, kad patikimumo teisė tenkinasi priešavariniu valdymu (pvz., n-1 taisykle), o ne ilgalaikio apkrovos ir generacijos balanso planavimu;</p> <p>Veikiausiai pirminiai teisės aktai nėra tiesioginis įrankis todėl, kad: 1) jais direktyviškai negalima nustatyti kainų ar patikimumo rodiklių – juos lemia techninės pažangos lygis ir ekonominės veiklos sėkmė; 2) ekspertas turėjo mintyje technines normas, kurių nepriskiria teisės aktams, o įmonių vidaus standartams (Lietuvoje dažnai priskiriama prie valstybės antrinių teisės aktų)</p>
<p>9. Švieskite darbuotojus</p> <ul style="list-style-type: none"> • stebėtina, kaip nesuvokiamas poreikis kelti darbuotojų kvalifikaciją tiek senų, tiek naujų technologijų srityse (elektros tinklų ir sistemų sektoriuje); • daugelis naujų ekspertų nepaiso pagrindinių fizikos dėsnų; • kelkite darbuotojų kvalifikaciją, kad jie galėtų konkuruoti dėl darbo vietų 	<p>Tai daugiausia ekonomistai, vadybininkai</p>
<p>8. Išplėskite nepriklausomų sistemų operatorių (NSO) ir regioninių perdavimo tinklų operatorių (RPTO) valdybas</p> <ul style="list-style-type: none"> • valdybose daug rinkodaros, bet nė vieno patikimumo eksperto; • įtraukite į valdybas po keletą elektros energetikos sistemų patikimumo ekspertų – jų ekspertizė verkiama reikalinga 	<p>Nepriklausomas sistemos operatorius – tai rinkos ir perdavimo tinklo operatorius viename asmenyje (Lietuvos elektros rinkos modelyje šie asmenys atskiri);</p> <p>Sėkmę lems ne ekonomistai, o inžinieriai (ši tezė priešinga nesenam Vokietijos požiūriui [27])</p>
<p>7. Suteikite daugiau teisių regioninėms patikimumo taryboms</p> <ul style="list-style-type: none"> • šios tarybos puikiai dirbo 35 metus, jos turėtų ir ateityje vaidinti reikšmingą vaidmenį; • pripažinkite, kad geriausiai patikimumo problemas sprendžiamos kryptimi „iš apačios aukštyn“, o ne „iš viršaus žemyn“ 	<p>JAV energetikos sistemų regioninės patikimumo tarybos yra susijungusios į Šiaurės Amerikos elektros sistemų patikimumo tarybą (NERC)</p>
<p>6. Padarykite apkrovas „slankiomis“ (valdomomis)</p> <ul style="list-style-type: none"> • mažinti vartotojų apkrovą gali būti ne mažiau efektyvu kaip ir plėsti generaciją; • „jeigu negalite pakelti tilto, pažeminkite vandenį upėje“ – energetinių paslaugų bendrovės gali sumažinti vartotojų planuojamas pikines apkrovas; • leiskite šioms bendrovėms siūlyti apkrovų sumažinimo paslaugas konkurencinėje elektros rinkoje 	<p>Siūloma prisiminti <i>demand-side management</i> – energijos poreikių valdymo teoriją ir praktiką („negavatus“), kurios pelnė pripažinimą 8 ir 9-ame dešimtmečiuose, bet paskutiniame XX a. dešimtmetyje jas išstūmė konkurencinės rinkos idėja „pirkite daugiau pigesnės energijos“</p>
<p>5. Reikalaukite, kad būtų statomi rezerviniai generavimo pajėgumai</p> <ul style="list-style-type: none"> • iš visų energetinių paslaugų bendrovių turi būti pareikalauta įrengti nustatyto dydžio rezervinę generuojamą galią, ir tai padidintų disponuojamą energetikos sistemos generuojamą galią; • šitokia plėtra ir ekonomiškai efektyvesnė, ir 	<p>Energetinių paslaugų bendrovė siūlo vartotojui visas energetinio efektyvumo didinimo paslaugas – nuo elektrinės statybos iki energijos vartojimo sumažinimo. G. Loehr'as siūlo, kad vartotojui elektrinę ši bendrovė įrengtų su atsarginiais agregatais;</p>

2 lentelė (tęsinys)

1	2
<p>konkurencinei rinkai palankesnė nei reguliuotojų taikoma „viršutinė kainų riba“;</p> <ul style="list-style-type: none"> leiskite dvišalius sandorius ir dvišalius galios mainus; ilgalaikiai sandoriai nėra panacėja, nes patraukli šiandien kaina po metų gali atrodyti brangi 	<p>Dvišaliai sandoriai leistų neplaninį apkrovos piko prieaugį padengti rezerviniais šalių pajėgumais, neieškant paskutinę minutę laisvo rezervo arba nereikalaujant pagalbos iš perkrautų elektrinių. Dvišaliai galios mainai kuria energetikos sistemoje priešpriešinius galios srautus ir mažina tinklų perkrovą</p>
<p>4. Elektros energijos perdavimo nelaikykite sunkiai įveikiama kliūtimi ir veikite racionaliai</p> <ul style="list-style-type: none"> planuodami perdavimo tinklų plėtrą nemanykite, kad anksčiau energetikos bendrovių nevaržė principas „tik ne per mano kiemą“ – jis trukdė plėtrai visais laikais; supaprastinkite perdavimo linijų statybos suderinimo procedūrą; konkurencija elektros perdavimo veikloje gali tapti tikrove, tačiau ji derintina su planinga energetikos sistemos plėtra; jei perdavimo tinklo plėtra pasiteisina ekonomiškai – papildomas tinklas vienaip ar kitaip vis tiek bus pastatytas; perdavimo tinklo perkrovos siunčia rinkos signalus – „perkelkite generaciją arčiau prie apkrovos“ 	<p>Perdavėjai konkuruotų dėl tranzito srautų perdavimo optimaliais keliais tarpstiesiminiame tinkle ir netgi ryšis statyti naujas perdavimo linijas savo ekonomine rizika</p>
<p>3. Visiškai atskirkite generavimo ir perdavimo veiklų apskaitas</p> <ul style="list-style-type: none"> atskyrimas neišvengiamas, todėl nereikia jo atidėlioti 	<p>Daugelyje JAV sistemų tai nepadaryta (priešingai nei Europoje)</p>
<p>2. Mažiau valdymo rajonų!</p> <ul style="list-style-type: none"> dabartinis didelis valdymo rajonų kiekis nėra palankus patikimumui restruktūrizuotame ir liberalizuotame elektros energetikos sektoriuje; sujunkite keletą valdymo rajonų į stambų valdymo rajoną, kai steigiate naują NSO ar RPTO; suteikite NSO realią valdžią 	<p>Europoje – priešingas požiūris, nes yra daug smulkių valdymo rajonų, sutampančių su valstybių sienomis;</p> <p>Ši tezė paremia Baltijos valstybių (Latvijos, Lietuvos, Estijos) bendro dispečerinio centro išsaugojimą, kad būtų garantuotas jungtinės energetikos sistemos darbo patikimumas</p>
<p>1. Išskaidykite dabartines Vakarų ir Rytų tarpstiesmines jungtis į smulkesnes lygiagrečias jungtis ir įterpkite į jas nuolatinės srovės linijas</p> <ul style="list-style-type: none"> nuolatinės srovės jungtis yra asinchroninės, todėl nekels problemų lygiagretūs srautų keliai tinkle ir perdavimo atkūrimas po trikdžių; elektros tiekėjai galės planuoti galios tiekimo sandorius „iš mazgo į mazgą“; bene svarbiausia – nuolatinės srovės intarpai leidžia valdyti energetikos sistemas taip, kaip jas dirbančias įsivaizduoja ekonomistai; inžinieriai džiaugsis aukštesniu patikimumu, o elektros tiekėjai (brokeriai) – paprastesniu elektros prekybos organizavimu; galiausiai, ir rinka bus konkurencinė, ir energetikos sistema – patikima 	<p>Čia kalbama apie JAV Vakarų ir Rytų valstijų tarpstiesmines jungtis;</p> <p>Tai leistų valdyti tranzito srautų kelius perdavimo tinkluose ir sukurtų elektros perdavimui konkurencinę aplinką</p>

5. ENERGETIKOS TINKLŲ MODELIAVIMO POREIKIAI IR PROBLEMOS

Energetikos tinklų raidos tendencijos ir prognozės rodo, kad jų plėtros ir valdymo uždaviniai ne tik išlieka – jų daugėja ir jie sudėtingėja. Šiuos uždavinius aprašyti ir spręsti galima tik matematinio modeliavimo būdu. Taigi didėjantys tinklų racionalios plėtros ir valdymo poreikiai lems didesnius tinklų matematinio modeliavimo poreikius.

Matematinio modeliavimo galima laikyti tris sąlyginai savarankiškas matematinės veiklas:

1) matematinio modelio sudarymą kaip uždavinio sąlygų, t. y. nagrinėjamo objekto matematinį aprašymą. Modelis lygtimis ir nelygybėmis aprašo objekto savybes, struktūrą, elgesį, kitimą, kartais ir objekto naudotojo iškeltą tikslą – kaip pakeisti objektą, kaip jį valdyti;

2) matematinio modelio sprendimą – pradinių lygčių ir nelygybių sistemos sprendimą, parenkant racionalų, veiksmingą sprendimo principą ar būdą, t. y. matematinį metodą, ir jį realizuojant algoritmu – griežtai apibrėžta veiksmų seka – ir kompiuterine programa – tos sekos užrašymą elektroninėje versijoje specialia standartizuota kalba. Svarbu pažymėti, kad dažnai matematinis modelis suprantamas ir kaip šių dviejų darynių (pradinių lygčių ir nelygybių sistemos ir jų sprendimo būdo) junginys. Tai ypač pasakytina apie matematinį modelį kaip programinės įrangos kūrinį;

3) objekto ar reiškinio ypatumų tyrimą su modeliu, keičiant tik tiriamo objekto (reiškinio) parametrų skaitines reikšmes, bet nekeičiant paties modelio struktūros. Praktikoje tai dažniausiai vadinama variantiniais skaičiavimais.

Energetikos tinklų valdymo ir plėtros uždaviniuose modeliams (uždavinio sąlygų matematinei formulavimui) sudaryti ir išspręsti išmėginta ir pritaikyta daug įvairių matematinų principų ir metodų. Daugeliui uždavinių rasti „geriausi“ modeliai bei sprendimo metodai ir toliau jie gali būti tobulinami veikiau kaip programinės įrangos kūriniai. Tačiau tebėra uždavinių, kuriems tebeieškoma ir naujų, tikslesnių modelių, ir naujų, veiksmingesnių jų sprendimo algoritmų.

Šie poreikiai aktualūs ir Lietuvai. Nacionalinė energetikos strategija ir Baltijos energetikos strategija numato elektros ir dujų tinklus sujungti su atitinkamais Vakarų Europos tinklais ir dalyvauti Europos vidaus rinkose (elektros, dujų). Lietuvos dujų ir elektros tinklų operatoriams teks koordinuoti savo veiksmus su kitų šalių tinklų operatoriais. Vakarų Europos perdavimo tinklų sąjungoje UCTE yra apie 40 perdavimo tinklų ar nepriklausomų sistemos operatorių.

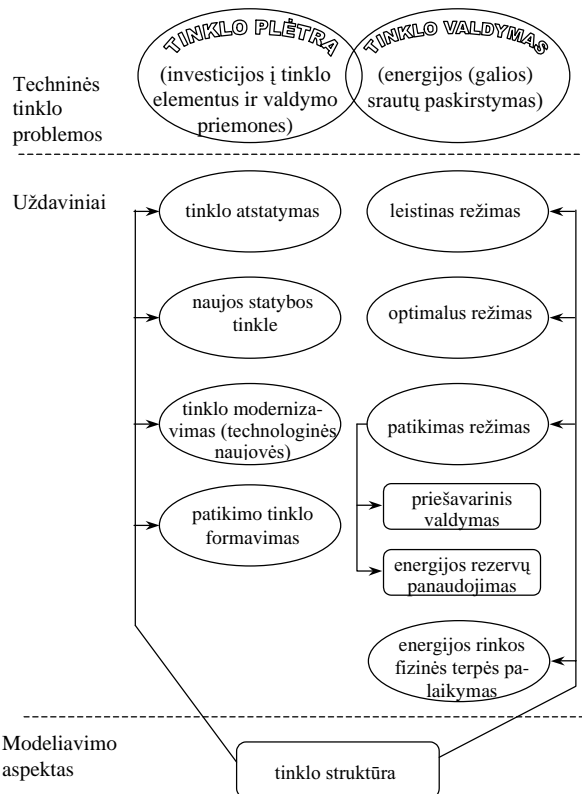
Nauji modeliai atvaizduos ir energetikos sistemų ir tinklų valdymo naujas technologines galimybes, pvz., FACTS [30]. Tinkluose padaugės dispečerinės informacijos srautų, kuriems apdoroti reikės naujų mate-

matinių modelių, sudarančių informacinių kompleksų, automatinio generacijos valdymo sistemų programinę įrangą. Kiti modeliai bus kuriami elektros energijos elektroninei prekybai, rinkos veikimui garantuoti.

Energetikos tinklų modeliavimo srityje galima išskirti bendriausią, esminį tinklų aspektą – tinklo struktūrą (topologiją, sujungimo schemą). Jis bendras visų energijos rūšių tinklams bei daugeliui tinklo plėtros ir valdymo problemų. Uždaviniai, kuriuose modeliuojama tinklo struktūra, vadinami tinkliniais uždaviniais. Plėtros uždaviniuose tinklo struktūra kuriama (atnaujinama), valdymo uždaviniuose tinklo struktūros elementai apkraunami energijos srautais (apkrovomis).

Toliau pateikiama energetikos sistemos plėtros ir valdymo uždavinių sąryšio su svarbiausiais konkrečiais uždaviniais, kuriuose modeliuojama tinklo struktūra, schema (2 pav.).

Tinklo struktūrą tiria keletas matematikos šakų. Iš jų galima išskirti 3 šakas, kurios dažniausiai minimos nagrinėjant energetikos tinklo struktūrą kaip schemą (konfigūraciją). Tai tinklų analizė, grafų teorija ir topologinė analizė. Šių šakų metodai padeda sumodeliuoti („paruošti“) tinklo struktūrą tinkliniam uždaviniui spręsti, pvz., optimalios tinklo plėtros arba srautų paskirstymo. Tinkliniams uždaviniams spręsti naudojamos tokios matematikos sritys, kaip tiesinis, dinaminis programavimas, funkcinė analizė ir kt.



2 pav. Energetikos sistemos plėtros ir valdymo uždavinių sąryšio schema

Šiuolaikinės informacinės technologijos ir jų produktai (*Microsoft Access, Microsoft Excel, Matlab*) leidžia sudaryti specializuotas, skirtingo detalizavimo lygio programines priemones, jas suderinti bendram darbui programų pakete, sukurti vartotojui priimtina programų aplinką.

6. IŠVADOS

1. Apžvelgus energetikos tinklų raidą, išskirta 14 jų plėtros ir techninio valdymo tendencijų.

2. Pagrindinėmis energetikos tinklų perspektyvomis galima laikyti jų kiekybinę plėtrą XXI a. ir techninio valdymo sunkumų didėjimą, tiek dėl tinklų plėtros, tiek dėl energijos rinkos liberalizavimo. Šios perspektyvos didins tinklų plėtros ir valdymo uždavinių aktualumą ir jų matematinio modeliavimo poreikius, pirmiausia mokslinių tyrimų srityje.

3. Energijos rinkos liberalizavimas negali peržengti energetikos tinklų ir sistemų plėtros ir valdymo techninių ribų, todėl teisinio energetikos reguliavimo institucijos turi labai atsakingai prižiūrėti liberalizavimo procesą.

4. Energijos tiekimo patikimumo krizė JAV yra perspėjimas Europos Sąjungai ir Lietuvai daugiau dėmesio skirti tinklų techninėms problemoms ir nepervertinti konkurencinės rinkos jėgų vaidmens.

5. Amerikiečio G. Loehro 10 patikimumo tezių yra vertingos ekspertinės išvados, kurios išreiškia naują, subalansuotą požiūrį į elektros energetikos tinklų ir sistemų ekonominio valdymo (liberalizavimo) ir techninio valdymo bei plėtros santykį ir tinklų raidos perspektyvas.

6. Matematiškai modeliuojant energetikos tinklus, tinklų planuotojai, operatoriai ir ekspertai ir toliau vykdys tris pagrindines matematinio modeliavimo veiklas: modelių sudarymą, modelio sprendimą metodine, algoritmine ir programine prasme ir variantinius tinklinių uždavinių skaičiavimus, panaudojant modelį kaip kompiuterinę programą.

7. Tinklų topologijos modeliavimas ir grafų teorijos taikymas turėtų įgyti didesnę reikšmę energetikos tinkliniuose uždaviniuose, nes daugės tinklo režimų ir plėtros schemų variantinių (daugkartinių) skaičiavimų, o ateityje – ir tranzito srautų optimalių kelių tarpsteminuose tinkluose skaičiavimų.

Gauta
2001 12 06

Literatūra

1. Nakićenović N., Grübler A., McDonald A. (eds.). *Global Energy Perspectives*, IIASA-WEC. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998.
2. Gerry G. *Interconnecting the Globe // Transmission and Distribution World*. January, 2000.

3. Bush R. *Will gas be our Nemesis or our Saviour? // Transmission and Distribution*. October, 2000.
4. Pasaulio energetikos taryba. Išvados ir rekomendacijos, priimtose 17 PET kongrese Hiustone 1998 m. 1999 m. PET pareiškimas. Lietuvos energetikos institutas, 1999.
5. Treaty on European Union. Official Journal C 340, 10.11.1997. P. 145–172.
6. Decision No 1254/96/EC of the European Parliament and of the Council of 5 June 1996. Official Journal L 161, 29.06.1996. P. 147–153.
7. Commission Decision No 761/2000/EC of 16 November 2000. Official Journal L 305, 06.12.2000.
8. Papadopoulos A. M. *Developing Energy Networks in Southeastern Europe*. IAEE Newsletter. 2000. No. 2. P. 18–20.
9. Green Paper. *Towards a European strategy for the security of energy supply*. Commission of the European Communities. Brussels, 29 November, 2000.
10. *Trans European networks for energy*. http://www.europa.eu.int/pol/ten/energy_en.htm.
11. *Future of natural gas hinges on tax*. Euroenergy. Published by Vattenfall AB. Spring 1999. P. 20–21.
12. *EU Security of Gas Supply Study*. By Wood Mackenzie and University of Dundee for European Commission. April, 1998.
13. *Enhancement of Gas Supply Security in Central and Eastern European Countries*. PHARE Multi-Country Energy Programme. By PLE. 1999.
14. *Baltic Gas Study. Stage 3: Gas Market Development*. By PLE. June, 1996.
15. *Aquifer storage in Vaskai – Lithuania*. (Phare Project No. 98–0522). Final Report for Lietuvos Dujos. By Sofregaz. March, 2000.
16. *Creating a smart power delivery system // Transmission and Distribution*. January, 2000.
17. Lensen N. *Small scale co-generation: the next energy revolution? // Cogeneration and On-Site Power Production*. Directory Issue. July–August 2000. P. 32–43.
18. Bačasas A., Grėblikas P., Kriščiukaitis D., Kadiša S., Klementavičius A., Krakauskas M. *Skirstomųjų elektros tinklų strategijos metmenys // Lietuvos mokslas ir pramonė: Europos erdvės kontekstas*. Elektros energetika ir technologijos. Kaunas: Technologija, 1998. P. 93–98.
19. Cotard E. *Electricity transport regimes: their impact on cogeneration // Cogeneration and On-Site Power Production*. Issue 6. November–December, 2000. P. 57–67.
20. *COGEN Europe calls for co-ordinated action at EU and national level on combined heat and power*. <http://www.cogen.org/pubfra6.html>.
21. *A new COGEN Europe study reveals that connection costs and requirements are significant obstacle to the developing of CHP in Europe*. <http://www.cogen.org/pubfra4.html>.
22. *Proposal for a Directive on the promotion of electricity from renewable energy sources in the internal electricity market*. <http://www.ing.dk/arkiv/4599/direktiv2.htm>.
23. *Summary of the current operating principles of the UCTE*. http://www.ucpte.org/pdf/Principles_E.pdf.
24. Nargėlas A., Bikulčius R. *Elektros energetikos sistemų automatinio generacijos valdymo procesų modeliavimas*.

- vimas elektros rinkos sąlygomis // Energetika. 2000. Nr. 3. P. 31–40.
25. Nevardauskas E. V., Šulga D. Lietuvos energetikos sistemos informacinio komplekso raida ir plėtros galimybės // Energetika. 2000. Nr. 3. P. 114–123.
26. Nemura A., Kadiša S., Klementavičius A. Galios srautų optimalūs keliai konkurencinėse elektros rinkose // Energetika. 2001. Nr. 2. P. 60–68.
27. Erdmann G. Transformations in the German Electricity Sector. IAEE Newsletter. 2000. No. 2. P. 20–21.
28. White Paper of European Energy Policy. 1996.
29. Loehr G. C. Finding Our Way Out of Reliability Hell // Transmission and Distribution World. March, 2001.
30. Berizzi A., Faranda R., Marannino P., Silvestri A. Optimal control of power flows using FACTS devices // 13th PSCC in Trondheim. 1999. P. 1285–1291.

Sigitas Kadiša, Artūras Klementavičius

ENERGY NETWORK MODELLING NEEDS AT THE TURN OF THE CENTURY

S u m m a r y

The paper deals with current trends in the development and functioning of energy networks. The trends are divided into network extension and control/reliability categories. Specific control problems for power and gas networks, as related to liberalisation, are outlined. It is argued that the control of a power network and conformance with reliability standards of a power system become more complicated in liberalised markets as compared to monopolistic ones. The theses of the expert G. Lohr (USA) on the enhancement of the reliability of power systems and networks are reviewed. To solve both new and old problems of the extension, control and reliability of networks, the planners, designers, operators and experts need increased efforts in the analysis of networks, including variations of network topology and plentiful computations of operation modes. Thus the role of mathematical modelling as a major tool for network analysis is likely to grow. Three general levels of mathematical modelling are distinguished: 1) mathematical formulation of a problem and solution by respective methods (algorithms); 2) developing computer programs which realise the solution methods (algorithms); 3) numerical simulation as calculations without changing a model or computer program. Modelling the network structure (topology) can be regarded as a basic component in network modelling, either in extension or control problem. For these reasons, graph theory is supposed to be retrieved by energy network analysts as an attractive instrument for energy

network modelling. Modern programming technologies provide for increased possibilities to realise mathematical models of energy networks and respective solution algorithms to efficient computer programs, with regard to individual needs of an analyst.

Key words: power system, energy networks, network extension, network control, energy market, liberalization, mathematical modelling

Сигитас Кадиша, Артурас Клементавичюс

ПОТРЕБНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ПЕРЕЛОМЕ СТОЛЕТИЙ

Р е з ю м е

В статье рассматриваются тенденции развития энергетических сетей в начале 21-ого столетия, сгруппированные по категориям развития, управления и надёжности сетей. Выделены проблемы управления электрическими и газовыми сетями, возникающие при либерализации рынков электроэнергетики и природного газа. Показано, что вследствие этой либерализации управление электрическими сетями и сохранение надёжного режима становятся более сложными, чем в условиях замкнутого монопольного рынка. Приводятся тезисы эксперта из США по повышению надёжности энергетических систем. Как традиционные, так и новые проблемы развития, управления и надёжности требуют от проектировщиков сетей и операторов управления большей аналитической работы, многовариантных расчётов режима и изменений схемы сети. Таким образом, увеличивается значение математического моделирования сетей. Самым общим аспектом моделирования сети для задач и развития, и управления является моделирование структуры (конфигурации) сети. Сделан вывод о том, что применение методов и задач теории графов при моделировании энергетических сетей становится более актуальным, чем в условиях монопольного рынка. Новые технологии программирования позволяют модели таких задач и алгоритмы методов их решения реализовать эффективными компьютерными программами, учитывающими индивидуальные потребности аналитика.

Ключевые слова: энергетическая система, энергетические сети, развитие, управление, энергетический рынок, математическое моделирование