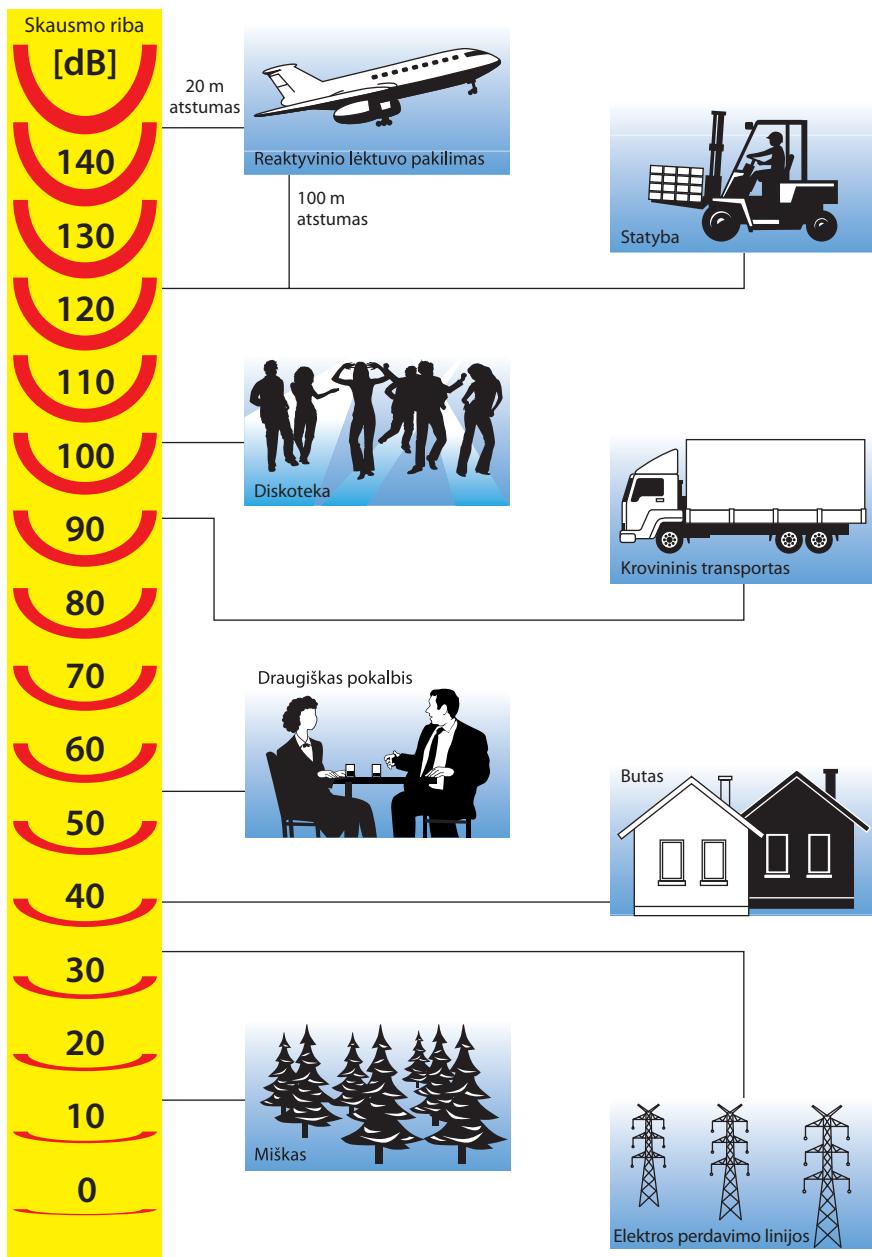


Anzelmas BAČAUSKAS

APIE ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ TECHNOLOGIJAS

BE FORMULIŲ





Keliamo triukšmo palyginimas

Anzelmas Bačauskas

APIE
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ
TECHNOLOGIJAS
be formulių

2010 m.

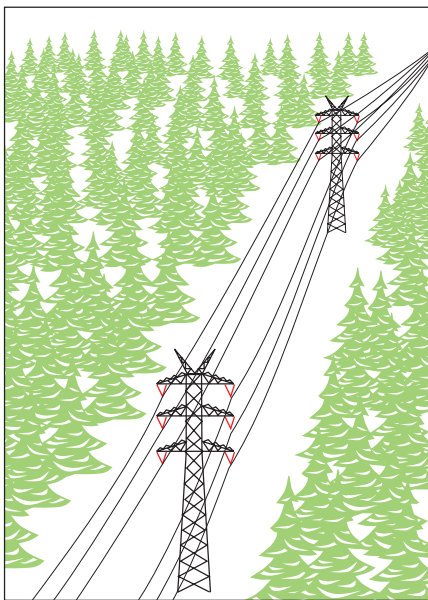
UDK 621.311.1

Ba - 62

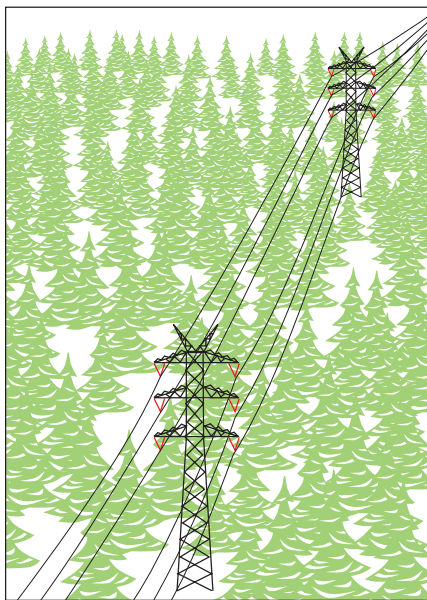
PRATARMĖ

Šiuolaikinio žmogaus gyvenimas neįsivaizduojamas be elektros, o patikimam apsirūpinimui elektra yra svarbios elektros energetikos sistemos. Šio leidinio tikslas yra supažindinti skaitytoją su elektros energetikos sistemų technologijomis ir problematika, o svarbiausia – kaip pasiekama, kad paspaudus jungiklį visada įsižiebtų šviesa.

Vis dėlto, tai nėra pasakojimas apie elektros energetikos sistemų techniką ir įrenginių veikimo principus, kadangi detaliam energetikos sistemų veikimo supratimui reikia daug specialių žinių. Knygoje bandoma elektros energetikos sistemų technologijas pristatyti taip, kad tam pakaktų skaitytojo vidurinio mokslo žinių. Todėl kai kas yra supaprastinta ir ne visai tikslu specialisto žvilgsniui. Kita vertus, reikia atsiprašyti skaitytojo, jei jam kai kas atrodys per sudėtinga, liks neaišku – sudėtingus dalykus ne visada pavyksta paaikškinti paprastai. Tačiau tikimės, kad skaitytojas galės suprasti bendrus elektros energetikos sistemų technologijų principus ir šios žinios bus jam naudingos.



Standartinis išdėstymas (a)



Oro linijos virš medžių (b)

Galimi elektros linijų per miškus variantai

TURINYS

1. ĮVADAS	6
2. ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMOS SANDAROS APŽVALGA	7
2.1 Elektros sistema ir jos sudedamosios dalys	7
2.1.1 Elektrinės	8
2.1.2 Elektros tinklai	12
2.1.3 Energetikos sistemos valdymo centras	16
2.2 Jungtinės energetikos sistemos	18
3. ENERGETIKOS SISTEMOS DARBO KOORDINAVIMAS IR PLANAVIMAS	20
3.1 Elektros sistemų darbo normos	20
3.1.1 Dažnis	20
3.1.2 Įtampa	21
3.1.3 Patikimumas	23
3.2 Reikalavimai elektros sistemos darbui ir jo planavimui	25
3.2.1 Apkrovos sekimas	26
3.2.2 Elektros tiekimo patikimumo užtikrinimas	26
3.2.3 Galios mainų koordinavimas	28
3.3 Elektros sistemos darbas ir jo planavimas	28
3.3.1 Generatorių reguliatorių valdymas pagal apkrovos kitimą	29
3.3.2 Apkrovų agregatams paskirstymas ir automatinis generacijos valdymas	32
3.3.3 Įtampų reguliavimas kintant apkrovai	34
3.3.4 Elektros sistemos gyvybingumas ir patikimumas paskirstant apkrovas	36
3.3.5 Veikiančių agregatų sudėties parinkimas	37
3.3.6 Remontų grafikų sudarymas	39
3.3.7 Elektros sistemos darbas avarijų metu, jos veikimo atstatymas po avarijos	39
3.3.8 Elektros sistemos plėtros planai	40
4. KAIP DIDINAMOS ELEKTROS PERDAVIMO GALIMYBĖS	43
4.1 Elektros perdavimo galimybių ribos	43
4.2 Elektros sistemos elementų ribojimai	44
4.2.1 Srovės šiluminiai ribojimai	44
4.2.2 Įtampų ir reaktyviųjų galių srautų ribojimai	45
4.3 Sisteminiai ribojimai	46
4.3.1 Lygiagretūs galių srautai ir galių pasiskirstymas	46
4.3.2 Sistemos stabilumas	47
4.3.3 Sistemos gyvybingumas	47

4.4 Elektros perdavimo galimybių didinimo perspektyvos.....	50
4.4.1 Vardinės įtampos padidinimas	50
4.4.2 Srovės padidinimas	51
4.4.3 Konstrukcijos pakeitimas	51
4.4.4 Aktyviosios galios srautų reguliavimas	52
4.4.5 Reaktyviųjų galių ir įtampų valdymas	54
4.4.6 Stabilumo gerinimas	55
4.5 Ateities tendencijos	55
5. JUNGTINĖS ENERGETIKOS SISTEMOS EUROPOJE	57
5.1 UCTE	58
5.2 NVS ir Baltijos šalių energetikos sistema	59
5.3 Nordel	61
5.4 BALTSO	62
5.5 ENTSO-E	64
6. LIETUVOS ENERGETIKOS SISTEMA	65
6.1 Lietuvos elektrinė	66
6.1.1 Ignalinos atominė elektrinė	67
6.1.2 Lietuvos elektrinė	69
6.1.3 Vilniaus termofikacinė elektrinė	69
6.1.4 Kauno termofikacinė elektrinė	70
6.1.5 Mažeikių termofikacinė elektrinė	70
6.1.6 Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė	71
6.1.7 Kauno hidroelektrinė	72
6.1.8 Senosios Lietuvos elektrinės	73
6.1.9 Vėjo elektrinės	73
6.2 Lietuvos elektros perdavimo tinklai	74
6.3 Lietuvos skirstomieji elektros tinklai	75
6.4 Lietuvos energetikos sistemos valdymas ir AB „Lietuvos energija“	76
7. SUTRUMPINIMAI	79

1. ĮVADAS

Šiuolaikinės visuomenės gyvenimas neįsivaizduojamas be elektros. Ji didele dalimi nulemia žmonių gyvenimo kokybę, sudaro sąlygas tolesnei pažangai. Elektra tokia svarbi visuomenės gyvenime tapo šiek tiek daugiau kaip per šimtmetį.

2003 metais be elektros dešimtims valandų liko apie 50 milijonų Šiaurės Amerikos gyventojų, 57 milijonai – Italij. Nepaisant energetikų pastangų ir tam skiriamų didelių lėšų, avarijų elektros sistemose visiškai išvengti neįmanoma. Nors ir retai, tačiau jos įvyksta. 2003 metų elektros sistemų avarijų analizė rodo, kad didelį jų mastą lėmė ir nepakankamas visuomenės dėmesys elektros energetikos problemoms. Todėl svarbu, kad elektros sistemų technologijos būtų visiems suprantamos geriau.

Po praėjusio šimtmečio aštuntojo dešimtmečio energetikos krizės daugelio šalių elektros ūkiai susidūrė su ekonominėmis problemomis – pabrango kuras, didėjo naujų elektrinių, ypač atominų, statybos darbų kainos, griežtėjo aplinkosaugos ir saugumo reikalavimai. Viena galimybių spręsti šias problemas buvo elektros ūkio valstybinio reguliavimo pakeitimas konkurencija.

Tai buvo padaryta išskaidžius vertikaliai integruotas elektros energetikos bendroves. Elektrinės buvo atskirtos nuo elektros tinklų, atsirado viena elektros perdavimo ir kelios elektros gamybos bendrovės, kelios skirstomųjų tinklų ir elektros tiekimo (prekybos) bendrovės. Taip elektros gamyboje tapo galima konkurencija, kuri pakeitė valstybinį elektros gamybos kainų reguliavimą. Dėl techninių priežasčių elektros perdavimas ir skirstymas liko natūralios monopolinės veiklos, kuriose konkurencija neįmanoma, todėl elektros perdavimo ir skirstymo kainas ir po elektros ūkio reformos reguliuoja valstybės.

Reformos įvykdytos visose išsivysčiusiose šalyse (Lietuvoje elektros ūkio reforma baigta 2001 metais). Taigi, antrąjį savo šimtmetį elektros ūkis pradėjo nuo reformų, kurios pakeitė ūkininkavimo tvarką, tačiau elektros sistemų technologija liko ta pati. Reformos įtakėjo skaidresnę elektros kainodarą, atlaisvino valstybę nuo kai kurių elektros ūkio ekonominių problemų sprendimo, bet elektros sistemų technologinių procesų valdymas tapo sudėtingesnis.

Kita vertus, elektros ūkis reikalingas tiek, kiek jis tenkina visuomenės reikmes. Elektros ūkis tarnauja žmonėms, o žmonės – specialistai ir elektros vartotojai – įvertina jo veiklos sėkmę. Šiandieninis gyvenimas reikalauja, kad visuomenė turėtų pakankamą supratimą apie elektros ūkį, energetikos sistemas ir jų problemas.

2. ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMOS SANDAROS APŽVALGA

Energetikos sistemų formavimas prasidėjo dvidešimtojo amžiaus antrame dešimtmetyje. Tada, siekiant didesnio elektros tiekimo efektyvumo ir patikimumo, elektrinės pradėtos sujungti elektros tinklais.

Elektros energetikos sistema (toliau – energetikos sistema) nėra vien tik tam tikra tvarka, organizacija ar priemonių visuma. *Energetikos sistema – tai gigantiška, labai sudėtinga žmonių sukurta mašina*, skirta apsirūpinti elektra, o kartais – ir šiluma. Tokia sistema yra panaši į sudėtingą milžinišką dirbtinį organizmą, kuris gali apimti visą valstybę ar net kelias. Energetikos sistemos veikimą lemia fizikos dėsniai, bet didelę įtaką turi ir ekonomika, politika bei teisinė sistema.

Energetikos sistemą sudaro elektrinės, kurios gamina elektrą, *elektros perdavimo tinklai*, kurių linijomis elektra perduodama dideliais atstumais, ir *elektros skirstymo tinklai*, kurių linijomis elektra iš perdavimo tinklų ir mažų elektrinių tiekiamą vartotojams. Elektros tinklų *pastotėse* sujungiamos elektros linijos, o dažnai ir pakeičiama (transformuojama) įtampa. *Sistemos valdymo (dispečeriniai) centrai* koordinuoja visų sistemos komponentų darbą, o *informacinės sistemos* aprūpina elektros sistemos valdymo centrus reikalinga informacija.

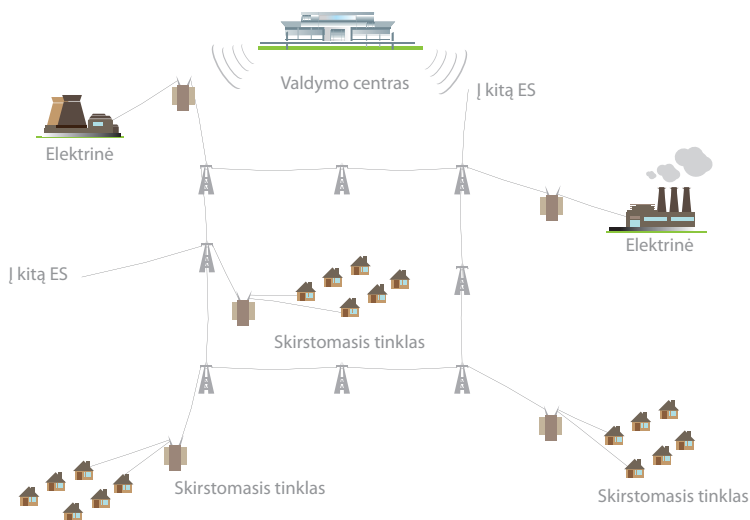
2.1 Elektros sistema ir jos sudedamosios dalys

*Energetikos sistemos dalis, kuri gamina, perduoda ir skirsto elektrą, įprasta vadinti **elektros sistema***. Jos svarbiausi komponentai – *elektrinės*, sujungtos *elektros perdavimo tinklais*, iš kurių elektra *skirstomaisiais elektros tinklais* pasiekia vartotojų įrenginius, elektrą paverčiančius šviesa, šiluma, mechanine energija ir pan. (2.1 pav.).

Paprasčiausia elektros sistema – dvi elektros tinklu sujungtos elektrinės (generatoriai). Toks elektrinių sujungimas ir elektros sistemų kūrimas pasaulyje prasidėjo dvidešimto amžiaus pradžioje. Lietuvoje jis startavo tik 1956 metais, kai 110 kV (kilovoltų) įtamos elektros linija per Panevėžį buvo sujungtos Petrašiūnų ir Rėkyvos elektrinės.

Elektros sistemų veikimo ypatumai:

- elektros gamyba ir vartojimas vyksta tuo pat metu, kadangi elektros sistemose praktiškai neįmanoma sukaupti elektros (gamybos) atsargų. Elektros sistemos kiekvienu momentu turi gaminti tik tiek elektros, kiek jos tuo momentu reikia vartotojams. Ir atvirkščiai – elektros vartotojai kiekvienu momentu gali suvartoti tik tiek elektros, kiek jos tada pagamina elektrinės;



2.1 pav. Elektros sistemos schema

- elektros sistemose procesai vyksta labai greitai, kai kurie – elektromagnetiniai – beveik šviesos greičiu. Tokius procesus gali valdyti tik automatiniai įtaisai. Dėl to elektros sistemos yra labiausiai automatizuota ūkio dalis;
- elektros sistemų objektai, dalyvaujantys bendrame technologiniame procese, vieni nuo kitų yra nutolę per dešimtis ar net šimtus kilometrų. Tai apsunkina elektros sistemų procesų valdymą;
- elektros paklausa nuolat auga, o apsirūpinimas elektra lemia tiek ūkio pažangą, tiek visuomenės gyvenimo kokybę. Nuolat augančiai elektros paklausai patenkinti reikia vis naujų pajėgumų statybos ir esamų atnaujinimo, o tokių projektų įgyvendinimas trunka dešimtmetį ar ilgiau – juk ir elektrinių darbo amžius siekia per 40–60 metų. Dėl šių priežasčių elektros sistemų plėtrą reikia planuoti labai iš anksto, be to, plėtra turi būti spartesnė už ekonomikos augimą, kad elektros ūkis netaptų pažangos stabdžiu.

2.1.1 Elektrinės

Daugiausia elektros gaminama naudojant iškastinio (organinio) ir branduolinio kuro energiją, taip pat vandens – hidroenergiją. Elektrinėse deginamo iškastinio kuro ar branduolinio kuro šiluma gamina garą. Tas garas suka turbinas, sujungtas su elektros generatoriais, kuriuose mechaninė energija paverčiama elektra. Tokios elektrinės vadinamos kondensacinėmis. Hidroelektrinių (HE) turbinas su elektros generatoriais suka krintantis vanduo.

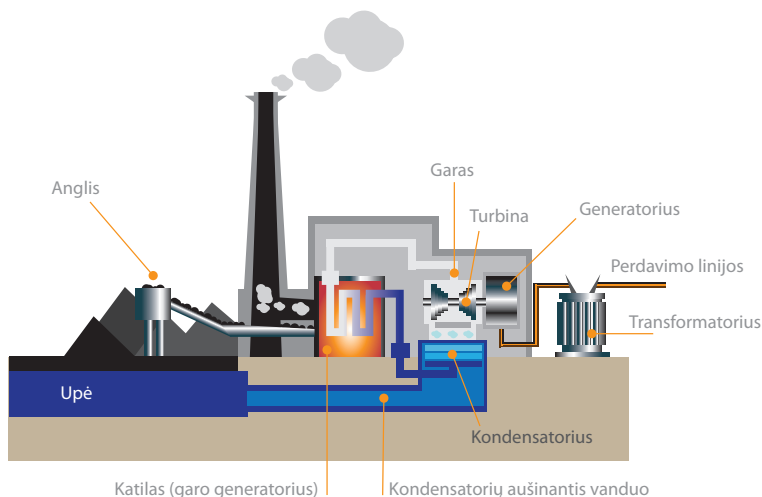


2.2 pav. Jämschwalde anglimi kūrenama kondensacinė elektrinė (Vokietija)



2.3 pav. Avedøre elektrinė (Danija)

Kondensacinėse iškastinio kuro (anglies, naftos, gamtinių dujų) elektrinėse ar branduolinio kuro elektrinėse šiluma verčiama elektra, naudojant vadinamąjį uždarą garo (vandens) ciklą. Gamyboje naudojamas vanduo yra specialiai paruošiamas, kadangi turi būti ypač švarus. Pirmiausia (2.4 pav.), vanduo katile (garo generatoriuje) paverčiamas aukštos temperatūros (paprastai 550°C , ateityje planuojama – net 700°C) ir aukšto slėgio (150–350 barų, atominėse elektrinėse – 70 barų) garu. Aukšto slėgio garas suka garo turbiną su elektros generatoriumi. Siekiant kuo didesnio garo energijos perdavimo turbinai efektyvumo, iš turbinos išeinančio garo slėgis turi būti kuo žemesnis, idealiu atveju, reikalingas vakuumas. Tam iš turbinos išeinantis garas kondensatoriuje yra verčiamas vandeniu, kurį siurblys vėl pumpuoja į katilą. Taip prasideda naujas ciklas.



2.4 pav. Anglimi kūrenamos kondensacinės elektrinės technologinė schema



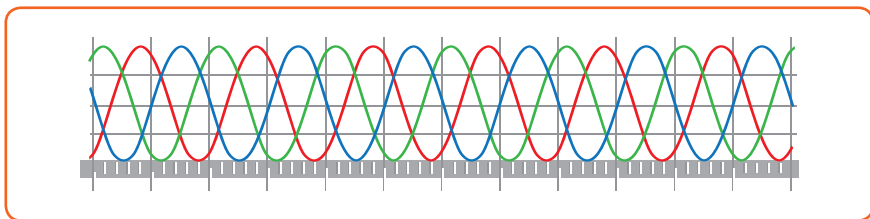
2.5 pav. Vilniaus termofkacinės elektrinės aušinimo bokštai

Kondensatoriuje garą verčiant vandeniu, iš jo reikia paimti daug šilumos. Tas padaroma per kondensatorių praleidžiant didelį aušinančio vandens kiekį, pavyzdžiui, 1000 MW elektrinėje – apie 50–60 m³ vandens per sekundę. Taigi, elektrinei reikia didelio vandens telkinio, iš kurio į kondensatorių būtų paduodamas aplinkos temperatūros vanduo, o iš jo išleidžiamas pašildytas. Nuo aušinimui naudojamo vandens temperatūros priklauso turbinos veiksmingumas, tuo pačiu – ir elektros generatoriaus generuojama galia. Dėl šios priežasties elektrinę geriausia statyti prie jūros, didelės upės, natūralaus ar dirbtinio ežero.

Kai arti nėra pakankamai didelio vandens telkinio, yra statomi specialūs aušinimo bokštai (aušintuvai). Kondensatoriuje sušilęs vanduo krenta iš bokšto viršaus ir dėl natūralios traukos atšaldomas iki oro temperatūros. Tokiuose bokštuose išgaravusio vandens nuostoliai yra nedideli ir sudaro apie vieną procentą, o vandenį nesunku papildyti vietinio vandens telkinio ištekliais.

Šiuolaikinėse kondensacinėse elektrinėse šilumos vertimo elektra didžiausias pasiekiamas efektyvumas yra nuo 35 proc. atominėse iki 46 proc. iškastinio kuro elektrinėse. Per metus 1000 MW elektrinėje sudeginama apie 3 milijonai tonų anglių, 1,7 milijono tonų mazuto arba 2 milijardus kubinių metrų gamtinių dujų. 1000 MW atominei elektrinei tam pačiam kiekiui elektros pagaminti per metus reikia tik apie 33–37 tonų prisodrinto urano dioksido.

Vieni svarbiausių elektrinių įrenginių yra **elektros generatoriai**, kurie gamina 6–30 kV (kilovoltų) įtampas tarp fazių (linijinės įtampos) trifazę sinuso formos 50 Hz (hercų) dažnio kintamą elektros srovę. Šiaurės Amerikoje, Australijoje, dalyje Japonijos ir kai kuriose kitose šalyse srovės dažnis yra 60 Hz.



2.6 pav. Trifazės srovės grafikas

Elektros sistemoje visų veikiančių generatorių dažnis yra tiksliai sinchronizuotas. Šiuolaikinių šiluminių ir atominių elektrinių generatorių vardinė galia būna nuo kelių dešimčių megavatų (MW) iki tūkstančio ir daugiau, o hidroelektrinių – iki 800 MW. Elektrinių generatorių agregatai turi jų sukimosi greičio reguliatorius, kurie, kintant apkrovai, palaiko elektros sistemoje pastovų srovės dažnį, ir automatinius įtampos reguliatorius, kurie palaiko nustatytą generatoriaus gnybtų ar elektrinės šynų įtampą. Kai dažnis 50 Hz, šiluminių ir atominių elektrinių generatorių sukimosi greitis yra 3000 aps./min. (kai dažnis 60 Hz – 3600 aps./min.). Hidrogeneratorių diametras yra žymiai didesnis nei turbogeneratorių, todėl jų sukimosi greitis yra daug mažesnis, paprastai mažesnis kaip 500 aps./min., todėl 50 Hz gauti jiems reikia turėti daugiau nei vieną polių porą.



2.7 pav. Schkopau anglimi kūrenama elektrinė (Vokietija)



2.8 pav. Vėjo jėgainė

Dabar vis plačiau elektrai gaminti pradedamas naudoti tiek netradicinis kuras: šiaudai, šiukšlės, medienos atliekos ir pan., tiek gausybė netradicinių elektros gamybos technologijų. Pirmiausia tai – termofikacinės (TE) arba kogeneracinės (angl. *cogeneration heat and power* – CHP) elektrinės, kurios gamindamos elektrą, kartu vartotojams tiekia šilumą garu ar karštu vandeniu.

Kitose – dujų ir garo, dar vadinamoje kombinuoto ar binarinio ciklo (angl. *combined cycle*) – elektrinėse deginamo kuro dujos ir jų įkaitintas suspaustas oras suka dujų turbiną su elektros generatoriumi.

Iš turbinos karštos degimo dujos (dūmai) patenka į katilą (garo generatorių), o jame pagamintas garas suka garo turbiną su kitu – elektros generatoriumi.

Tiek termofikacinėse, tiek dujų ir garo (kombinuoto ciklo) elektrinėse kuro energija yra panaudojama veiksmingiau nei tradicinėse – kondensacinėse – šiluminėse elektrinėse. Termofikacinių elektrinių, kaip ir naujų dujų ir garo elektrinių, kuro panaudojimo veiksmingumo koeficientas siekia 60 proc., o dujų ir garo termofikacinėse elektrinėse jis gali siekti net 80 proc.

Elektrai gaminti pasaulyje vis dažniau naudojami atsinaujinantys energijos ištekliai: vėjas, saulė, biomasė (šiaudai, mediena) ar komunalinės atliekos. Kartu tobulinami ir kuro elementai (angl. *fuel cells*), kuriuose vandenilio ar daug jo turinčių dujų cheminė energija tiesiogiai verčiama elektra, žinoma, nuolatinės srovės. Elektrai gaminti naudojama ir žemės šilumos (geoterminė) energija, potvynių–atoslūgių energija. Kol kas iš atsinaujinančių energijos išteklių (išskyrus vandenį) gaminama nedaug elektros, tačiau tikimasi, kad po 30–40 metų netradiciniais būdais pagaminta elektra bendrame energijos balanse sudarys pastebimą dalį.

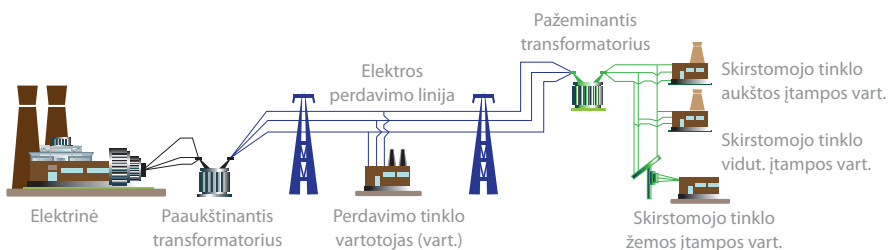
2.1.2 Elektros tinklai

Elektrinių elektros generatorių pagaminta elektra yra perduodama į elektros tinklus. Šiuolaikinių elektros generatorių galia yra didelė, todėl, mažinant perduodamos energijos nuostolius, generatoriai prie elektrinės skirstyklos ar perdavimo linijų jungiami per paaukštinančius transformatorius, kurie generatorių įtampą (6–30 kV) padidina iki elektros perdavimo tinklų įtampos. Kuo įtampa aukštesnė, tuo plonesniais

laidikliais (srovėlaidžiais) galima perduoti tos pačios galios elektros energiją, tačiau kuo aukštesnė įtampa, tuo brangesni įrenginiai.

Perdavimo tinklų įtampa būna aukšta (60–230 kV) ar labai aukšta (330–1150 kV). Europos Sąjungos šalyse aukščiausia elektros perdavimo tinklų įtampa yra 400 kV, Šiaurės Amerikoje – 765 kV, Nepriklausomų valstybių sandraugos (NVS) šalyse – 1150 kV. Lietuvos elektros perdavimo tinklų įtampa yra 110 kV ir 330 kV.

Elektros perdavimo linijos elektrą iš elektrinių dideliais atstumais perduoda skirstomiesiems tinklams ir sujungia su kaimyninėmis energetikos sistemomis.



2.9 pav. Elektros sistemos technologinė schema

Elektros perdavimo tinklus sudaro elektros perdavimo linijos su pastotėmis, kuriose elektros linijos sujungiamos. Perdavimo tinkluose, užtikrinant perdavimo patikimumą, elektra kiekvieną tinklo mazgą pasiekia keliais takais, t. y. elektros perdavimo linijos sudaro kontūrus (kilpas). Jų analogu galėtų būti automobilių kelių tinklas Lietuvoje – jei koks nors kelias yra remontuojamas, jį galima apvažiuoti kitais keliais. Skirtumas tik tas, kad keliais greitai važinėja automobiliai, o elektros tinklais – šviesos greičiu perduodama elektra.

Elektros linijų elementai yra laidai, kuriais perduodama energija, atramos, izoliatoriai ir armatūra, kuria laidai tvirtinami prie izoliatorių, o izoliatoriai – prie atramų. Elektros perdavimo linijos daugiausia yra oro, t. y. pagrindinė izoliacija tarp fazių laidų yra oras. Elektros perdavimo oro linijų laidai dažniausia yra iš aliuminio (ar jo lydinio) vielų, suvytų apie plieno vielų šerdį. Suvytų plieno vielų šerdis suteikia laidams mechaninį stiprumą.

Mažesnės nei 330 kV įtampos elektros perdavimo linijose vienai fazei yra skirtas vienas laidas. Pradedant nuo



2.10 pav. 330 kV elektros linijos atrama



2.11 pav. 110 kV elektros linijos inkarinės atramos fragmentas

330 kV, kiekviena fazė susideda iš dviejų ar daugiau laidų. Taip siekiama sumažinti elektros linijos induktyviąją varžą ir vainikinio išlydžio atsiradimo galimybę. Jis atsiranda, kai laido paviršiuje elektrinio lauko stiprumas pasiekia tokį dydį, kad oras apie laidą jonizuojasi. Tokiu atveju apie laidą susidaro tamsoje švytintis vainikas. Vainikinis išlydis žymiai padidina nepageidaujamus energijos nuostolius elektros linijoje ir sukelia radijo trikdžius.

Elektros linijų atramos būna medinės, gelžbetoninės, metalinės. Atramų konstrukcija priklauso ne tik nuo įtampos, bet ir mechaninių apkrovų, kurias

lemia laidų svoris, galimas vėjo stiprumas, laidų apšalo storis ir atstumas tarp atramų.

Elektros linijų izoliatoriai gaminami iš porceliano, stiklo ar sintetinių medžiagų. Kuo aukštesnė įtampa, tuo daugiau izoliatorių yra girliandoje. Izoliatorių forma parenkama pagal įtampos dydį, vyraujančias klimato sąlygas.

Laidai tvirtinami prie izoliatorių ar jų girliandų, o izoliatoriai ar jų girliandos – prie atramų. Ant atramų taip pat tvirtinami apsauginiai laidai (įžeminimo trosai), kurie elektros linijas saugo nuo žaibų. Su apsauginiais laidais gali būti sumontuoti ir optiniai kabeliai informacijai perduoti. Elektros linijų laidais aukštu dažniu taip pat galima perduoti informaciją, reikalingą sistemos valdymui.

Šiuolaikinės izoliacinės medžiagos ir technologijos leidžia pagaminti aukštos ir labai aukštos įtampos elektros kabelius. Kol kas kabelinės elektros linijos perdavimo tinkluose nėra dažnos, nes jos yra žymiai brangesnės už oro linijas. Kadangi kabeliams pakloti reikia kur kas siauresnės trasos nei oro linijai, kabelinės perdavimo tinklų linijos statomos miestuose, kur žemė yra brangi. Kai kurios bendrovės, pavyzdžiui, Danijoje, net 230 kV elektros linijoms ne miestų teritorijose renka kabelius. Taip yra todėl, kad jų projektų įgyvendinimui galima lengviau ir greičiau gauti reikalingus leidimus, susitarti su žemės savininkais. Kabelinės elektros linijos beveik nekeičia landšafto, joms nedaro įtakos meteorologinės sąlygos. Deja, kabelinių elektros linijų gedimų šalinimui reikia žymiai daugiau laiko. Tai turi neigiamos įtakos sistemos darbo patikimumui.

Elektros linijos yra sujungiamos elektros pastotėse, kuriose yra aukštesnės ir žemesnės įtampos skirstyklos bei jas jungiantys transformatoriai ar autotransformato-

riai. Pastočių transformatoriuose įtampa paprastai pažeminama iki skirstomųjų tinklų įtamos. Autotransformatoriuose – iki perdavimo tinklo žemesnės įtamos, t. y. autotransformatorių transformacijos koeficientas nėra didelis. Autotransformatoriai pastotėse yra jungiami lygiagrečiam darbui. Transformatoriai, kurie įtampą sumažina iki skirstomojo tinklo įtamos, lygiagrečiam darbui nejungiami. Taip sumažinamos trumpųjų jungimų srovės ir atpiginami skirstomųjų elektros tinklų įrenginiai.

Pastočių skirstyklose yra įrengti komutaciniai elektros įrenginiai: jungtuvai, kurie nutraukia ar įjungia elektros srovę, skyrikliai, kuria atskiria ar prijungia įtampą, renkamosios ir jungiamosios šynos. Pastotėse tai pat yra pagalbiniai įrenginiai, apsaugos, automatikos įtaisai, matavimo prietaisai bei informacijos surinkimo ir perdavimo priemonės.

Prie pastočių žemesnės įtamos skirstyklos jungiamos elektros skirstymo tinklo linijos. Siekiant sumažinti trumpųjų jungimų sroves ir turėti galimybę paprasčiau nustatyti ir pašalinti gedimus skirstomajame tinkle, skirstomojo tinklo linijos nesudaro uždarytų kontūrų – jos yra spindulinės (radialinės). Tai reiškia, kad elektros skirstymo tinklas yra atviras.

Skirstomieji tinklai yra bendro naudojimo, kai prie jų jungiami aptarnaujamos teritorijos vartotojai, ir stambių įmonių, kai prie jų jungiami tik tos įmonės elektros vartotojai. Skirstomaisiais tinklais elektra vartotoją pasiekia tik vienu taku. Todėl įvykus gedimui, elektros tiekimas nutrūksta, kol vykdomas tiekimo perjungimas. Jei perjungimas vyksta automatiškai, tai užtrunka akimirksnį, jei rankiniu būdu – kelio-lika minučių ir daugiau.



2.12 pav. Elektros pastotė



2.13 pav. 330 kV skirstykla žiemą

Skirstomieji tinklai būna vidutinės įtampos – nuo 6 kV iki 110 kV (Lietuvoje 6–35 kV) ir žemos įtampos – nuo 230 V iki 660 V (Lietuvoje – 400 V). Prie vidutinės įtampos skirstomųjų tinklų stambūs elektros imtuvai (jei jie yra aukštos įtampos – 6 kV ir 10 kV) jungiami tiesiogiai ar per transformatorių. Prie žemos įtampos elektros imtuvai jungiami tiesiogiai. Prie žemos įtampos elektros tinklų prijungiama daug vienfazių elektros imtuvų, jų vardinė įtampa yra $\sqrt{3}$ karto mažesnė už elektros

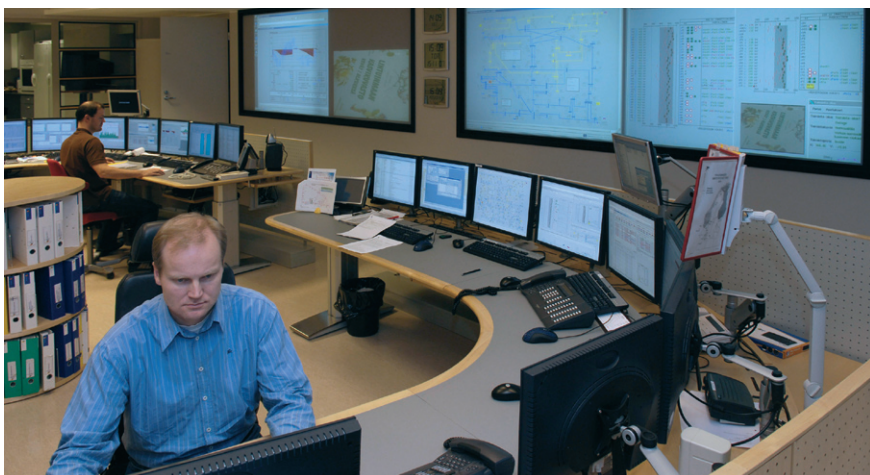
tinklo įtampą. Lietuvoje žemos įtampos tinklų fazinė įtampa yra 230 V. Vidutinės įtampos skirstomieji elektros tinklai su žemos įtampos tinklais yra sujungti per skirstomuosius transformatorius.

Atskiras skirstomasis elektros tinklas nedaug įtakoja elektros sistemos darbą, tačiau skirstomųjų elektros tinklų darbo kokybė nulemia vartotojams tiekiamos elektros kokybę ir, didele dalimi, patikimumą. Kita vertus, atskiri elektros vartotojai ir jų darbo režimas pastebimai įtakoja skirstomųjų elektros tinklų darbą. Tokia abipusė priklausomybė skatina tamprų skirstomųjų tinklų ir elektros vartotojų bendradarbiavimą, nes tik abipusis supratimas gali garantuoti patikimą ir kokybišką aprūpinimą elektra.

2.1.3 Energetikos sistemos valdymo centras

Kai į bendrą elektros tinklą elektrą perduoda ne viena elektrinė, elektrinių darbą reikia koordinuoti, kadangi elektros sistemos elektrinės kiekvienu momentu kartu turi pagaminti tiek elektros, kiek tuo metu jos reikia prie elektros tinklo prisijungusiems vartotojams. Nei daugiau, nei mažiau.

Taigi, pirmasis ir svarbiausias *energetikos sistemos valdymo (dispečerinio) centro* uždavinys yra koordinuoti elektrinių darbą ir paskirstyti suminę elektros sistemos apkrovą tarp generatorių, t. y. nustatyti, kiek kuris generatorius turi gaminti galios, kad bendra vartotojų elektros paklausa būtų patenkinta. Teritorija, kurioje valdymo centras užtikrina elektros paklausos ir pasiūlos balansą, yra vadinama *valdymo (reguliavimo) sritimi* (angl. *control area*).



2.14 pav. Suomijos energetikos sistemos valdymo centras

Elektros sistemos valdymo centro darbui reikalinga gausybė įrenginių ir procedūrų. Tai stebėsenos (monitoringo) ir informacijos perdavimo (telemetrijos ir telekomunikacijų) įrenginiai, kurie nuolat informuoja apie elektrinių generatorių darbą ir sistemos būvį. Kompiuteriniai analizės ir duomenų apdorojimo įtaisai kartu su inžinerinės ekspertizės metodais ir programine įranga padeda nustatyti, kaip dirba generatoriai, elektros perdavimo linijos, reguliatoriai, komutaciniai įrenginiai ir kiti prietaisai, kurie praktiškai valdo generatorius ir elektros linijas.

Valdymo centro įrenginiai ir procedūros paprastai yra sujungtos į tris viena kitą dubliuojančias sistemas, kurios gali būti integruotos į vieną *energijos valdymo sistemą* (EVS), (angl. *EMS, Energy Management System*).

EVS sudaro:

- *automatinio generacijos valdymo sistema* (AGV), (angl. *AGC, Automatic Generation Control*), kuri koordinuoja elektrinių gamybą;
- *valdymo priežiūros ir duomenų surinkimo sistema* – SCADA (angl. *Supervisory Control and Data Acquisition*), kuri koordinuoja elektros tinklų įrenginius ir generatorių įtampas;
- šiuolaikinė kompiuterinė *analizės sistema*, leidžianti stebėti ir įvertinti sistemos gyvybingumą, jos darbą ir jį planuoti.

Šiuolaikinių elektros sistemų valdymo centrų, kartu ir pačios sistemos, darbas neįmanomas be reikiamos *informacinės sistemos*. Informacinės sistemos ir technologijos, kaip ir tinkamos kvalifikacijos specialistai, yra būtini patikimai veikiančių šiuolaikinių elektros sistemų komponentai.

2.2 Jungtinės energetikos sistemos

Kuo daugiau elektrinių yra sujungtos į elektros sistemą, tuo ji ekonomiškesnė. Esant didesnei suminei elektrinių galiai, energetikos sistemoje galima įrengti didesnės galios ir ekonomiškesnius elektrinių blokus. Norint užtikrinti patikimą ir kokybišką elektros sistemos darbą, joje veikiančio labiausiai apkrauto bloko apkrova paprastai neturi sudaryti daugiau nei 3–5 procentus suminės sistemos apkrovos. Taip yra todėl, kad, atsijungus tokiems generatoriams, energetikos sistemoje juos gali per priimtina laiką pakeisti kiti tebeveikiantys generatoriai. Todėl tik didelėse energetikos sistemose arba jų susivienijimuose – jungtinėse energetikos sistemose – galima įrengti didelės galios agregatus, kurie yra ekonomiškесni negu maži.

Didesnėje elektros sistemoje yra didesnė vartotojų įvairovė, todėl tokios sistemos suminė apkrova yra pastovesnė. Tai naudinga didesniai elektrinių veikimo ekonomiškumui.

Plečiantis elektros sistemoms, atsiranda galimybė joms susijungti. Susijungiančios elektros sistemos turi atitikti *valdomos srities* sąlygas. Tokią valdymo centro valdomą sritį sudaro elektros sistema ar jos dalis, kurioje:

- kiekvienu momentu užtikrinamas galių ir energijos balansas – savų elektrinių generuojama galia kartu su perkama galia ir energija iš kitos valdomos srities, atitinka srities suminę elektros paklausą;
- sutartu tikslumu užtikrinami suderinti tarpsteminiai galių mainų grafikai;
- reikiamose ribose sistemoje reguliuojamas dažnis;
- palaikomas reikiamas galios rezervas patikimam sistemos darbui užtikrinti ir, esant reikalui, galima padėti kaimyninėms elektros sistemoms.

Paprastai valdomos srities ribos yra elektros matavimo taškai tarpsteminėse elektros jungtyse.

Elektros sistemų susijungimas į jungtines elektros sistemas ekonomiškai tikslingas, nes:

- sumažėja sistemoje reikalingas suminis galios rezervas;
- pagerėja hidroelektrinių galios ir energijos panaudojimas, ypač potvynių metu, padidinamas sistemos ekonomiškumas;
- dėl geografinės ilgumos ir geografinės platumos efektų sumažėja suminė didžiausia pareikalaujama jungtinės elektros sistemos apkrovos galia – jungtinės elektros sistemos didžiausia apkrova yra mažesnė nei jos apjungiamų elektros sistemų didžiausių apkrovų suma;
- galima tarpusavio pagalba dėl nevienodų sezoninių apkrovų ir elektrinių galių pokyčių (ypač hidroelektrinėse);
- galima tarpusavio pagalba vykdant remontą ar įvykus avarijai.

Kita vertus, jungtinių energetikos sistemų valdymas yra sudėtingesnis, tačiau ne tik dėl to, kad valdomi objektai yra išsidėstę didesnėje teritorijoje, bet ir dėl atsiradusių naujų energetikos sistemos savybių. Tarpsteminės jungtys yra riboto pralaidumo, todėl reikia specialių priemonių, kad jos neatsijungtų dėl perkrovų ir taip nesutrikdytų sistemos darbo.

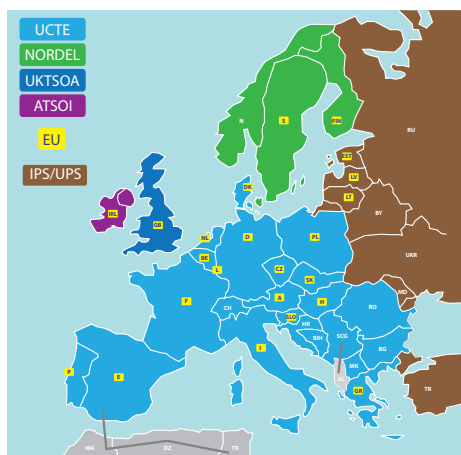
Tarpsteminės jungtys paprastai yra gana ilgos, todėl keičiantis galių srautų kryptčiai gali žymiai keistis reaktyviosios galios nuostoliai. Tai apsunkina įtampų reguliavimą.

Jungtinėje energetikos sistemoje lygiagrečiai dirba daug elektrinių, todėl sistemoje trumpųjų jungimų srovės yra labai didelės. Dėl to reikia brangesnių įrenginių, atlaikančių dideles trumpųjų jungimų sroves, jungtuvų darbo sąlygos yra sudėtingesnės ir reikia brangių priemonių, kad būtų apribotos trumpųjų jungimų srovės.

Vis dėlto, jungtinių energetikos sistemų privalumai yra svaresni už jų trūkumus, todėl energetikos sistemos jungiasi visame pasaulyje. Didžiausios iš jų yra Šiaurės Amerikoje ir Europoje.

Europoje veikia keli energetikos sistemų susivienijimai – jungtinės energetikos sistemos (2.15 pav.). Pagal užimamą teritoriją didžiausios yra UCTE, IPS/UPS ir NORDEL. Lietuvos energetikos sistema priklauso IPS/UPS sistemai. Nuo 2007 metų, nuolatinės srovės kabeliu sujungus Estijos ir Suomijos elektros tinklus, atsirado galimybė prekiauti elektra Skandinavijos rinkoje.

Didžioji dalis Europos Sąjungos šalių energetikos sistemų yra UCTE, todėl Lietuvos strateginis tikslas yra prisijungti prie UCTE narės Lenkijos elektros tinklų. Plačiau apie svarbiausius Europos jungtines sistemas pasakojama 5 skyriuje.



2.15 pav. Europos jungtinių energetikos sistemų zonos

3. ENERGETIKOS SISTEMOS DARBO KOORDINAVIMAS IR PLANAVIMAS

Elektros sistemos technologiniame procese dalyvauja ne viena įmonė. Tai – daugybė tarpusavyje susijusių elektrinių ir kitokių techninių įrenginių. Elektrinės gali turėti po kelis ar net keliolika generatorių, veikia keliasdešimt elektros perdavimo linijų, pastočių, skirstomųjų tinklų, kurie tiekia elektrą šimtams ar net tūkstančiams vartotojų, turintiems įvairių elektros prietaisų, kurie bet kada gali būti įjungti ar išjungti. Tuo tarpu elektros sistemoje kiekvienu momentu elektros turi būti gaminama tik tiek, kiek pareikalauja vartotojai. Todėl elektros sistemos darbas turi būti planuojamas, o įrenginių darbas – koordinuojamas. Per dešimtmečius susiformavo metodai ir priemonės, kaip tai daryti.

3.1 Elektros sistemų darbo normos

Elektros sistemos darbo koordinavimo ir planavimo tikslas yra užtikrinti, kad elektros vartotojai saugiai ir patikimai gautų tiek tinkamos kokybės elektros, kiek jiems reikia. Tai reiškia, kad:

- vartotojams tiekiamos elektros dažnis ir įtampa turi būti tinkami jų elektros įrenginių darbui;
- elektros tiekimo sutrikimai ar tiekimo nutraukimai turi būti vartotojams priimtini.

Svarbiausi elektros sistemos darbo rodikliai yra elektros srovės dažnis, įtampa ir patikimumas.

3.1.1 Dažnis

Projektuojant elektros įrenginius ir prietaisus (elektros variklius, elektros ir elektronikos prietaisus ir t. t.) laikoma, kad dažnis yra standartinis (pramoninis) – 50 hercu (kai kur kitur – 60 Hz). Praktiškai dažnis elektros sistemoje šiek tiek kinta. Europos standartas EN 50160 elektros įrenginių gamintojams nurodo, kad elektros dažnis elektros tinkle 99,5 proc. laiko per metus gali būti tarp 49,5 ir 50,5 herco, bet visą laiką – tarp 47 ir 52 hercu.

Elektros vartotojų įrenginiai dažnio nuokrypiais yra mažiau jautrūs nei pati elektros sistema. Dėl šios priežasties elektros sistemos siekia palaikyti pastovesnį dažnį nei reikia vartotojams, nes tik taip galima užtikrinti veiksmingą sistemos darbą. Dažnio sumažėjimas rodo, kad elektros sistemos elektrinės generuoja mažiau galios nei pareikalauja vartotojai, o dažnio padidėjimas – priešingai – galios generavimas viršija jos paklausą. Dėl dažnio kitimo intensyviau dėvosi elektrinių įrenginiai, didėja kuro sunau-

dojimas. Taip mažėja elektrinių ekonomiškumas. Be to, kintantis dažnis trikdo galių mainus tarp sistemų. Dėl to elektros sistemose daug dėmesio yra skiriama pastovaus dažnio palaikymui. Tam tarnauja sudėtingos dažnio reguliavimo sistemos, kurios reaguoja į dažnio nuokrypius, kai jie yra didesni nei kelios šimtosios herco.

Dažnio reguliavimo kokybę rodo elektrinio laiko nuokrypis (paklaida) – sinchroninio laiko, t. y. laikrodžio, kurio rodyklės sukamos iš elektros tinklo maitinamo sinchroninio elektros variklio, laiko skirtumas nuo astronominio laiko. Tas laiko nuokrypis elektros sistemose yra reglamentuojamas. Pavyzdžiui, JAV per valandą jis turi būti bent kartą lygus 0, UCTE sistemoje, kaip ir NVS ir Baltijos energetikos sistemoje – ne didesnis kaip 30 sekundžių, o jo korekcija gali trukti 24 valandas.

Reikia pabrėžti, kad elektros tinkluose dėl kai kurių elektros įtaisų ir prietaisų darbo gali atsirasti nesisteminiai dažniai, kartotiniai pramoniniam dažniui, pavyzdžiui, 150 Hz, 250 Hz, 350 Hz ir pan. Jie vadinami harmonikomis. Paprastai harmonikos atsiranda skirstomuosiuose tinkluose, bet kai kada gali prasiskverbti ir į perdavimo tinklus. Harmonikų atsiradimo priežastis yra įvairūs keitikliai (dažniausia vartotojų), kurie kintamą srovę keičia į nuolatinę, ar kitokio dažnio (pavyzdžiui, ne 50 Hz) srovę. Harmonikos nepageidautinos tiek elektros tinklams, tiek vartotojų elektros įrenginiams, todėl jos yra ribojamos. Už harmonikų panaikinimą yra atsakingi jas sukeliančių įrenginių savininkai, jie turi rūpintis, kad šis reiškinys, kenkiantis tiek elektros tinklų darbui, tiek vartotojų įrenginiams, neatsirastų.



3.1 pav. Dažnio kitimas Lietuvos energetikos sistemoje 1999–2003 m.

3.1.2 Įtampa

Elektros srovės dažnis yra toks pats visoje elektros sistemoje, bet įtampa gali būti skirtinga atskiruose elektros tinklo taškuose. Tai reikia, kad dažnis yra bend-

ras sistemos elektros kokybės rodiklis, o įtampa – vietinis. Įtampos dydis atskiruose elektros tinklo taškuose priklauso nuo daugelio veiksnių: įtampos atskirų generatorių gnybtuose, galios srautų elektros tinkle ir tinklo parametrų, elektros imtuvo pareikalaujamos galios, įtampos reguliavimo įtaisų darbo.

Daugelio elektros prietaisų darbui didesnę įtaką daro ne dažnis, o įtampa, todėl geriau, kad įtampa elektros prietaisų gnybtuose būtų pastovi. Deja, tai padaryti yra brangiau nei gaminti prietaisus, kurie gerai atliktų savo funkcijas net ir įtampai kintant tam tikrose ribose. Europos standartas EN 50160 rekomenduoja, kad skirstomuosiuose elektros tinkluose ne mažiau kaip 95 procentų laiko įtampa nuo vardinės skirtųsi ne daugiau kaip 10 procentų. Tokiam ar net didesniai įtampos kitimui yra pritaikomi elektros prietaisai, o elektros tinklai projektuojami, įrengiami ir eksploatuojami taip, kad užtikrintų įtampos kitimą standarto nustatytose ribose.

Reikia pabrėžti, kad elektros sistemose neįmanoma išvengti įtampos svyravimų – didesnių trumpalaikių įtampos sumažėjimų ar padidėjimų, truncančių iki kelių sekundžių. Juos sukelia generatorių ar elektros linijų atjungimai ar įjungimai, trumpieji jungimai elektros tinkluose. Įtampos svyravimus gali sukelti ir didelių elektros imtuvų įjungimas ar išjungimas.

Įtampos svyravimai gali sutrikdyti kompiuterių ir elektronikos įtaisų darbą, sukelti elektros lempų mirgėjimą. Juos standartas taip pat rekomenduoja riboti. Įtampos svyravimams sumažinti skiriamas reikiamas dėmesys projektuojant, įrengiant ir eksploatuojant elektros tinklus, tačiau visiškai jų išvengti neįmanoma. Dėl šios priežasties vartotojai, kurie turi įtampos svyravimams jautrius prietaisus, patys įsirengia reikiamas individualias priemones, kurios padeda prietaisus apsaugoti nuo įtampos svyravimų. Tai yra žymiai pigiau nei įrengti bendras apsaugos priemones elektros tinkluose. Taip pat vartotojai turi pasirūpinti, kad jų elektros įrenginiai, sukeldami neleistinus įtampos svyravimus, netrikdytų tiek elektros tinklo, tiek kitų vartotojų darbo.

Įtampos nuokrypiai svarbūs ne tik vartotojų įrenginiams, bet ir elektros perdavimo tinklų bei pačios sistemos darbui. Jei skirstomuosiuose elektros tinkluose leistinus įtampos lygius nulemia vartotojų elektros imtuvų darbo sąlygos, tai didžiausias leistinas įtampas elektros perdavimo tinkluose lemia elektros įrenginių izoliacija, tiksliau – jos atsarga. Kuo aukštesnė įtampa, tuo mažesnė yra santykinė izoliacijos atsarga, nes aukštesnei įtampai reikia brangesnės izoliacijos.

Elektros perdavimo tinkluose pavojų kelia ir per žema įtampa. Dėl pernelyg žemos įtampos gali sutrikti elektrinių lygiagretus darbas ir sistemos stabilumas. Žemus įtampos lygius kartais gali riboti ir įtampų reguliavimo sąlygos skirstomuosiuose tinkluose. Elektros perdavimo tinklai su skirstomaisiais tinklais yra sujungti

per reguliuojamus žeminančius transformatorius. Todėl esant normaliam režimui įtampos lygiai perdavimo tinkluose neturi įtakos įtampų lygiams skirstomuosiuose tinkluose. Kartais, esant poavariniam režimui, žemiausias leistinas įtampas perdavimo tinkle gali riboti ne sistemos stabilumo sąlygos, o reguliuojamų transformatorių reguliavimo diapazonas. Taip yra todėl, kad reguliuojamųjų transformatorių reguliavimo galimybės gali būti nepakankamos skirstomajame tinkle palaikyti reikiamas įtampas.

3.1.3 Patikimumas

Patikimumą lemia elektros sistemos galimybė išvengti elektros tiekimo nutraukimo ir po sutrikimų tęsti elektros tiekimą vartotojams priimtinu dažniu ir įtampa. Skirtingai nuo dažnio ir įtampos normų, kurias lemia elektros įrenginiai, jų charakteristikos, patikimumo lygis priklauso nuo to, kam pirmenybę teikia elektros vartotojas – brangiai mokėti už elektrą, kad ji būtų tiekiamą nenutrūkstamai, ar mokėti mažiau, tačiau susidurti su trumpalaikiais elektros tiekimo nutraukimais.

Kiekybiškai palyginti elektros tiekimo nutraukimo žalą su priemonių patikimumui padidinti įrengimo kaštais yra sudėtinga. Objektiviai tai padaryti dažnai yra neįmanoma, kadangi elektros tiekimo nutraukimo žala priklauso nuo to:

- kiek elektros buvo nepatiekta;
- kaip dažnai nutrūksta tiekimas ir kiek tai trunka;
- kaip vartotojas pasiruošęs galimiems elektros tiekimo nutraukimams;
- koks vartotojo tipas (gyventojai, pramonės įmonė ir pan.);
- kokių paros, savaitės, sezono metu nutrūko tiekimas.

Nustatant patikimumui didinti skirtų priemonių kaštus iškyla panašių neaiškumų. Didelės avarijos sistemoje įvyksta, kai elektros gamybos ir/ar perdavimo galimybės nėra pakankamos patenkinti to meto suminę elektros paklausą. Iš kitos pusės, nei elektros paklausa, nei generatorių ar perdavimo tinklų galimybės negali būti labai tiksliai prognozuojamos.

Tiek elektrinių, tiek elektros tinklų darbą gali sutrikdyti nenuspėjami įvykiai (žai-bai, įrenginių gedimai ir pan.), todėl atsijungus elektros generatoriui ar elektros linijai generavimo ar perdavimo galia gali staigiai ir neprognozuotai sumažėti. Atskiro generatoriaus ar perdavimo linijos įtakos bendram patikimumui analizė yra sudėtinga. Dėl didelio atskirų sistemos elementų skaičiaus dažniausiai analizės būdu negalima nustatyti ryšio tarp jų sąveikos ir galimų sąlygų, todėl sunku įvertinti, kiek patikimumą gali pagerinti naujas papildomas įrenginys elektrinėje ar elektros tinkluose.

Iš kitos pusės, net ir patikimose didelėse elektros sistemose gali būti sutrikimų. Nepaisant to, net ir didelis gedimas elektros sistemoje lems elektros tiekimo

nutraukimą ne visiems vartotojams. Pavyzdžiui, sisteminės avarijos sukelia tik apie 20 procentų visų elektros tiekimo vartotojams nutraukimų. Likusius elektros tiekimo sutrikimus sukelia skirstomųjų tinklų problemos, kurios dažniausiai kyla dėl nepalankių gamtinių sąlygų. Todėl standartas EN50160 vartotojams, prijungtiems prie skirstomųjų tinklų, nurodo, kad elektros tiekimo pertrūkiai iki 3 min. trukmės gali būti nuo 10 iki 50 kartų per metus.

Patikimumo standartai yra reikalingi elektros sistemų planavimui ir remiasi įvairiomis taisyklėmis ir praktiniais duomenimis. Planuojant elektros sistemos darbą, patikimumas gali būti apibendrintas trimis rodikliais:

- apkrovos praradimo tikimybe (angl. *loss of load probability – LOLP*), pavyzdžiui, vieną kartą per 10 metų;
- sistemos gyvybingumu, įvykus 1 ar 2 netikėtiems gedimams (taisyklė N-1 ar N-2);
- nustatyto galios rezervo (santykinio, pavyzdžiui, 15–20 procentų) užtikrinimu.

Apkrovos praradimo tikimybė suprantama kaip tikimybė, kad per gana ilgą laiką, pavyzdžiui, per 10 metų vieną kartą, elektros sistemoje nebus pakankamai galios paklausai patenkinti. Tai reiškia, kad per 10 metų dėl elektrinių ar perdavimo tinklų įrenginių gedimo vieną dieną gali sutrikti elektros tiekimas. Čia neturima galvoje nei sutrikimo trukmė (kelios minutės ar valandos), nei sutrikimo dydis (elektros neteko skirstomasis tinklas ar visa sistema). Atskirose šalyse ši tikimybė yra apibrėžiama skirtingai ir nėra bendro praktiškai sutarto metodo, kaip ją apskaičiuoti.

Kai sugenda svarbūs elektros sistemos elementai, generatoriai ar perdavimo linijos, persiskirstę galios srautai likusioje sistemos dalyje ne visada automatiškai gali patenkinti vartotojų apkrovą. Net kai po avarijos elektros sistemos elektrinėse yra pakankamai galios, įtampa ir srovė kai kuriose elektros linijose gali tapti neleistina. Tokiu atveju elektros linijas gali atjungti jų apsaugos sistemos. Tai gali pažeisti sistemos stabilumą ir lemti sistemos griūtį. Norint to išvengti, elektros sistemos projektuojamos ir jų darbas planuojamas taip, kad bet kada atsijungus bet kuriam vienam (ar dviem) svarbiausiems elektros sistemos elementams, sistema neprarastų gyvybingumo ir galėtų toliau dirbti. Tai vadinama *N-1 (ar N-2) principu*. Taisyklė N-1 turi veikti visada, pavyzdžiui jei yra atjungtos dvi elektros linijos, sistemos operatorius turi imtis veiksmų, kad, atsijungus trečiai linijai, sistemos darbas nesutriktų.

Svarbiausi arba vadinamieji *kritiniai* sistemos elementai paprastai yra didžiausias veikiantis generatorius ar labiausiai apkrauta elektros linija. Paprastai laikoma, kad tuo pat metu gali sugesti vienas ar du elementai, nors praktikoje gedimų kartais pasitaiko ir daugiau. Kadangi visų galimų atvejų praktiškai neįmanoma aprėpti, atsitiktinumų analizei ir sprendimui, kokių elementų sutrikimus reikia nagrinėti, reikalinga inžinerinė patirtis.

Galios rezervas yra seniausia ir dažniausiai taikoma tradicinė patikimumo užtikrinimo priemonė. Norint užtikrinti patikimą elektros sistemos darbą, sistemos elektrinėse ne tik įrengta galia, bet ir galima panaudoti galia visada turi būti didesnė už didžiausią apkrovą. *Santykinis galios rezervas* (turimos galios ir didžiausios – pikinės – apkrovos skirtumas, išreikštas procentais nuo didžiausios apkrovos) yra patikimumo rodiklis. Paprastai laikoma, kad elektros sistemose galios rezervas turi būti ne mažesnis kaip 15–20 procentų. Reikalingo santykinio rezervo dydis priklauso nuo sistemos dydžio, įrengtų generatorių skaičiaus ir jų dydžio. Kai sistemoje generatorių mažai, bet jų vienetinė galia yra didelė, santykinis rezervas turi būti didesnis nei sistemoje su daug mažų generatorių. Taip yra todėl, kad rezervo dydis visada turi būti didesnis už didžiausių generatorių.

Aukščiau minėti patikimumo rodiklių (normų) dydžiai nustato, kokia galia turi būti įrengta sistemoje ir kaip ši turi būti eksploatuojama, kad darbas būtų pakankamai patikimas. Santykinis rezervas ir apkrovos praradimo tikimybė yra svarbiausi rodikliai projektuojant, o sistemos darbą planuojant ir koordinuojant atliekama atsitiktinumų analizė – sistemos gyvybingumui patikrinti (principas N-1).

Minėti rodikliai yra plačiai naudojami įvairiose šalyse, tačiau nėra bendrai priimto metodo jų skaičiavimui. Tai lemia skirtingos sąlygos atskirose šalyse ir sistemose. Pavyzdžiui, elektros sistemos, kurios yra priklausomos nuo elektros importo iš kaimyninių elektros sistemų, jo įtaką įvertina skaičiuodamos tiek apkrovos praradimo tikimybę, tiek santykinio rezervo dydį. Vertinimas taip pat priklauso nuo inžinerinės patirties, tradicijų ir sistemų ypatumų.

Elektros sistemų plėtra planuojama tolimai perspektyvai, todėl, prognozuojant nepasitvirtinus, sistemoje gali atsirasti galios perteklius. Kai sistemoje yra galios perteklius ir faktinis galios rezervas yra didesnis nei normatyvinis, sistema yra labiau patikima. Kas naudingiau vartotojams – patikimumo padidinimas ar tikslingas sumažinimas – yra diskusinis klausimas. Kai kuriems vartotojams patikimumo sumažinimas gali būti naudingas, kadangi leistų atpiginti elektrą. Tuo tarpu kitiems vartotojams, kurie patiria didelę žalą dėl nutrūkusių elektros tiekimo, yra geriau mokėti šiek tiek brangiau, tačiau turėti patikimai veikiančią sistemą. Iš kitos pusės, nereikia pamiršti, kad bet kurioje šalyje elektros paklausa nuolat auga, todėl, laikui bėgant, galios perteklius mažėja.

3.2 Reikalavimai elektros sistemos darbui ir jo planavimui

Užtikrinant aukščiau aptartas elektros tiekimo normas, elektros sistemos darbas koordinuojamas ir planuojamas vykdant tris pagrindines funkcijas, nulemtas dinamiškos ir sudėtingos elektros sistemos ir jos vartotojų prigimties.

Tos pagrindinės funkcijos yra:

- apkrovos kitimo sekimas;
- tiekimo patikimumo užtikrinimas;
- galios mainų koordinavimas.

Elektros sistemos, vykdydamos pagrindines funkcijas, siekia tai padaryti kuo pigiau. Tam reikia didelių informacijos kiekių apdorojimo, didelių kompiuterių ir telekomunikacijų pajėgumų bei geros koordinacijos tarp sistemos komponentų ir organizacijų, susijusių su sistemos darbu.

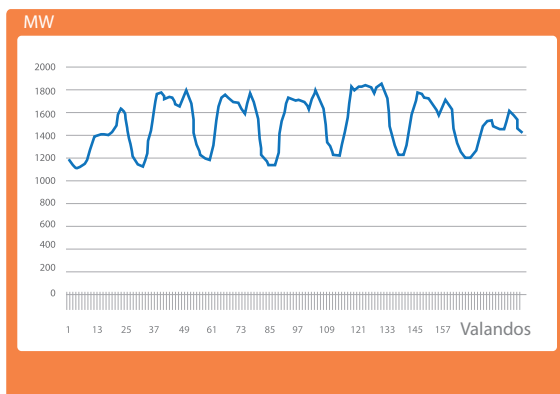
3.2.1 Apkrovos sekimas

Kiekvienu momentu elektros turi būti tiekiamas tiek, kiek jos reikia vartotojams. Nors elektros paklausa nuolat kinta ir tas kitimas nenuspėjamas, vartotojų apkrovos kitimas turi tam tikrus dėsningumus. Apkrovos kitimas yra panašus lyginant kiekvieną parą, savaitę, sezoną (3.2–3.4 pav.). Apkrovos kitimas (grafikas) priklauso nuo meteorologinių sąlygų, šalies ekonomikos, vartotojų savybių. Visų šių sąlygų įvertinimas leidžia gana tiksliai prognozuoti apkrovos kitimą.

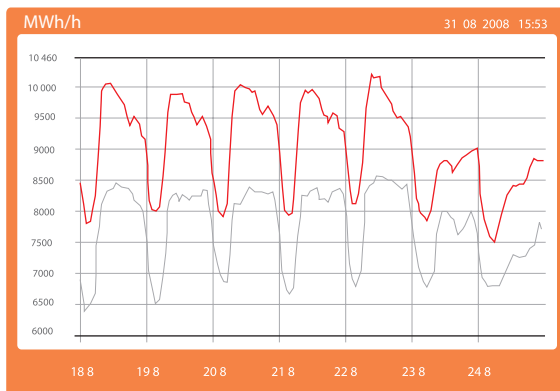
Nuolatinis ir sunkiai nuspėjamas apkrovos kitimas reikalauja, kad veiktų tam tikra koordinavimo sistema, kuri leistų kiekvienu momentu elektros gaminti pagal to momento apkrovą ir vartotojai visada saugiai gautų reikalingą kokybiškos elektros kiekį. Dėl šios priežasties elektros sistemos valdymo centras prognozuoja apkrovos grafikus ir pagal juos planuoja elektrinių darbą. Tikslų elektrinių elektros gamybos suderinimą su apkrova atlieka automatiniai įtaisai. Kartu reikia užtikrinti, kad ne tik gamyba atitiktų paklausą, bet ir įtampos elektros sistemos mazguose neperžengtų leistinų ribų, galių srautai elektros linijose ir transformatoriuose (autotransformatoriuose) atitiktų jų galimybes, o vartotojus pasiektų reikalingas tinkamos įtampos elektros kiekis. Be to, kuriam nors sistemos elementui dėl kokių nors priežasčių atsijungus, sistemos darbas turi nesutrikti. Kaip tai užtikrinama, bus pasakojama toliau.

3.2.2 Elektros tiekimo patikimumo užtikrinimas

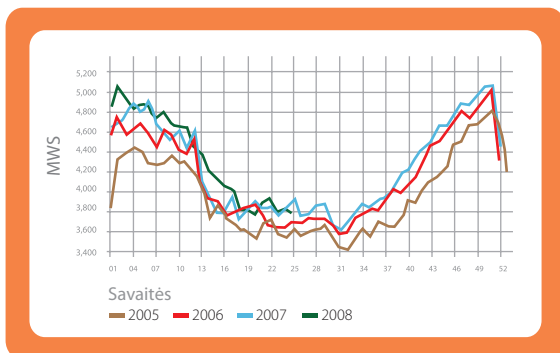
Kiekvienu momentu bet kuris elektros sistemos elementas gali sugesti arba būti sugadintas (pavyzdžiui, žaibo), todėl elektros sistemos darbas turi būti organizuotas taip, kad joks sutrikimas nenutrauktų elektros tiekimo. Elektros sistemos gebėjimas tęsti darbą įvykus gedimams vadinamas *sistemos gyvybingumu* (angl. *security*). Sistemos gyvybingumas yra elektros sistemos geba jos darbui nesutrikti dėl atsitiktinių trikdžių, tokių kaip trumpieji jungimai ar sistemos elementų netikėtas atsijungimas. Užtikrinus sistemos gyvybingumą, užtikrinamas ir patikimas elektros tiekimas.



3.2 pav. Lietuvos energetikos sistemos vartotojų apkrova 2008 m. 10-ąją savaitę



3.3 pav. Suomijos (elektros importuotojos) energetikos sistemos apkrovos (raudona) ir gamybos (juoda) 2008 m. 34 savaitę grafikai



3.4 pav. Airijos energetikos sistemos paros didžiausių apkrovų kitimas per metus

Elektros sistemos sąlygos, kurios užtikrina sistemos gyvybingumą, yra vadinamos elektros *sistemos tinkamumu ar adekvatumu*. Elektros sistemos tinkamumas (adekvatumas) apibrėžia sąlygas, reikalingas, kad sistema galėtų visą laiką tiekti reikiamų parametrų elektrą vartotojams, nepaisant planinių ir neplaninių sistemos elementų atjungimų.

Elektros sistemoje jos elementus reikia atjungti ne tik netikėtai jiems sugedus, bet ir planuotai jų priežiūrai ar remontui. Planinių atjungimų metu sumažinamos sistemos galimybės, tačiau tai leidžia sumažinti netikėtų jos elementų gedimo tikimybę. Norint atlikti planinius atjungimus nesutrikdant elektros tiekimo, reikia turėti tam tikrą rezervą, o tai reiškia papildomus kaštus. Todėl reikia pasirinkti – didinti elektros kainą ar sutikti su planiniais elektros tiekimo nutraukimais, kurie reikalingi tinkamai elektros sistemos elementų eksploatacijai.

3.2.3 Galios mainų koordinavimas

Šiuolaikinės elektros sistemos yra sujungtos su kaimyninėmis sistemomis. Tai leidžia vykdyti galių mainus tarp sistemų. Jie gali būti įvairūs: trumpalaikis ir ilgalaikis elektros pirkimas ar pardavimas kaimyninėms sistemoms, galios gavimas iš bendrai valdomų elektrinių ir, galiausiai, galių tranzitas iš vienos sistemų į kitas. Išskyrus specialius susitarimus, galių mainai neturi kenkti elektros tiekimui vartotojams – negalima nesutarus saviems vartotojams „siurbti“ elektros iš kaimyninių sistemų, taip pat negalima nesutarus perduoti kaimyninėms sistemoms elektros pertekliaus, kai savų vartotojų paklausa neplanuotai sumažėjo.

Kaimyninės elektros sistemos gali keistis galiomis tik pagal sutartus tarp sisteminių galių mainų grafikus. Neplanuoti mainai (nukrypimai nuo planuotų mainų grafikų) yra reglamentuojami vadinamąja „srities valdymo paklaida“ (angl. *area control error, ACE*). Pavyzdžiui, JAV, kuriose veikia galingiausios pasaulyje elektros sistemos, reikalaujama, kad „srities valdymo paklaida“ bent kartą per dešimt minučių būtų lygi nuliui, o jos vidurkis per nustatytą laikotarpį neviršytų nustatyto dydžio. Tai svarbu ir dažnio reguliavimui. Todėl galių mainų nuokrypiai nuo sutartų grafikų yra stebimi, valdomi ir registruojami. To reikia tiek dėl atsiskaitymų, tiek dėl kompensacijų. Energetikos sistemose UCTE galių nebalansai energetikos sistemos pastangomis turi būti šalinami per 15 minučių. Toks pat reikalavimas veikia NVS ir Baltijos šalių jungtinėje energetikos sistemoje.

3.3 Elektros sistemos darbas ir jo planavimas

Elektros sistemos darbas turi būti organizuotas taip, kad būtų palaikomas jos adekvatumas ir užtikrintas jos gyvybingumas. Toks tikslas pasiekiamas:

- tinkamai planuojant elektros sistemos pajėgumus;
- tinkamai organizuojant elektros gamybą ir elektros perdavimą;
- tinkamai valdant sistemos darbą realiuoju laiku.

Tinkamas pajėgumų planavimas apima tokią elektrinių galių ir elektros perdavimo tinklų plėtrą, kuri užtikrina, kad elektrinių turima (disponuojama) galia visada būtų didesnė už didžiausią apkrovą, o kartu būtų užtikrintas reikiamam patikimumui reikalingas galios rezervas ir elektros tinklų pralaidumas. Todėl elektrinių ir elektros tinklų daug investicijų ir laiko reikalaujančių statybų projektų įgyvendinimą reikia tinkamai koordinuoti ir tuo rūpintis *iš anksto*.

Geras elektros gamybos ir elektros perdavimo organizavimas apima tinkamos agregatų sudėties parinkimą ir apkrovų paskirstymą tarp jų. Toks paskirstymas turi būti atliekamas įvertinant prognozuojamą atsitiktinį apkrovų kitimą, reikiamas priemonės patikimumui ir sistemos adekvatumui užtikrinti. Vertikaliai integruotose elektros energetikos bendrovėse darbo ekonomiškumas buvo pasiekiamas centralizuotai parenkant optimalią veikiančių agregatų sudėtį ir optimaliai paskirstant apkrovas tarp jų. Elektros rinkos sąlygomis efektyvumą užtikrina konkurencija tarp elektros gamybos bendrovių. Elektros sistemos valdymo centras turi tik kontroliuoti, kad elektros gamybos konkurencija nesutrikdytų sistemos patikimo darbo.

Kasdieninis elektros sistemos valdymas apima apkrovos sekimo, patikimumo užtikrinimo ir galių mainų funkcijas, kurios vykdomos taikant keletą elektros sistemos darbo koordinavimo ir planavimo procedūrų. Tos procedūros yra skiriamos pagal laiko intervalus ir skirtingus elektros sistemos darbo aspektus (3.1 lentelė).

Procedūros, skirtos elektros gamybos ir paklausos balanso užtikrinimui, vykdomos nuolat. Kitos, pavyzdžiui, naujų generavimo pajėgumų planavimas, yra reikalingos žymiai rečiau. Laiko intervalas, kurį apima procedūra, yra labai skirtingas. Tarkime, generatoriaus galios reguliavimas apima laikotarpius, trumpesnius negu minutė, o ilgalaikio planavimo laiko horizontas yra 20 ar daugiau metų – elektros sistemos įrenginių statyba trunka ilgai, o jų darbo amžius yra kelios dešimtys metų. Vis dėlto, kiekviena laiko perspektyva reikalauja apkrovų ir elektros įrenginių darbo prognozės.

3.3.1 Generatorių reguliatorių valdymas pagal apkrovos kitimą

Kiekvienu momentu elektros sistemoje galima palaikyti nustatytą 50 Hz dažnį, jei elektrinių generatoriai generuoja tokią galią, kokios tuo momentu reikia vartotojams ir savoms elektros sistemos reikmėms. Dažnis kinta, kai nėra balanso tarp elektros gamybos ir paklausos. Bet kuriuo momentu, kai galios paklausa yra didesnė nei pasiūla (pavyzdžiui, dėl kokio nors generatoriaus gedimo ar paklausos padidėjimo)

visų generatorių sukimasis sulėtėja ir tai sumažina dažnį. Panašus procesas vyksta ir priešingu atveju, kai suminė generacija yra didesnė už paklausą (pavyzdžiui, atsijungus dideliam vartotojui). Toku atveju generatorių reguliatoriai turi sumažinti galią, kad dažnis nepakistų.

Dažnio reguliavimas yra nuolatinis balanso palaikymas tarp elektros vartojimo ir gamybos. Daugumos elektros sistemos generatorių greičio reguliatoriai seka dažnį ir reguliuoja generatorių generuojamą galią, kad elektros gamyba atitiktų jos paklausą ir taip palaiko nustatytą dažnio dydį. Reikia atkreipti dėmesį, kad nuolatinis generatorių galios reguliavimas šiek tiek padidina sąnaudas ir taip mažina elektrinių darbo veiksmingumą.

Generatorių galios akimirksniu pakeisti negalima. Greitis, kuriuo galima generatoriaus galią padidinti ar sumažinti, vadinamas reakcijos greičiu. Jis priklauso nuo elektrinės ir generatoriaus tipo. Kiekvieno agregato reakcijos greitis yra skirtingas. Dideli turbogeneratoriai – atominių elektrinių ar anglimi kūrenamų elektrinių – savo generuojamą galią gali keisti lėtai, o dujų turbinų ar hidrogeneratoriai – greitai. 3.2 lentelėje yra pateikti tipiniai įvairių agregatų reakcijos greičiai procentais nuo generatorių vardinės galios.

3.1 lentelė. Elektros sistemos darbo ir planavimo funkcijos

Funkcija	Tikslas	Priemonės
Apkrovos sekimas Dažnio reguliavimas	Nuolatinis apkrovos kitimo sekimas	• Reguliatorių reguliavimas • AGV ir apkrovų paskirstymas • AGV, galių paskirstymas
Apkrovų grafikų sudarymas	Paros, savaitės, sezono apkrovų grafikai (įrenginių įtampų ir galių ribos)	• Agregatų sudėties parinkimas • Įtampų reguliavimas
Patikimumo užtikrinimas Gyvybingumo užtikrinimas	Parengtis netikėtiems gedimams	• Agregatų sudėties parinkimas įvertinant momentinį ir greitą rezervą • Generacijos perskirstymas įvertinant gyvybingumą
Adekvatumo užtikrinimas	Apsirūpinimas reikiama is tiekimų išteklių	• Įtampų reguliavimas • Agregatų sudėties parinkimas • Įrenginių priežiūros ir remontų grafikų sudarymas • Naujų pajėgumų planavimas
Galių mainų koordinavimas	Tarpsisteminė prekyba elektra, tarpsisteminiai galių tranzitai	• AGV, apkrovų paskirstymas • Agregatų sudėties parinkimas

Lentelė 3.2. Elektros generavimo agregatų reakcijos greičiai

Agregato tipas ir dydis	Reakcijos greitis
Garo agregatai (bet kokio kuro)	
10–50 MW	iki 5 % per minutę
60–200 MW	iki 4 % per minutę
Daugiau kaip 200 MW	iki 3 % per minutę
Hidroagregatai	
10–60 MW	1–6 % per sekundę
Daugiau kaip 60 MW	4–6 % per sekundę
Dujų turbinų	
Visų tipų	iki 55 % per minutę

Reakcijos greitis nurodo didžiausią greitį, koku gali būti pakeista generatoriaus generuojama galia. Praktiškai kiekvienam generatoriaus reguliatoriui yra nustatoma, koku greičiu generatorius turi keisti savo galią, priklausomai nuo dažnio nuokrypio. Kai kurie reguliatoriai turi greitai keisti generatorių galią, o kai kurie gali ir visai nereaguoti. Dalis generatorių gali generuoti fiksuotą galią nereaguodami į apkrovos pokyčius. Tai priklauso nuo elektros sistemos suminės apkrovos ir nuo laukiamo jos pokyčio. Skaičiavimais nustatoma, kiek ir kurie elektros sistemos generatoriai turi dalyvauti automatiname galios reguliavime. Apie reguliatorių valdymą – toliau.

Buvusioje Sovietų Sąjungoje, kurios ekonomika buvo planinė–administracinė, normalių režimų metu dažnio reguliavime dalyvaudavo tik Volgos ir Dniepro kaskadų hidroelektrinės. Kitų elektrinių agregatų greičio reguliatoriams buvo nustatoma didelė neįtvarumo zona, jie reguliavime dalyvaudavo tik tada, kai dažnio nuokrypis viršydavo neįtvarumo zonos ribas (ne mažesnes kaip 0,2 Hz). Tokia centralizuota dažnio reguliavimo sistema negali užtikrinti geros dažnio reguliavimo kokybės, bet tai nebuvo svarbu, kadangi Sovietų Sąjungoje prekybos elektra nebuvo. Kai elektrinės dažnio reguliavime nedalyvauja ir generuoja nustatytą galią, jos gali būti pigesnės. Tai Sovietų Sąjungoje buvo svarbiausia.

Žlugus Sovietų Sąjungai, jos energetikos sistemą paveldėjo NVS ir Baltijos šalys. Elektrinių agregatams modernizuoti reikia nemažai lėšų ir laiko, todėl dažnio reguliavimo tvarka NVS ir Baltijos šalių energetikos sistemoje liko tokia pati. Pereinant prie rinkos ekonomikos ir sudarant sąlygas konkurencijai, dažnio reguliavimo sistemą reikia keisti. Šis modernizavimo procesas visose šalyse spartėja. Tas daroma ir Lietuvoje – atnaujinami ir modernizuojami elektrinių agregatai bei jų valdymas.

Europos Sąjungos ir Rusijos energetikos dialogo rėmuose sinchroniniam darbui planuojama sujungti energetikos susivienijimą UCTE su NVS ir Baltijos ener-

getikos sistema. Taip būtų sukurta sinchroniškai veikianti energetikos sistema nuo Lisabonos iki Vladivostoko. Tuo tikslu NVS ir Baltijos šalių energetikos sistemose sparčiai tobulinama dažnio reguliavimo sistema. Prie UCTE reikalavimų derinamasi tiek organizavimu, tiek reguliavimo kokybe. 2005 metų rugsėjo pabaigoje buvo suderinta NVS ir Baltijos šalių energetikos sistemų dažnio ir galių srautų reguliavimo koncepcija, kurioje nurodoma, kad dažnio nuokrypiai normalių režimų metu neturi viršyti 50 mHz (normalūs leistini), o trumpalaikiai – neturi viršyti 200 mHz (didžiausi leistini). Dėl avarinių nebalansų atsiradę dideli dažnio nuokrypiai per 15 minučių turi būti sumažinti iki normalių leistinų. Vidutinė dažnio reikšmė pusvalandžio intervale neturi skirtis nuo vardinės daugiau kaip 10 mHz.

3.3.2 Apkrovų agregatams paskirstymas ir automatinis generacijos valdymas

Vienas iš svarbiausių elektrinių darbo koordinavimo tikslų yra kuo mažesnės elektros gamybos sąnaudos. Iki elektros energetikos restruktūrizacijos ir konkurencinės elektros rinkos sukūrimo ekonomišką apkrovų paskirstymą tarp elektros sistemoje veikiančių agregatų buvo pagrindinė tokio koordinavimo priemonė. Ekonomišką apkrovų paskirstymą remiasi elektros gamybos lyginamaisiais sąnaudų prieaugiais.

Lyginamieji sąnaudų prieaugiai – tai papildomos sąnaudos, kurios reikalingos vienai papildomai kilovatvalandei pagaminti, arba sąnaudų mažėjimas, sumažėjus gamybai viena kilovatvalande. Lyginamieji sąnaudų prieaugiai priklauso nuo kuro sąnaudų ir agregato veiksmingumo, kuriuo kuras paverčiamas elektros energija, nuo kitų eksploatacinių sąnaudų, kurios kinta priklausomai nuo gaminamos elektros kiekio. Ekonomiškai paskirstant apkrovas tarp agregatų (veikiančių elektrinių blokų) daugiau apkraunami tie agregatai, kurių lyginamieji sąnaudų prieaugiai mažesni. Tai daroma tokiu būdu, kad būtų patenkinta suminė elektros paklausa sistemoje. Šiuolaikinėse elektros sistemose ekonomišką apkrovų paskirstymą tarp agregatų paprastai buvo perskaičiuojamas kas 5–10 minučių.

Po elektros energetikos bendrovių restruktūrizacijos ekonomišką apkrovų paskirstymą atliekamas tik tarp elektros gamybos bendrovės elektrinių ir jų agregatų, bet ne visos elektros sistemos mastu. Naujomis elektros rinkos sąlygomis, ekonomišką apkrovų paskirstymą pakeitė elektros gamybos kompanijų konkurencija. Elektros sistemos valdymo centrui nebereikia spręsti, ar apkrovų paskirstymas ekonomišką, ar ne. Tai apsprendžia komerciniai sandoriai tarp elektros gamintojų ir tiekėjų, kurie turi būti techniškai suderinti su energetikos sistemos valdymo centru. Tai reikalinga, kad energetikos sistema funkcionuotų be sutrikimų.

Apkrovų paskirstymas tarp agregatų remiasi apkrovų prognozėmis, o realios apkrovos dažnai daugiau ar mažiau nuo prognozių skiriasi. Todėl nuolatinio generacijos ir apkrovų balanso užtikrinimui valdomoje srityje reikia automatinio generacijos valdymo. Automatinio generacijos valdymo sistema (AGV) sprendžia, kiek reikia padidinti ar sumažinti kiekvieno agregato generuojamą galią, kad būtų palaikomas balansas tarp elektros paklausos ir gamybos, pageidautina – ekonomiškiausiu būdu. Pagal AGV sistemos skaičiavimus generatorių reguliatoriai nustatomi taip, kad vyktų reikiami generacijos pokyčiai. AGV sistema nuolat seka energetikos sistemos dažnį ir nustato, ar reikia keisti generaciją, ją didinti ar mažinti. Paprastai AGV sistema pagal apytikrą ekonomišką apkrovų paskirstymą generatorių reguliatorius įjungia kas 5–10 sekundžių. Dabar AGV sistemos veikia Vakaruose, o NVS ir Baltijos energetikos sistemoje, taip pat ir Lietuvoje, tokios sistemos diegimo darbai yra pradėti.

Kai reguliatoriai balansuoja elektros gamybą su vartojimu, tam gali būti naudojami ir agregatai su dideliais lyginamųjų sąnaudų prieaugiais. Tokiais yra dujų turbinos ar dyzeliai – jie gali greitai padidinti generuojamą galią. Kai dažnis yra atstatomas, AGV sistemą reguliatorius nustato taip, kad veiksmingesni agregatai padidintų savo galią ir pakeistų mažiau veiksmingus (didesnio lyginamojo sąnaudų prieaugio) agregatus, kurie buvo panaudoti dažniui reguliuoti (greitai padidinti galią).

Apkrovų paskirstymui vykdyti ir AGV sistemos veikimui yra reikalinga informacija apie kiekvieno agregato sąnaudas ir kitas jo charakteristikas. Pavyzdžiui, kokiose ribose agregatas gali reguliuoti galią ir koks jo reakcijos greitis. Paprastai tai, kiek veiksmingai agregatas kurą verčia elektra, ir jo lyginamieji sąnaudų prieaugiai priklauso nuo to, kaip jis apkrautas – visiškai ar tik iš dalies. Agregatų reguliavimo diapazonas, veiksmingumas, lyginamieji sąnaudų prieaugiai skiriasi priklausomai nuo agregato tipo, o kartais – ir nuo perkamos galios sutarties reikalavimų.

Šiandien elektros sistemos yra susijungusios su kaimyninėmis elektros sistemomis, todėl minimizuojant elektros gamybos sąnaudas kartais tikslinga elektrą pirkti iš kaimyninių elektros sistemų. Tokių tarp sisteminių galių mainų valdymas jungtinėse elektros sistemose taip pat yra automatizuotas. Jei to nėra, ar automatizacija yra nepakankama, sistemos operatoriai galių mainus derina, naudodami paprastesnes informacijos mainų sistemas.

AGV sistemos valdo tiek planinius, tiek neplaninius galių mainus tarp valdomų sričių. Tarp sisteminių galių mainų valdymui AGV sistemai reikia turėti informaciją apie tarp sisteminių planinių galių mainų grafikus, nuolat matuoti faktinius galių mainus, o juos palyginus – duoti reikiamas komandas valdomų generatorių reguliatoriams didinti ar mažinti jų galią.

Atliekant skaičiavimus, kuris generatorius turi veikti ir kokia jo apkrova, reikia įvertinti ir perdavimo tinklų sąlygas. Paprastai tai lemia du dalykai. Pirmiausia, perskirstant apkrovas tarp veikiančių agregatų, gali žymiai pasikeisti galių nuostoliai perdavimo tinkluose. Jei suminiai nuostoliai perdavimo tinkluose yra dideli, reikia įvertinti nuostolių prieaugius tinkluose, ne tik sąnaudas elektrinėse. Tikslus lyginamųjų nuostolių tinkluose prieaugių skaičiavimas yra sudėtingas ir gaišus.

Galios nuostoliai tinkluose nesikeičia proporcingai perduodamai galiai, kadangi jie priklauso nuo srautų pasiskirstymo tinkle. Tai apsunkina galios nuostolių skaičiavimus, tačiau į nuostolių tinkluose įtaką reikia atsižvelgti. Praktikoje skaičiavimų supaprastinimui dažnai naudojami apytikriai matematiniai modeliai.

Kitas dalykas, kurį reikia įvertinti valdant agregatų apkrovas, yra sistemos patikimumas ir adekvatumas. Perduodamą elektros tinklais galių riboja elektros tinklo mazgų įtampos ir elektros linijų pralaidumas. Tai reikia įvertinti paskirstant apkrovas. Jei elektros perdavimo tinklų pralaidumo nepakanka perduoti galių iš ekonomišką generatoriaus į apkrovos mazgą, reikia daugiau apkrauti kitą, mažiau ekonomišką generatorių, kurio apkrovimas nepažeidžia elektros tinklo pralaidumo. Taip agregatų apkrovas tenka paskirstyti neekonomiškai. Tam reikia žinoti ne tik perdavimo sistemos pralaidumą, bet ir tai, kokie yra galios srautai linijose, kokią galią reikia perduoti ir kaip ji paveiks sistemos įtampas. Dėl skaičiavimų sudėtingumo tai priklauso jau kitai energijos valdymo sistemos daliai, kuri nustato sistemos gyvybingumą, svarbesnį už sistemos ekonomiškumą. Apie tai – žemiau.

3.3.3 Įtampų reguliavimas kintant apkrovai

Elektros generatorių reguliatorių ir AGV sistemos tikslas yra ekonomiškai paskirstant agregatų apkrovas palaikyti reikiamą dažnį, kai keičiasi elektros paklausa ir sistemos apkrova. Deja, perskirstant generatorių apkrovas gali keistis įtampos sistemos mazguose. Kaip jau buvo minėta, elektros sistemos mazgų įtampos turi neperžengti leistinų ribų. Tokiu atveju elektros sistemos įrenginiai dirba saugiai, o įtampos yra tinkamos vartotojų įrenginiams. Užtikrinant reikiamus įtampų lygius, reikia palaikyti ne tik aktyviųjų, bet ir reaktyviųjų galių balansą. Kai elektros tinkle yra reaktyviųjų galių nebalansas, įtampa tinklo mazguose gali sumažėti ar padidėti. Įtampų struktūros ir reaktyviųjų galių srautų supratimas yra sudėtingas. Tai – sudėtingas elektros sistemų fizikos klausimas.

Kaip žinoma iš fizikos, elektros galia yra srovės ir įtampos sandauga. Kintamosios srovės elektros tinkluose srovė ir įtampa kinta pagal sinuso dėsnį, 50 (ar 60) periodų per sekundę. Deja, srovės ir įtampos kitimas gali nesutapti faze – srovė per periodą pasiekia didžiausią reikšmę, o įtampa ją gali pasiekti vėliau ar anksčiau.

Paprastesniam supratimui galima įsivaizduoti, kad ta galios dalis, kurią sukuria srovė ir įtampa sutapdamos faze, yra aktyvioji arba realioji galia. Ji matuojama vatais (W) ir atlieka darbą – virsta šviesa ar šiluma, suka elektros variklius. Galios dalis, kurią sukuria srovė ir įtampa nesutapdamos faze, yra vadinama reaktyviaja arba menama galia. Ji matuojama varais (var). Ją galima įsivaizduoti kaip galios srautą, kuris yra elektromagnetiniame lauke, esančiame aplink elektros grandinės elementus.

Kadangi srovė gali faze atsilikti nuo įtampos ar pralenkti ją, reaktyviosios galios srautai elektros linijose gali sutapti su aktyviosios galios srautais arba būti priešingos krypties.

Reaktyvioji galia darbo neatlieka, tačiau ją perduodant elektros tinklais atsiranda ne tik reaktyviosios galios, bet ir aktyviosios galios nuostoliai. Todėl įtampos nuostolių padidėjimas arba sumažėjimas priklauso nuo to, ar reaktyviosios galios srauto kryptis sutampa su aktyviosios galios srauto kryptimi ar ne.

Skirtingai nuo aktyviosios galios, didelę reaktyviosios galios apkrovos dalį elektros sistemoje sudaro ne tik elektros vartotojų reaktyviosios galios paklausa, bet ir elektros sistemos įrenginių naudojama reaktyvioji galia. Dideli reaktyviosios galios vartotojai yra transformatoriai ir autotransformatoriai, apkrautos elektros linijos. Be to, reaktyviosios galios nuostoliai elektros linijose yra žymiai didesni nei aktyviosios. Dėl šios priežasties reaktyviosios galios perduoti dideliais atstumais neįmanoma ne tik dėl elektros linijų pralaidumo – dėl nuostolių reaktyvioji galia gali prapulti elektros linijoje ir taip sumažinti įtampą elektros linijos gale. Todėl įtampos reguliavimui nepakanka užtikrinti reaktyviųjų galių balanso visoje elektros sistemoje. Kadangi reaktyviosios galios dideliais atstumais perduoti neįmanoma, reaktyviųjų galių balansą reikia užtikrinti atskiruose elektros sistemos rajonuose.

Įtampų reguliavimas leistinose ribose, keičiantis apkrovai, yra susijęs su reaktyviųjų galių valdymu. Įtampų reikšmės sistemos mazguose telematavimais yra perduodamos į elektros sistemos valdymo centrą. Jei įtampų reikšmės peržengia leistinas ribas, automatiškai ar naudojantis televaldymu reguliuojami reaktyviosios galios įrenginiai. Tos informacijos gavimui ir valdymui gali tarnauti ir aukščiau minėta SCADA.

Elektrinių sinchroniniai generatoriai reaktyviąją galią gali generuoti ar vartoti, priklausomai nuo jų žadinimo srovės dydžio. Kai žadinimo srovė maža, sinchroninės mašinos vartoja reaktyviąją galią, kai didelė – generuoja. Todėl generatorių reaktyviąją galią gali riboti tiek statoriaus, tiek rotoriaus srovė. Jei tos srovės yra pavojingai per didelės, apsauga generatorių atjungia.

Be elektrinių generatorių reaktyviajai galiai valdyti ir įtampai reguliuoti naudojami ir specialūs sinchroniniai varikliai, dirbantys tuščia eiga. Jie vadinami sinchro-

niais kompensatoriais (angl. *spinning capacitors*, besisukantys kondensatoriai). Keičiant jų žadinimo srovę, galima keisti kompensatoriaus reaktyviąją galią ir taip užtikrinti reaktyviųjų galių balansą tame elektros sistemos rajone.

Elektros linijomis perduodant galios srautus dėl elektros linijų induktyvumo (reaktyviųjų varžų) atsiranda reaktyviosios galios nuostoliai, kurie didina reaktyviąją apkrovą. Elektros linijų laidai turi ne tik induktyvumą, bet ir talpųjį laidį. Jį lemia talpa tarp laidų ir talpa tarp laidų ir žemės. Kai elektros linijomis perduodami nedideli galios srautai, linijų generuojama reaktyvioji galia yra didesnė nei reaktyviosios galios nuostoliai linijoje. Todėl mažų apkrovų metu elektros linijų generuojama reaktyvioji galia gali neleistinau padidinti įtampas elektros perdavimo tinkle. Įtampų sumažinimui reikia padidinti reaktyviąją apkrovą tame sistemos rajone. Kai elektros linijos yra ilgos, generatorių žadinimo sumažinti nepakanka, kad būtų panaikintas reaktyviosios galios perteklius. Dėl šios priežasties elektros sistemos perdavimo tinkle yra įrengiami šuntiniai reaktoriai (induktyviosios ritės). Be to, reaktyviajai galiai reguliuoti dar naudojami kondensatoriai, fazę reguliuojantys transformatoriai ar statinės reaktyvios galios versmės – elektronikos valdomi reaktoriai ir kondensatoriai.

Valdant reaktyviąją galią, galima ne tik reguliuoti įtampą, bet ir didinti elektros linijų pralaidumą. Persikrstant reaktyviosios galios srautus galima sumažinti aktyvios galios nuostolius elektros tinkluose ir taip padidinti sistemos veiksmingumą. Dėl šios priežasties elektros sistemose atsiranda vis daugiau reaktyviosios galios įrenginių, tobulinamas jų valdymas.

3.3.4 Elektros sistemos gyvybingumas ir patikimumas paskirstant apkrovas

Kompleksiškai paskirstant generatorių aktyviasias ir reaktyviasias galias bei valdant kitas reaktyviosios galios versmes elektros sistemos gyvybingumas gali nesiskeisti. Elektros sistemos patikimumo užtikrinimas yra atskiras elektros sistemos eksploatacijos uždavinys, kuris sprendžiamas tikrinant sistemos gyvybingumo reikalavimus apkrovų paskirstymo metu.

Elektros sistemos gyvybingumo reikalavimų tikrinimo tikslas – įsitikinti, ar nesusidaro sąlygos sistemos griūčiai (kaskadinei avarijai), jei netikėtai dėl gedimų atsisijungs vienas ar kitas generatorius, elektros perdavimo linija. Todėl apkrovos turi būti paskirstytos taip, kad, įvykus netikėtam gedimui, elektros sistema toliau galėtų veikti, dažnis ir įtampos būtų priimtinosiose ribose, o galių srautai elektros linijose nesukeltų pavojingų perkrovų. Taigi, sistemos gyvybingumo reikalavimų tikrinimas leidžia įvertinti perdavimo patikimumą.

Elektros sistemos eksploatacijos metu praktiškai užtikrinant jos veikimo patikimumą, svarbi yra pakankama elektros perdavimo galimybių atsarga. Elektrinėse visada laikomas tam tikras galios rezervas, todėl yra klaidinga manyti, kad nevisiškai apkraunant generatorius ir elektros perdavimo linijas jos yra naudojamos neveiksmingai. ***Galios atsarga yra esminė elektros sistemos patikimo darbo užtikrinimo priemonė***, tad skirtumas tarp regimybės ir realybės turi būti rūpestingai patikrintas net ir esant mažiems pokyčiams elektros sistemoje.

Naudojami gyvybingumo įvertinimo metodai yra paremti aktyviųjų ir reaktyviųjų galių srautų pasiskirstymo elektros tinkluose skaičiavimais. Valdymo centro specialistai analizuoja daugelį galimų situacijų ir taip nustato pavojingiausias situacijas ir galių perdavimo ribas. Jei galių perdavimo ribos yra mažesnės už planuojamus srautus, yra perskaičiuojami planuojamų apkrovų paskirstymai. Tai daroma, kad būtų užtikrinti leistini galių srautai, ką padaro AGV ir SCADA sistemos. Reikia pabrėžti, kad toks „neekonomiškas“ apkrovų perskirstymas tarp agregatų užtikrina reikiamą sistemos gyvybingumą, bet padidina sąnaudas.

Tikrinant sistemos gyvybingumą atliekami galios srautų pasiskirstymo skaičiavimai ir netikėtumų analizė yra sudėtingi, daug laiko reikalaujantys darbai. Sudėtingos elektros sistemos su daugeliu elektrinių agregatų, perdavimo tinklų elementų ir apkrovų sukuria sudėtingą srautų pasiskirstymo struktūrą, todėl reikėtų analizuoti be galo didelį skaičių galimų netikėtų situacijų. Dėl skaičiavimų sunkumų elektros sistemos gyvybingumo įvertinimui dažnai tenka pasikliauti planuojamų ir analizuojamų elektros perdavimo galimybių ir ribojimų nustatymu. Tai tėra sistemos gyvybingumo ribojimų apytikris nustatymas.

Elektros sistemos gyvybingumo įvertinimui yra tobulinama automatinė energijos valdymo sistema – kombinuojant SCADA sistemos duomenų surinkimo galimybes su srautų pasiskirstymo skaičiavimais ir kitomis analizės priemonėmis siekiama įvertinti sistemos gyvybingumą realiuoju laiku.

3.3.5 Veikiančių agregatų sudėties parinkimas

Šiluminių (taip pat atominių) elektrinių agregatai dar prieš darbo sistemoje pradžią turi būti tam parengti, sušildyti. Elektros generatorius tam, kad jį galima būtų įjungti į elektros tinklą, turi būti sinchronizuotas – turi suktis tokiu greičiu, kad jo generuojamos įtampos dažnis būtų 50 Hz (kai kur – 60 Hz), o įtampos dydis nesiskirtų nuo elektros tinklo įtampos. Tam turi būti sudarytas elektros sistemoje veikiančių agregatų sudėties planas – kada koks agregatas turi būti paleidžiamas ar sustabdomas. Veikiančių agregatų sudėtis turi būti tokia, kad įvykus bet kokiam

netikėtam gedimui, atsijungus generatoriui ar elektros perdavimo linijai, būtų patenkintas vartotojų elektros poreikis ir kad kintant sistemos apkrovai generatorių reguliatoriai galėtų palaikyti reikiamą dažnį. Tai reiškia, kad elektros sistemoje turi būti „besisukantis“ galios rezervas, kartais vadinamas „karštu“.

Kai elektros sistemose atsirado vėjo elektrinių parkai, kurių generuojama galia paprastai yra nereguliuojama, „besisukantis“ galios rezervas turi kompensuoti ne tik neplanuotai kintančią apkrovą, bet ir dėl nepastovaus vėjo stiprumo besikeičiančią vėjo elektrinių generuojamą galią. Kadangi vėjo elektrinių generuojama galia priklauso nuo vėjo greičio, kol kas jos patikimai prognozuoti negalima. Kai vėjo elektrinių parkų galia yra didelė, tai gali trukdyti užtikrinti patikimą elektros sistemos veikimą. 2006 metais lapkričio 4 dieną UCTE energetikos sistemų sutrikimai parodė, kad vėjo elektrinių generuojamos galios neprognozuojamas pokytis reikalauja dėmesingesnio vertinimo.

Sistemos apkrovai kintant pagal paros, savaitės ar sezono ritmą, veikiančių agregatų sudėties planas turi numatyti, kada koks agregatas paleidžiamas, kada sustabdomas. Reikia atlikti skaičiavimus, kad sudarytas agregatų sudėties darbo grafikas užtikrintų minimalias sąnaudas, visada patenkintų kintančią elektros paklausą, taip pat užtikrintų „karštą“ rezervą, reikalingą patikimo sistemos veikimo užtikrinimui. Elektros sistemos valdymo centras, sudarydamas veikiančių agregatų sudėties grafiką, dažnai numato ir galių mainus su kaimyninėmis sistemomis. Veikiančių agregatų sudėties grafikai paprastai koreguojami kas parą arba įvykus nenumatytam apkrovų pasikeitimui, sugedus kuriam nors agregatui.

Veikiančių agregatų sudėties planavimas reikalauja begalės informacijos. Sudarant optimalų veikiančių agregatų sudėties grafiką, reikia informacijos apie elektri-



3.5 pav. Lietuvos elektrinės blokų valdymo pultas

nių agregatų, elektros perdavimo tinklų sąnaudas, jų galimybes. Svarbu ekonomiškai paskirstyti apkrovas tarp agregatų, įvertinti sistemos gyvybingumą. Be to, reikia įvertinti agregatų paleidimo sąnaudas, kurios priklauso nuo to, kiek laiko agregatas neveikė, įvertinti personalo galimybes. Tie veiksniai kinta priklausomai nuo agregatų tipo. Todėl sudarant optimalų veikiančių agregatų sudėties grafiką reikia atlikti daug skaičiavimų.

Konkurencinės elektros rinkos sąlygomis elektros sistemos valdymo centrui nereikia atlikti kai kurių ekonominių skaičiavimų, tačiau pateiktus elektros gamybos grafikus reikia derinti skaičiavimais patikrinus, ar jie techniškai įgyvendinami ir nepakenks sistemos veikimo patikimumui.

3.3.6 Remontų grafikų sudarymas

Elektros sistemos įrenginius reikia kartais atjungti, atliekant jų priežiūrą, profilaktinius remontus. Tokie planiniai įrenginių atjungimai neturi sutrikdyti elektros sistemos darbo, elektros perdavimo. Tam skirti remontų ar įrenginių atjungimo grafikai (planai) sudaromi laikantis tų pačių principų, kaip ir sudarant agregatų darbo planus, tik šiuo atveju nagrinėjamas ilgesnis laikotarpis. Remontų grafiko optimizavimo tikslas yra toks pat – generatorių ir elektros linijų atjungimo planas turi užtikrinti patikimą sistemos darbą remonto metu ir minimizuoti sąnaudas. Plano sudarymui reikia informacijos apie kiekvieną planuojamą atjungti įrenginį, jo priežiūros ar remonto trukmę, tuometines sistemos apkrovas. Tokie planai–grafikai yra sudaromi kasmet ir koreguojami po netikėtų įrenginių gedimų.

3.3.7 Elektros sistemos darbas avarijų metu, jos veikimo atstatymas po avarijos

Nors elektros sistemos darbo patikimumui skiriamas didelis dėmesys, tačiau sisteminės avarijos gali įvykti. Jų metu sutrinka elektros sistemos darbas, daug vartotojų lieka be elektros. Tokios avarijos įvyksta labai retai, tačiau kaip rodo 2003 metų patirtis, jų negalima išvengti.

Sisteminės (totalinės) avarijos įvyksta, kai elektros sistemoje nepakanka galios paklausai patenkinti ir trūkstamos galios negalima gauti iš kaimyninių sistemų. Kai įtampos ir dažnis pradeda smarkiai svyruoti, apsaugos įtaisai, saugodami generatorius ir elektros linijas nuo pavojingų perkrovų, juos gali atjungti, izoliuoti nuo sistemos ir taip sudaryti nebalansą tarp elektros sistemos pasiūlos ir paklausos. Avarinėse situacijose stengiamasi išvengti tokių atjungimų griūties, kad kuo mažiau vartotojų liktų be elektros. Ekstremaliais atvejais vartotojus tenka atjungti. Vartotojų atjungimo planas yra derinamas su automatiškai izoliuojamais generatoriais, atlie-

kamas taip vadinamas sistemos išdalinimas. Po išdalinimo neatjungtų nuo sistemos elektrinių galia turi atitikti prijungtiems vartotojams reikiamai galiai, nors dažnis ir įtampos gali būti ir nenormalaus dydžio. Dažniui pavojingai mažėjant, automatiškai, pagal iš anksto sudarytą planą, dalis vartotojų yra atjungiami. Blogiausiu atveju reikia atjungti visus vartotojus. Be elektros gali likti ir elektrinių savų reikmių įrenginiai, t. y. elektros sistema „užgęsta“ – įvyksta totalinė avarija.

Po totalinės avarijos elektros sistemos darbo atstatymas nėra paprastas. Tam reikia koordinuoti elektros sistemos komponentų sujungimą ir vartotojų prijungimą, nes kiekvienu momentu turi būti užtikrintas balansas tarp elektros pasiūlos ir paklausos. Kai elektros sistema „užgęsta“, ne visos elektrinės gali pačios pradėti veikti, juk tam taip pat reikia elektros. Todėl „užgesusios“ elektros sistemos darbo atstatymas turi būti koordinuojamas, o elektros sistemos darbo atstatymas trunka gana ilgai, kartais net dešimtis valandų.

„Užgesusios“ sistemos darbo atstatymui yra iš anksto sudaromi planai, rengiamos treniruotės. Atstatant „užgesusios“ elektros sistemos darbą dalyvauja elektrinės, perdavimo ir skirstomieji tinklai, jų veiksmas turi būti suderinti, todėl tiems įgūdžiams palaikyti reikalingas nuolatinis dėmesys.

3.3.8 Elektros sistemos plėtros planai

Nepaisant visų pastangų taupiai naudoti energiją, elektros paklausa visose šalyse nuolat didėja. Pasirodo, energijos taupymas neįmanomas be didesnio elektros naudojimo. Todėl elektros sistemos turi planuoti, kaip bus patenkinta ateities elektros paklausa, kiek reikės naujų elektrinių pajėgumų, kaip iš elektrinių didesnes galias galima bus perduoti į vartojimo rajonus. Elektros sistemos plėtros perspektyva yra ilgalaikė, skaičiuojama dešimtims metų, o plėtros planų pagrindas yra paklausos, kuro kainų ir išteklių prognozės. Iki elektros energetikos reformos, kol elektros sistema buvo vienos energetikos bendrovės žinioje, elektros sistemos plėtros planai prasidėdavo nuo elektros gamybos pajėgumų didinimo. Elektros sistemų projektuotojai pagal prognozuojamą elektros paklausos didėjimą planuodavo elektrinių įrengtos galios padidinimą ar naujų elektrinių statybą. Praktika rodo, kad daug pigiau ir greičiau yra modernizuoti esamas elektrines, jas atnaujinus ir prailginus jų darbo amžių bei įrengtą galią, nei statyti naujas. Naujų elektrinių statyba susijusi ne tik su finansinėmis problemomis, bet ir su laikui imliomis procedūromis parenkant naujos elektrinės vietą. Naujos elektrinės vieta turi atitikti ne tik techninius, technologinius ir ekonominius reikalavimus, bet ir visuomenės, aplinkosauginius, socialinius interesus. Tokių sprendimų derinimas reikalauja bent kelių metų.

Be to, elektrinių galių padidinimą ir naujų elektrinių statybą lemia valstybės energetikos strategija, jos energetikos politika, juk patikimas apsirūpinimas elektra yra svarbus visai valstybei. Patikimumas užtikrinamas per technologijų, naudojamų energijos išteklių rūšių ir jų tiekimų įvairovę. Dėl šių priežasčių elektros gamybos plėtra yra reguliuojama valstybės. Lietuvoje tokį reguliavimą nustato Energetikos ir Elektros energetikos įstatymai ir jų poįstatyminiai aktai, taip pat Nacionalinė energetikos strategija. Šalies energetikos strategija numato 25 metų perspektyvą ir yra atnaujinama kas penkeri metai.

Elektros gamybos plėtros planuotojai turi didelį elektros gamybos technologijų pasirinkimą. Jos skiriasi savo charakteristikomis ir kainomis. Paprastai elektrinės, kurių eksploatacijos sąnaudos yra mažos – atominės, anglimi kūrenamos elektrinės ar hidroelektrinės – pasižymi ilgaus statybos terminais ir kaštais. Ir priešingai, elektrinių, kurių statyba yra palyginti nebrangi ir greitai – dujų turbinų, kūrenamų dujomis ar nafta – eksploatacija yra brangi. Kadangi kuro ateities kainos yra nežinomos ir neaišku, ar to kuro bus pakankamai, elektros gamybos planuotojai stengiasi siūlyti įvairias technologijas.

Planuojant elektros gamybos plėtrą, negalima pamiršti ir elektros vartojimo valdymo bei energijos taupymo. Skatinimas ir net investavimas į vartotojų aprūpinimą veiksmingesniais elektros prietaisais gali būti pigesnis nei naujų elektrinių statyba. Taip pat negalima neįvertinti ir tendencijos, kad vartotojai statysis savas elektrines. Dabartinė elektros sistemų plėtros planavimo matematinė ir programinė įranga planuotojams leidžia įvertinti tokių naujų tendencijų finansinę ir ekonominę įtaką, išnagrinėti gausybę plėtros scenarijų.

Elektros gamybos plėtra yra dažniausia skirstoma į tris dalis – bazinių elektrinių plėtrą, pusiau pikinių ir pikinių elektrinių plėtrą. Bazinės elektrinės yra skiriamos nuolatiniam darbui nekintama ar mažai kintama apkrova. Jų statyba gana brangi, tačiau eksploatacinės sąnaudos mažos. Pusiau pikinių ir pikinių elektrinių agregatai turi būti pritaikyti kintamai apkrovai – galėti greitai keisti galią. Todėl jų eksploatacijos kaštai ir kuro sąnaudos yra didesnės nei bazinių.

Skirtingos elektrinių charakteristikos elektros sistemos darbe reiškia tam tikrus privalumus ir trūkumus. Elektros sistemos plėtra turi sudaryti galimybes tinkamam jos darbui, kuris atitiks vartotojų lūkesčius. Prognozuojamomis elektros sistemos darbo sąlygomis elektrinių agregatų ansamblis turi leisti tinkamai reguliuoti dažnį ir įtampą elektros sistemoje: esant reikalui greitai didinti ar mažinti sistemoje generuojamą galią, turėti pakankamą galių rezervą, tiek „karštą“, tiek „šaltą“, ir tai pasiekti mažiausiomis sąnaudomis.

Perdavimo tinklų plėtra turi atitikti elektros gamybos plėtrą elektros sistemoje. Elektrinių vietos parinkimas yra susijęs su elektros perdavimo galimybėmis. Tai turi

būti įvertinta nagrinėjant elektros gamybos plėtros variantus. Elektros perdavimo tinklų plėtrą apsprendžia ne tik elektros gamybos plėtra, bet ir elektros paklausos pokyčiai elektros sistemoje, ryšiai su kaimyninėmis elektros sistemomis.

Šiandieniniai techninės ir ekonominės analizės metodai ir programinė įranga leidžia tinkamai įvertinti perdavimo tinklų plėtros variantus, plėtros įtaką elektros sistemos darbui. Planuojant elektros perdavimo tinklų plėtrą yra nagrinėjamas aktyviųjų ir reaktyviųjų galių srautų pasiskirstymas, galios ir energijos nuostoliai elektros tinkluose, įtampų ir reaktyviųjų galių reguliavimo galimybės, tam reikalingi įrenginiai, sistemos stabilumas, gyvybingumas ir jo įtaka patikimam sistemos darbui.

Aukščiau išvardytos problemos – ilgalaikio elektros paklausos ir kainų prognozavimo netikslumai, neaiškios elektros gamybos technologijų tolimos perspektyvos – elektros gamybos planavimą daro komplikuoatą. Po elektros energetikos reformų, elektros gamybos atskyrimo nuo elektros perdavimo ir vertikaliai integruotų energetikos bendrovių išskaidymo į kelias nepriklausomas kompanijas, plėtros planavimas tapo dar neaiškesnis. Naujos konkurencinės sąlygos elektros gamyboje nesumažino aukščiau minėtų elektros gamybos plėtros problemų, tačiau padidino investicijų į naujų elektrinių statybą riziką. Kai elektros sistemos gamyba elektros sistemoje yra išskaidyta į kelias elektros gamybos kompanijas, nė viena iš jų nėra atsakinga už bendrą elektros gamybos plėtrą elektros sistemoje. Manoma, kad tai turi išspręsti konkurencinė elektros gamybos rinka, tačiau kol kas tokios patirties nėra. Europos Sąjungos direktyvos įpareigoja už elektros sistemos darbą atsakingą bendrovę (perdavimo sistemos operatorių) skelbti visuomenei informaciją apie laukiamą galių deficitą. Europos Sąjungos šalyse po energetikos reformos naujų elektrinių statyba žymiai sulėtėjo, o galių rezervas mažėja.

4. KAIP DIDINAMOS ELEKTROS PERDAVIMO GALIMYBĖS

Elektros sistemos perdavimo tinklai naudojami elektros tiekimui iš elektrinių elektros vartotojams, elektros mainams su kaimyninėmis elektros sistemomis, kaimyninių elektros sistemų energijos tranzitui. Kartais dėl elektros sistemų savybių ir elektros tinklų charakteristikų elektros perdavimą tenka riboti.

4.1 Elektros perdavimo galimybių ribos

Elektros sistemos elektros perdavimo galimybes lemia elektros sistemos fizika. Perdavimo fizinių galimybių ribojimų priežastis gali būti atskirų elektros sistemos elementų galimybių ribos ar visai sistemai bendri reikalavimai.

Atskiri elektros sistemos elementai saugiai perduoti energiją gali tik esant leistinoms įtampoms. Pavyzdžiui, per aukšta įtampa pažeis įrenginių izoliaciją ir elementas bus sugadintas. Taip pat elementas gali perkaisti ir sugęsti dėl per didelių srovių, o dėl įšilimo pailgėję elektros linijų laidai gali nusvirti ir pavojingai priartėti prie žemintų objektų.

Su sistemos veikimu susijusius ribojimus lemia sudėtinga dirbančių generatorių tarpusavio sąveika, srautų persiskirstymas ir reguliavimo sistemų darbas, patikimumo užtikrinimas. Tai apibendrintai vadinama elektros sistemos statiniu ir diniminiu stabilumu bei sistemos gyvybingumu.

Fizikos dėsniai atskirai neapibrėžia galutinės perdavimo ribos. Jie tik parodo kompromisą tarp perduodamos galios dydžio ir patikimumo. Pavyzdžiui, padidėjus perduodamai galiai, sumažėja perdavimo rezervas. Taip padidėja sistemos darbo sutrikimo tikimybė.

Kitaip sakant, perdavimo galimybės priklauso nuo fizinių charakteristikų ir patikimumo normų bei patikimumo užtikrinimo procedūrų. Kaip buvo minėta, patikimumo normos yra subjektyvios, kadangi praktikoje negalima pasiekti pusiausvyros tarp energetikos bendrovės sąnaudų patikimumui didinti ir vartotojų gaunamos naudos, kurią jiems teikia nenutraukiamas elektros tiekimas.

Klausimas, kokios yra perdavimo galimybės ir kiek jas reikia gerinti, apjungia ekonomiką, patikimumą, techniką ir politiką. Perdavimo galimybių reikšmių nustatymas reikalauja gaišios inžinerinės ekspertizės, duomenų ir sudėtingų analizės priemonių. Nepakanka nustatyti vienos ar kelių elektros linijų perdavimo galimybės, kadangi elektros sistemos perdavimo galimybės priklauso nuo visos sistemos. Pavyzdžiui, jei netoli apkrovos esantis generatorius dirba nepilnai apkrautas ir turi

„karštą“ rezervą, reikės mažiau galios perduoti iš nutolusio generatoriaus, turinčio galios rezervą reikiamam patikimumui užtikrinti.

Perdavimo galimybės keičiasi laikui bėgant. Tai komplikuoja tinkamumo ir ribojimų įvertinimą, reikalingų priemonių pralaidumui padidinti planavimą. Perdavimo galimybės keičiasi atlikus perjungimus elektros tinkle, pasikeitus apkrovų pasiskirstymui, generatorių apkrovoms ar mainams su kitomis elektros sistemoms. Perdavimo galimybes įtakoja vartojimo grafiko kitimai, generatorių ir perdavimo linijų galimybių pasikeitimai ir net meteorologinės sąlygos.

Kartais ir vienas svarbus ribojimas gali smarkiai keisti perdavimo galimybes. Dažnai būna, kad vieno apribojimo įgyvendinimas nebūtų veiksmingas, nes kelios priežastys gali riboti vienos ar net kelių elektros linijų pralaidumą. Pavyzdžiui, kartais perduodant galią iš vieno sistemos rajono į kitą, vienų linijų pralaidumą gali riboti įtampų lygiai, o kitų linijų – laidų įšilimas.

Kartais elektros perdavimo galimybes gali riboti ne fiziniai veiksniai. Pavyzdžiui, negalima perduoti galios į kitas sistemas, nors tam yra fizinės galimybės ir ekonominė nauda, tačiau nėra susitarimo dėl tarpstisteminių mainų, komercinės sutarties ar Vyriausybės leidimo. Tarpstisteminių mainų ekonominės naudos nesupratimas gali riboti perdavimo galimybių panaudojimą.

4.2 Elektros sistemos elementų ribojimai

Elektra perduodama elektros linija, kai įtampų skirtumas elektros linijos galuose verčia ją tekėti srovę. Elektros linija perduodama galia yra lygi linijos srovės ir įtampos sandaugai, todėl elektros linija perduodamą galią gali riboti įtampos ir srovės dydžiai.

4.2.1 Srovės šiluminiai ribojimai

Laidikliais (laidais, kabeliais, šynomis) tekėdama srovė juos įšildo. Šis įšilimas, t. y. laidiklių temperatūra, riboja perduodamą galią. Įšilę laidai pailgėja ir padidėja jų įsvyrimas. Dėl to gali pavojingai sumažėti laidų atstumas nuo žemės, atramų ar kitų laidžių objektų. Taip gali atsirasti sąlygos elektros išlydžiui. Per didelis laidų įkaitimas sumažina jų stiprumą, dėl to jie gali nutrūkti, trumpėja laidų darbo amžius.

Pastočių įrenginių įšilimas taip pat yra ribojamas. Per didelis įkaitimas gadina transformatoriuose ir kituose įrenginiuose, taip pat ir kabeliuose, naudojamas medžiagas bei izoliaciją.

Perkrautas elektros tinklų elementas iki kritinės temperatūros gali įkaisti per kebias sekundes, minutes ar valandas priklausomai nuo jo buvusios temperatūros, fizinių savybių, perkrovimo dydžio ir meteorologinių sąlygų. Todėl labai didelės srovės

leistinos tik labai trumpą laiką, didelės – kiek ilgiau, o mažesnės – neribotai ilgą laiką. Kritinės temperatūros dydis priklauso nuo to, kiek toks poveikis trunka. Didžiausia srovė, kuri tekėdama neribotai ilgą laiką išildo laidiklį tik iki ilgalaikės leistinos temperatūros, vadinama ilgalaikė leistina srovė. Didesnės nei leistina srovės – avarinės ir poavarinės – gali tekėti tik trumpą laiką. Vėliau jos turi būti sumažintos perskirstant generatorių apkrovas, sumažinant apkrovas ar nutraukiant srovę.

Didžiausią kritinę temperatūrą, tiek trumpalaikę, tiek ilgalaikę, lemia laidiklio ir izoliacijos savybės. Šios temperatūros yra normuojamos. Pagal tai nustatomos galimos ilgalaikės ir trumpalaikės leistinos srovės. Trumpalaikių srovių (avarinių ir poavarinių) trukmė taip pat yra normuojama. Poavarinių srovių trukmė (1, 15, 30 minučių ar kelios valandos) paprastai nustatoma pagal tai, kiek jos yra didesnės už ilgalaikes leistinas.

Faktinės laidų ir elektros įrenginių temperatūros priklauso ne tik nuo srovės, bet ir nuo aušinimo sąlygų: aplinkos temperatūros, vėjo greičio, drėgmės. Įvertinus realias aušinimo sąlygas ir bendrovei priimtina elektros tinklų įrenginių darbo amžiaus sumažėjimą, galima peržiūrėti leistinų srovių reikšmes ir taip padidinti perdavimo galimybes.

4.2.2 Įtampų ir reaktyviųjų galių srautų ribojimai

Elektros perdavimo linijos projektuojamos taip, kad jos įtampos neperžengtų didžiausios ir mažiausios leistinos įtampos ribų. Jei įtampa per didelė, elektros linijoje ji gali sukelti iškravą tarp laidų, laidų ir žemės ar laidų ir atramos – izoliacijos perdegimą.

Didelės įtampos gali sukelti vainikinius išlydžius (koroną). Didelis elektrinio lauko stiprumas jonizuoja oro molekules, dėl ko atsiranda triukšmas ir radijo trikdžiai. Didžiausios leistinos įtampos dydis priklauso nuo linijos laidų aukščio, atstumo tarp laidų, izoliatorių ir klimato sąlygų – oro drėgmės, lietaus, sniego, šerkšno. Per didelės įtampos taip pat gali sugadinti transformatorių ir kitų elektros įrenginių izoliaciją.

Kaip jau buvo minėta aukščiau, perduodant reaktyviąją galią, įtampa išilgai linijos gali mažėti ar didėti. Kai elektros perdavimo linija teka mažas aktyviosios galios srautas, dėl elektros linijos talpiejo laidžio (linijos generuojamos reaktyviosios galios) įtampa linijoje gali padidėti ir viršyti leistiną. Kai aktyviosios galios srautas perdavimo linijoje padidėja, padidėja ir reaktyviosios galios nuostoliai linijoje, padidėja reaktyvioji apkrova. Dėl to įtampa išilgai perdavimo linijos gali nukristi žemiau leistinos įtampos. Kai įtampa linijos gale yra per žema, transformatorius negali perduoti reikiamos galios arba vartotojai gauna per žemą įtampą ir jų elektros įrenginiai negali tinkamai veikti. Taigi, generatorių ir kitų reaktyviosios galios versmių

galimybės gali riboti perduodamą aktyviąją galią. Elektros perdavimo linijų reaktyvios galios paklausa didėja ilgėjant linijoms. Tai ypač būdinga ilgoms elektros linijoms – 250 km ir ilgesnėms.

4.3 Sisteminiai ribojimai

Elektros perdavimą riboja ne tik atskyrų elektros sistemos elementų galimybės bet ir elementų sąveika, pačios sistemos ypatumai. Apie tai – toliau.

4.3.1 Lygiagretūs galių srautai ir galių pasiskirstymas

Galių srautų pasiskirstymą elektros tinkle nulemia fizikos dėsniai. Pagal juos, galių srautas nuo elektrinės iki apkrovos teka visais galimais takais. Tai vadinama lygiagrečiais galių srautais, nors elektros linijos, kuriomis teka srautai, ir nėra geografiškai lygiagrečios. Galių srautai, tekantys bet kuriuo elektros tinklo taku yra atvirkščiai proporcingi to tako pilnai varžai (impedansui). Ta varža gali būti laikoma „elektriniu ilgiu“, kuris priklauso tiek nuo tikrojo ilgio, tiek nuo linijos vardinės įtampos. Pavyzdžiui, 330 kV elektros linijos vienas km yra apie 3/4 km 110 kV linijos elektrinio ilgio. 500 kV elektros linijos vienas km prilygsta tik 1/5 km 230 kV elektros linijos elektrinio ilgio. Reikia pabrėžti, kad elektrinio tako impedansas nebūtinai nusako galimą perduoti galią tuo taku.

Galių srautų pasiskirstymas ir tų srautų nevaldomumas yra dvi svarbios aplinkybės, apsunkinančios perdavimo galimybių nustatymą. Pirma, elektros tinklo perdavimo pralaidumas (perdavimo galimybė) nėra lygus atskirų elektros linijų pralaidumų sumai. Elektros tinklo pralaidumas (galia, kurią galima perduoti iš vieno elektros tinklo rajono į kitą) yra mažiausia galia, kurią perduodant bent vienas elektros tinklo komponentas pasiekia savo terminio pralaidumo ar įtampos leistiną ribą.

Antra, galimybė perduoti galią iš bet kurio generatoriaus į bet kurį elektros tinklo apkrovos mazgą priklauso nuo to, kokios galios tuo pat momentu yra perduodamos iš kitų generatorių. Galios srautas iš generatoriaus iki apkrovos mazgo pasiskirsto visais galimais elektros tinklo takais. Todėl net nutolusioms elektros linijoms tenka dalis srauto ir jų apkrova pasikeičia. Tokiu būdu galia, kurią galima papildomai perduoti iš kitų generatorių ar į kitus apkrovos mazgus, priklauso nuo to, kaip srautai jau yra pasiskirstę tinkle.

Lygiagretūs galių srautai ir perdavimo problemos kyla tiek elektros sistemoje, tiek jų susivienijimuose. Tas būdinga tiek UCTE, tiek NVS ir Baltijos šalių bei kitoms jungtinėms elektros sistemoms. Baltijos šalių elektros sistemos dirba viename žiede su Baltarusijos ir Rusijos elektros sistemomis, todėl tokių lygiagretų jų darbą reikia nuolat tarpusavyje derinti, kaip ir kituose energetikos sistemų susivienijimuose.

4.3.2 Sistemos stabilumas

Elektros sistemoje visi generatoriai sukasi unisonu, sinchroniškai sistemos dažniui (50 Hz). Sistemos sugebėjimas užtikrinti sinchroninį darbą yra vadinamas sistemos stabilumu. Todėl elektros perdavimo galimybes gali riboti ir sistemos stabilumas.

Esant normaliam darbui, trikdžiai, kurie padidina ar sumažina generatoriaus sukimosi greitį, sukelia generatorių galios pasikeitimą, o jis verčia generatorius sugrįžti į bendrą sistemos generatorių sukimosi greitį ir taip išlaikyti sistemos dažnį. Nestabilumas yra tokia elektros sistemos būseną, kai dėl kokių nors trikdžių generatorių sukimosi greitį stabilizuojantis procesas nepasibaigia ir dalies generatorių sukimasis pradeda didėti ar mažėti, t. y. jie pradeda sukis nesinchroniškai. Tai gali sutrikdyti sistemos darbą.

Priklausomai nuo trikdžių dydžio yra skiriamos dvi stabilumo rūšys – statinis stabilumas ir dinaminis stabilumas. Sistemos *statiniu stabilumu* laikomas sistemos sugebėjimas atlaikyti mažus trikdžius – apkrovų pokyčius. Sistemos *dinaminio stabilumo* laikomas sistemos gebėjimas atlaikyti didelius trikdžius – generatorių atsijungimus ir elektros linijų gedimus (trumpuosius jungimus). Sistemos stabilumo sąlygoms nustatyti jos inžinieriai naudojami specialiomis kompiuterinėmis skaičiavimo programomis. Jose generatoriai, reguliatoriai, apkrovos, elektros tinklai ir juose vykstantys procesai pavaizduojami matematiniais modeliais. Atliekant jų analizę sprendžiama, ar konkrečiomis sąlygomis sistema yra stabili.

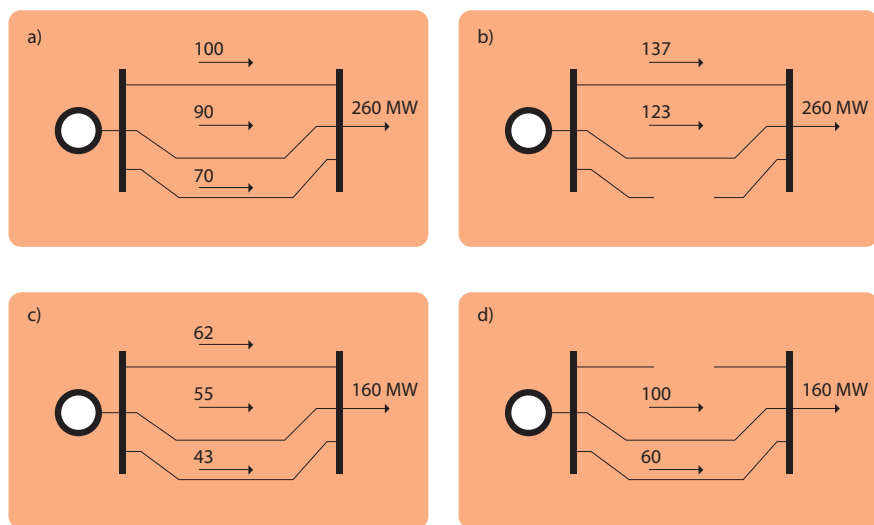
4.3.3 Sistemos gyvybingumas

Dideli trikdžiai sistemoje, tokie kaip generatorių, elektros linijų ar transformatorių gedimai sukelia aktyviųjų ir reaktyviųjų srautų bei įtampų pasikeitimus. Kaip buvo minėta anksčiau, N-1 sąlyga reikalauja, kad elektros sistema, net praradusi sugedusius elementus, galėtų toliau tęsti darbą ir neprasidėtų sistemos griūtis – kas kadiniai atsijungimai dėl šiluminių (terminių) perkrovimų, žybaus įtampų sumažėjimo ar sistemos stabilumo praradimo. Įtampos reguliavimo įtaisai ir generatorių reguliatoriai yra nustatomi taip, kad, įvykus netikėtam gedimui, dažnis ir įtampos būtų atstatomi, o pasikeitę galių srautai neperžengtų leistinų ribų. Taigi, elektros tinklų pralaidumą riboja ne tik esamų galių srautai, bet ir srautai, kurie gali atsirasti įvykus netikėtam dideliam gedimui.

Pavyzdžiui, kaip vaizduojama 4.1 paveikslėlyje, du sistemos mazgus jungia trys elektros perdavimo takai, kurių kiekvieno pralaidumas yra po 100 MW (tiksliau – MVA, tačiau vardan aiškumo laikykime, kad MW). Jei galių srautas elektros linijoje viršytų 100 MW, dėl padidėjusių srovių linijos laidai per daug įkaistų, dėl to laidai

daugiau įsivirtų. Dėl padidėjusio galių srauto padidėja reaktyviosios galios poreikis ir įtampa linijos gale gali būti mažesnė nei leistina. Jei būtų bandoma dėl to padidinti įtampą linijos pradžioje, ją gali tekti pernelyg padidinti. Dėl to gali įvykti iškrova, prasidėti vainikinis išlydis ar net sugesti įrenginiai. Taigi, jei viršijamas linijos pralaidumas, linijos apsaugos ją po nustatyto laiko atjungia – taip išvengiama įrenginių sugadinimo.

Taigi, jei du mazgus jungiančių kiekvieno iš trijų elektros takų pralaidumas yra po 100 MW, atrodytų, kad pralaidumas tarp tų mazgų gali būti 300 MW. Deja, dėl lygiagrečių galių srautų taip gali būti tik tada, jei takų varžos yra lygios. Jei linijų (tiksliau – lygiagrečių takų) varžos nelygios (pavyzdžiui, dėl skirtingo linijų ilgio), takų srautai bus nelygūs. Tarkime, srautų pasiskirstymo tarp takų santykis yra 1,0:0,9:0,7. Tokiu atveju, didžiausia 100 MW galia galėtų būti perduodama tik vienu taku. Kituose ji būtų mažesnė. Šiuo atveju (4.1 a pav.) srautų pasiskirstymas būtų 100, 90 ir 70 MW, o suminis pralaidumas būtų ne 300 MW, o tik 260 MW (100 MW +90 MW +70 MW).



4.1 pav. Elektros tinklo pralaidumas, užtikrinantis sistemos gyvybingumą

- a) Srautų pasiskirstymas, kai visos linijos įjungtos
- b) Nepriimtinas srautų pasiskirstymas, kai atsijungė mažiausiai apkrauta linija
- c) Priimtinas srautų pasiskirstymas, kai visos linijos įjungtos
- d) Priimtinas srautų pasiskirstymas, kai atsijungė labiausiai apkrauta linija

Užtikrinant sistemos gyvybingumą, minėtų trijų takų suminis pralaidumas turėtų būti dar mažesnis. Jei dėl gedimo atsijungtų net mažiausiai apkrauta linija, likusių dviejų takų linijose galių srautai padidėtų ir būtų $137+123=260$ MW. Tokiu atveju abiejų takų linijos būtų perkrautos (4.1 b pav.). Taigi, norint išvengti perkrovimo, kuris galėtų sukelti kaskadinį linijų atjungimą, suminis trijų takų pralaidumas galėtų būti tik 160 MW. Šiuo atveju, veikiant visiems trimis galių srautų takams, lygiagretūs srautai būtų $62+55+43=160$ MW (4.1 c pav.), o atsijungus labiausiai apkrautai linijai galių srautai likusiose dviejose pasiskirstytų $100+60=160$ MW (4.1 d pav.). Tai reiškia, kad dėl sistemos gyvybingumo užtikrinimo suminis pralaidumas turėtų būti tik 53 proc. trijų takų pralaidumų sumos.

Elektros sistemos stabilumo analizė gali parodyti, kad nagrinėjamu atveju dėl linijos atsijungimo gali būti prarastas sistemos stabilumas, nors likusios elektros linijos ir nebus perkrautos. Tokiu atveju, dėl sistemos stabilumo užtikrinimo, gali tekti perduodamą galią dar daugiau riboti.

Bendras principas, leidžiantis išvengti kaskadinių atsijungimų ir sistemos griūties – visada užtikrinti saugų sistemos darbo režimą. Saugus režimas reiškia, kad generatorių apkrovos yra paskirstomos užtikrinant perdavimo tinkluose galių srautų pasiskirstymą garantuojantį pakankamus generacijos ir pralaidumo rezervus. Įvykus net sunkiausiam sutrikimui, veikiančių generatorių ir pralaidumo rezervai garantuos, kad persiskirstę galių srautai linijų pavojingai neperkraus, o neišvengiami atjungimai nepažeis sistemos stabilumo.

Saugus režimas yra svarbus elektros sistemos darbo patikimumo užtikrinimui, todėl jo reikalavimai gali lemti, kad daugiau apkrauti bus mažiau efektyvūs generatoriai su didesniais sąnaudų prieaugiais.

Tačiau yra ir alternatyva šiai priemonei. Padėti išvengti sisteminės avarijos gali ne tik tinkamas generatorių apkrovų paskirstymas, bet ir tinkama prevencinė (prieš-avarinė) apsauga bei automatika. Įvykus gedimui, apsauga ir automatika gali labai greitai izoliuoti gedimą, taip pat, jei reikia, greitai atjungti sistemoje nutolusį generatorių ar padidinti artimo generatoriaus galią. Taip išvengiama pavojingo galių persiskirstymo ir sistemos stabilumo pažeidimo.

Praktikoje pralaidumo ribojimas, užtikrinantis sistemos gyvybingumą, reikalauja sudėtingos analizės. Elektros perdavimo tinklų konfigūracija paprastai yra daug sudėtingesnė nei aukščiau minėtame 4.1 pav. pavyzdyje, todėl galios srautų persiskirstymas po gedimo sukkelto atjungimo reikalauja daug sudėtingesnių skaičiavimų.

Be to, reikia įvertinti ne tik aktyviųjų ir reaktyviųjų galių srautų pasiskirstymų pasikeitimus, bet ir jų įtaką įtampoms. Po gedimo naujas režimas nenusistovi iš karto. Tam tikrą laiką vyksta pereinamasis procesas, kurio metu keičiasi generatorių

generuojama galia ir įtampos elektros tinkle. Šie kitimai yra tarpusavyje susiję. Tik sistemos stabilumo analizė gali atsakyti, ar nauja sistemos būklė po gedimo bus stabili, ar pereinamieji procesai po gedimo užtikrins naują stabilų režimą.

4.4 Elektros perdavimo galimybių didinimo perspektyvos

Taigi, elektros sistemoje pageidautina didinti elektros perdavimo pralaidumą. Kaip tai galima padaryti? Ieškant atsakymų į tokį klausimą, reikia apsvarstyti aukščiau minėtų pralaidumo ribojimų sumažinimo galimybes. Tam reikia tobulinti elektros perdavimo tinklus ir generatorius. Tokios priemonės gali būti:

- didinti elektros linijų pralaidumą tiek pagal terminį, tiek pagal įtampų ribojimus;
- pagerinti reaktyviųjų galių ir įtampų reguliavimą elektros tinkluose;
- pagerinti aktyviųjų galių valdymą elektros tinkluose;
- pagreikinti generatorių reakciją ir elektros linijų atjungimą;
- statyti naujas (papildomas) elektros linijas.

Elektros perdavimo galimybių padidinimo sąnaudas lemia daugelis vietos specifinių sąlygų – vietovė ir tinklų konfigūracija, gerinamų elektros įrenginių tipas, amžius ir pan. Paprastai modernizuojamas elektros perdavimo linijas ar generatorius reikia kuriam laikui atjungti. Tai reiškia papildomas išlaidas, ypač jei tie įrenginiai buvo pakankamai apkrauti. Tokias papildomas modernizacijos išlaidas yra sunku nustatyti.

Reikia pabrėžti, kad perdavimo galimybių padidinimo naudą dažnai sunku įvertinti. Tam yra keletas priežasčių. Pirmiausia, modernizacija, skirta perdavimo galingumui padidinti, ne tik lems perduodamos galios padidėjimą, bet ir pakeis sistemos darbo ekonomiškumą bei patikimumą. Dėl to yra sunku parodyti, kas bus didesnė – modernizacijos kaina ar nauda.

Antra, bet kurios perdavimo pralaidumo padidinimo priemonės įtaka perduodamai galiai, darbo ekonomiškumui ir patikimumui labai priklauso nuo specifinių vietos sąlygų. Pavyzdžiui, Lietuvoje naujos 330 kV elektros linijos tarp Telšių ir Klaipėdos pastatymo įtaka bus kitokia nei 330 kV elektros linijos tarp „Neries“ ir „Vilniaus“ pastočių. Be to, šį įtaką keisis bėgant laikui ir keičiantis apkrovoms. Visa tai lemia, kad sprendimų dėl modernizacijos priėmimui reikia išsamiai studijuoti.

4.4.1 Vardinės įtampos padidinimas

Aukštesnės įtampos elektros linija galima perduoti didesnę galią. Kaip jau buvo minėta, didžiausią elektros linijai leistiną įtampą lemia jos konstrukcija (atstumas tarp laidų), izoliacija ir prie jos prijungti elektros įrenginiai. Taigi, norint elektros linija leisti aukštesnes įtampas, reikia padidinti atstumą tarp laidų, izoliatorių skaičių

girliandose, laidų atstumą iki žemės (paaukštinti atramas). Be to, prie elektros linijos prijungtus įrenginius – skyriklus, jungtuvus, srovės ir įtampos transformatorius – reikia keisti aukštesnės įtampos įrenginiais, kurie yra brangesni.

4.4.2 Srovės padidinimas

Norint elektros linija perduodamą galią padidinti didinant srovę, paprasčiausia yra leisti laidams daugiau įkaisti. Tokia priemonė yra paprasta ir, atrodytų, pigi, bet dėl to gali sutrumpėti įrenginių darbo amžius. Kad taip neatsitiktų, taikomas dinaminis linijos leistinos srovės normavimas.

Kaip buvo minėta, elektros linijos lestiną srovę lemia laidų leistina temperatūra, o tuo pačiu – ir laidų įsivyrimas. Projektuojant elektros linijas, paprastai vertinamos standartinės aplinkos sąlygos, kurios skiriasi nuo realių. Pavyzdžiui, Lietuvoje projektuojant elektros linijas laikoma, kad oro temperatūra yra $+25^{\circ}\text{C}$. Taikant dinaminį leistinos srovės nustatymą yra vertinamos faktinės aplinkos sąlygos. Žiemą, kai yra minusinė temperatūra ir pučia vėjas, laidų aušinimas yra geresnis, todėl iki leistinos temperatūros laidai įkaista tekant didesnei srovei nei esant $+25^{\circ}\text{C}$ oro temperatūrai. Taigi, žiemą elektros linija galima perduoti didesnę galią. Matuojant faktinę temperatūrą, vėjo stiprumą ir faktinį laidų įsivyrimą, galima operatyviai koreguoti lestiną linijos apkrovą – pralaidumą. Taip galima laikinai padidinti elektros linijos perduodamą galią minimaliais kaštais – skaičiavimo ir apsaugų nuostatų koregavimo.

Kita, brangesnė priemonė, yra laidų pakeitimas storesniais. Tam taip pat gali tekti sustiprinti linijų atramas. Vis dėlto, tokia priemonė yra žymiai pigesnė ir paprasčiau įgyvendinama nei naujos linijos statyba.

4.4.3 Konstrukcijos pakeitimas

Elektros linijos perduodamos galios ribojimus dėl srovių ir įtampų galima pakeisti keičiant oro linijų konstrukciją. Lengviausiai įgyvendinama priemonė, jei leidžia atramos, yra fazinių laidų išskaidymas į du ar daugiau. Išskaidyti faziniai laidai leidžia perduoti didesnę galią. Leistinos laidų srovės tampa didesnės dėl didesnio aušinimo paviršius, mažesnės linijos reaktyviosios (induktyviosios) varžos, mažiau palankių sąlygų vainikinio išlydžio atsiradimui.

Linijos reaktyviąją varžą taip pat galima sumažinti, sumažinus atstumą tarp fazinių laidų. Paprasčiausias būdas, kad laidai galėtų mažiau siūbuoti – juos ant atramų tvirtinti dviem izoliatorių girliandomis („V“). Sudėtingiau yra linijas padaryti kompaktines – fazinius laidus mechanškai sujungti izoliaciniais strypais, kurie neleistų faziniams laidams siūbuoti nesisinchroniškai. Tai leidžia žymiai sumažinti atstumą tarp fazinių laidų ir elektros linijos induktyviąją varžą, o galiausiai – ir įtampos nuostolius linijoje.



4.2 pav. Elektros linija su dviejų laidų fazėmis

Kita tokia priemonė galėtų būti linijos atramų konstrukcijos pakeitimas, kuris leistų ant tų pačių atramų pakabinti daugiau elektros linijos grandžių. Deja, tokiu atveju dažnai reikia sustiprinti atramas ir jų konstrukciją.

4.4.4 Aktyviosios galios srautų reguliavimas

Elektros tinklų pralaidumą riboja, kaip minėta aukščiau, labiausiai apkrauta elektros linija tinkle. Taigi, valdant ar keičiant galių srautų pasiskirstymą elektros tinkluose, galima keisti tinklų pralaidumą. Aukščiau aptarti būdai, kaip galima padidinti elektros linijų pralaidumą, keičiant jų parametrus. Elektros tinklo pralaidumą

galima padidinti ir pakeičiant galios srautų pasiskirstymą tinkle.

Vartotojams rūpi jų aprūpinimas energija, o šis priklauso nuo aktyviosios galios. Jos perdavimą elektros tinklu kartais galima padidinti perskirstant elektrinių apkrovas. Mažiausios elektros gamybos sąnaudos bus, jei daugiau apkrauti bus ekonomiškiesni agregatai. Kartais neekonomiškai perskirsčius apkrovas tarp elektrinių, galima pakeisti aktyviųjų galių srautų pasiskirstymą ir padidinti elektros tinklo perduodamą galią, taip išvengti perkrovimo ir nenutraukti elektros tiekimo. Tokia priemonė šiek tiek padidina elektros gamybos sąnaudas, tačiau tai yra geriau nei nutraukti elektros tiekimą vartotojams.

Kita nebrangi ir dažnai naudojama priemonė yra elektros tinklo schemos pakeitimas. Elektros perdavimo tinkle kiekvieną jo mazgą elektra gali pasiekti keliais takais – galimi lygiagretūs galių srautai. Kartais galių srautai lygiagrečiuose takuose gali pasiskirstyti nesėkmingai, o tokiu atveju, mažesnio pralaidumo elektros linijos bus perkrautos. Tai dažnai atsitinka, kai lygiagrečiai dirba skirtingų vardinių įtampų elektros tinklai ar lygiagrečių tinklo takų aktyviųjų ir reaktyviųjų varžų santykis žymiai skiriasi (nehomogeniniai tinklai). Paprastai dėl tinklo nehomogeniškumo perkraunamos žemesnės įtampos elektros linijos. Nehomogeniškumas gali pasireikšti

ir kai lygiagrečiam darbui yra sujungiamos oro ir kabelinės linijos. Tokiais atvejais nehomogeniškumui sumažinti naudojami išilginės kompensacijos įrenginiai.

Išvengti perkrovimo ir padidinti elektros tinklo pralaidumą galima tinkamai parinkus kontūrų nutraukimo vietas. Tai reiškia, kad kurią nors perdavimo tinklo dalį tenka padaryti atvira – be uždarytų kontūrų. Tokia priemonė padidina elektros tinklo pralaidumą, bet sumažina patikimumą – dalyje elektros tinklo elektra turi mažiau takų ar tik vieną taką. Tokiu būdu pralaidumas padidinamas patikimumo sąskaita.

Nehomogeninių elektros tinklų pralaidumui padidinti nesumažinant jų elektros perdavimo patikimumo gali būti naudojama ir brangi priemonė – fazę sukančios transformatoriai ir fazės reguliatoriai. Ji yra tinkama, kai lygiagrečiam darbui per autotransformatorius yra sujungti skirtingų įtampų elektros tinklai. Tokių elektros tinklų pralaidumui padidinti ir aktyviosios galios nuostoliams sumažinti be patikimumo nuostolių kartais naudojami specialūs reguliuojami transformatoriai, kurie keičia ne tik įtampą, bet ir fazę – fazės reguliatoriai. Keičiant fazę, kaip sklende, galima valdyti galių srautus lygiagrečiuose jų takuose.

Šiandieninis elektronikos išvystymas leidžia keisti įtampų fazes ir taip reguliuoti galių srautų pasiskirstymą tinkle naudojant specialius elektroninius įtaisus, tokius kaip elektronines sklendes. Tokios priemonės gali padidinti tinklo pralaidumą, bet turi ir trūkumą – jos padidina reaktyviosios galios nuostolius tinkle. Kartais tai gali būti problema.



4.3 pav. 330/110 kV autotransformatorius

4.4.5 Reaktyviųjų galių ir įtampų valdymas

Viena iš priemonių elektros tinklų pralaidumui padidinti gali būti tinkamas reaktyviųjų galių ir įtampų valdymas tinkle. Reaktyviųjų, kaip ir aktyviųjų, galių pagrindinė versmė yra elektros generatoriai. Kaip jau buvo minėta, reaktyviųjų galių dideliais atstumais neįmanoma perduoti, o jų generavimas elektros generatoriais riboja generatorių aktyviąją galią. Įrengus reikiamuose elektros tinklo mazguose kondensatorius, juos įjungiant ar išjungiant, galima valdyti reaktyviųjų galių srautus. Juos sumažinant elektros linijose yra padidinamas aktyviosios galios pralaidumas linijose.

Reaktyviajai galiai generuoti elektros tinklo mazguose gali būti įrengti ir brangesni įrenginiai – sinchroniniai kompensatoriai ar statiniai reaktyviosios galios šaltiniai. Kondensatoriais ar jų baterijomis reaktyviąją galią galima keisti juos įjungiant ar išjungiant, t. y. šuoliais, o sinchroniniais kompensatoriais ir statiniais reaktyviosios galios šaltiniais tai daroma nuosekliai. Be to jie gali ne tik generuoti, bet ir vartoti reaktyviąją galią. Elektros tinkle įtampos būna žemos, kai yra reaktyviosios galios stygius, o esant žemesnei įtampai mažesnė yra kondensatorių generuojama reaktyvioji galia. Dėl to kondensatoriai elektros tinkluose mažina sistemos stabilumą. Šiuo trūkumu nepasizymi sinchroniniai kompensatoriai.

Kai kuriose elektros sistemose jau yra naudojami kompiuteriniai srautų pasiskirstymo moduliai, kurie leidžia optimizuoti aktyviųjų ir reaktyviųjų galių pasiskirstymą perdavimo tinkluose. Tikimasi, kad ateityje jie bus naudojami plačiau. Žinoma, tam reikia ne tik informacinių technologijų, bet ir išvystytos informacinės sistemos ir modernių valdymo įtaisų.



4.4 pav. Kondensatorių baterijos

4.4.6 Stabilumo gerinimas

Siekiant užtikrinti sistemos darbo patikimumą, elektros perdavimą tenka riboti. Tokios prevencinės priemonės ypač svarbios sistemos stabilumo užtikrinimui. Pakeitus prevencinę politiką koreguojančia, perdavimo galimybes taip pat galima padidinti. Tam skirtos prevencinės (priešavarinės) apsaugos ir automatikos priemonės. Automatikos priemonės gali leisti staigiai ir trumpam padidinti (forsuoti) ar sumažinti elektrinės generuojamą galią, taip pagerinti pereinamojo proceso eigą ir išsaugoti sistemos stabilumą. Reikia turėti mintyje, kad tokios priemonės mažina įrenginių darbo amžių ir didina gedimo tikimybę, todėl jų taikymui reikalinga techninė ir ekonominė analizė.

4.5 Ateities tendencijos

Padidinti perdavimo galimybes taip pat leidžia energetikos sistemas papildanti nauja technika. Tai – didelės galios puslaidininkiai, ne mechaniniai komutaciniai aparatai, superlaidžios medžiagos. Reikšmingi yra ir informacinių technologijų pasiekimai. Dalies priemonių jau yra pritaikytos sistemose, dalis tebėra tyrimo stadijoje.

Didelės galios puslaidininkių prietaisai jau leidžia atsakyti mechaninių valdymo įtaisų. Mechaninį elektros grandinių nutraukimą pakeitus elektriniu, sumažėja komutacijų laikas, neribojamas tampa komutacijų skaičius. Tokie įtaisai naudojami statiniuose reaktyviosios galios kompensatoriuose, aukštos įtampos nuolatinės srovės intarpuose (angl. *HVDC back-to-back stations*). Kartu su skaitmeninėmis technologijomis didelės galios puslaidininkiniai prietaisai naudojami ir plintančiose lanksčiose kintamos srovės perdavimo sistemose – FACTS (angl. *Flexible Alternating Current Transmission System*). Tipinės FACTS valdiklių galios jau siekia kelis šimtus MVA.

Didelės galios puslaidininkių prietaisai kol kas yra brangi priemonė, tačiau atveria naujas galimybes valdant galių srautus elektros tinkluose, taip padidinant jų pralaidumą. Daugelyje šalių vykdomi tiriamieji darbai, kaip tobulinti ir atpiginti tokius įtaisus. Kartu su didelio pajėgumo kompiuteriais ir informacinėmis technologijomis jie leidžia optimizuoti elektros sistemų darbą realiuoju laiku, padidinti jų veiksmingumą ir patikimumą. Deja, didelių investicijų reikia ne tik tyrimams, bet ir naujų mokslo pasiekimų įgyvendinimui.

Viltys dedamos ir į superlaidžių medžiagų panaudojimą elektros generavime ir perdavime. Vis dėlto, šiose srityse superlaidumas greitai perversmo nepadarys. Revoliucinius pokyčius žada superlaidumo panaudojimas energijos kaupikliuose ir energijos akumuliavimas superlaidžiuose magnetuose. Tokie kaupikliai leistų padidinti elektros tinklų pralaidumą ir elektros sistemų darbo patikimumą. Nors dar

1982 metais JAV buvo išbandyta, kad 40 cm storio kabeliu skystame helyje galima perduoti 2000 MW, superlaidumo platesnio pritaikymo dar reikės palaukti.

Nuo 2005 metų pradėti darbai kuriant Europos technologijų „*Sumanių elektros tinklų*“ platformą (*Smart Grids*). Kaip skelbiama Europos Komisijos leidinyje *European SmartGrids Technology Platform*, „*Sumanių elektros tinklų*“ misija yra sukurti bendrą viziją, kuri leistų Europos elektros tinklams atitikti XXI amžiaus iššūkius, galimybes ir visuomenės lūkesčius, sustiprinti Europos verslo padėtį elektros sektoriuje ir išplėsti tarptautines galimybes. Ateities energetikos sistemų veikla galėtų būti padalinta tarp centralizuotos ir paskirstytos (išskaidytos) elektros gamybos.

Paskirstytos elektros gamybos elektrinės yra nedidelės galios, jos yra jungiamos prie skirstomųjų elektros tinklų. Tokių elektrinių gamybos energetikos sistemos valdymo centras nevaldo, bet kontroliuoja, kadangi paskirstyta elektros gamyba sumažina skirstomųjų elektros tinklų pareikalaujamą apkrovą. Paskirstytos generacijos valdymas galėtų būti vykdomas mikrotinklų ar virtualių elektrinių. Tai leistų elektrinėms integruotis ir į fizinės sistemas, ir į rinką. Šių dalykų tikimasi pasiekti plėtojant paskirstytą įvairių technologijų elektros gamybą skirstomuosiuose elektros tinkluose.

Paskirstyta elektros gamyba (arba mažos elektrinės) nėra alternatyva tradicinėms energetikos sistemoms, o tik jų papildymas, skirtas padidinti apsirūpinimo elektra patikimumą. Tokios gamybos platesnis paplitimas keis kai kurias elektros sistemų savybes. Tai reikia tinkamai įvertinti tiek plėtojant, tiek ir valdant ateities energetikos sistemas.

5. JUNG TINĖS ENERGETIKOS SISTEMOS EUROPOJE

Daugiau kaip pusės amžiaus patirtis rodo, kad viena iš sėkmingos energetikos sistemų veiklos sąlygų yra jų kooperavimas. Vakarų Europos ir Centrinės Europos šalių energetikos sistemos yra susijungusios į didelį susivienijimą UCTE (angl. *Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity*) – Elektros perdavimo koordinavimo sąjungą. Šiaurės šalių – Danijos, Norvegijos, Suomijos ir Švedijos elektros sistemos yra susijungusios į NORDEL. NVS ir Baltijos šalių energetikos sistemos po Sovietų Sąjungos žlugimo liko sujungtos į sistemą IPS/UPS (angl. *Interconnected Power System/Unified Power System*), vadinamą NVS ir Baltijos šalių energetikos sistema. Didžiosios Britanijos energetikos sistemos susijungusios į UKTSOA – Jungtinės Karalystės perdavimo sistemų operatorių asociaciją (*United Kingdom TSO Association*), o Airijos ir Šiaurės Airijos – į sistemą ATSOI.

Šie dideli energetikos susivienijimai yra jungtinės energetikos sistemos, kuriose elektrinės veikia sinchroniškai. Jos tarpusavyje susijungusios ir asinchroniškai – per nuolatinės srovės intarpus – keitiklius iš kintamos į nuolatinę ir iš nuolatinės į kintamą srovę (angl. *back-to-back* keitiklius). Asinchroninis ryšis reiškia, kad nors abiejose jungtinėse sistemose yra beveik toks pat 50 Hz dažnis, tačiau jis skirtingose sistemose gali kisti ne taip pat.

Kuriami planai sinchroniniam darbui sujungti UCTE ir IPS/UPS sistemas, taip sukurti sinchroniškai veikiantį energetikos sistemų susivienijimą nuo Lisabonos iki Vladivostoko. Europos Sąjungos UCTE ir IPS/UPS sujungimo sinchroniniam darbui tikslas – sukurti didelę elektros rinką ir veiksmingai panaudoti tokios didelės teritorijos energijos išteklius. Toliau skaitytojui pateikiama trumpa informacija apie Europos jungtines energetikos sistemas su kuriomis Lietuvos energetikos sistema kooperuojasi ir planuoja šį bendradarbiavimą ateityje plėsti.

Kartu su energetikos sistemų susijungimu elektros linijomis kūrėsi ir energetikos kompanijų organizacijos energetikos sistemų veiklai koordinuoti. 1999 metais, siekiant harmonizuoti elektros rinkų kūrimą Europos Sąjungoje, UCTE, Nordel, ATSOI ir UKTSOA įkūrė Europos perdavimo sistemos operatorių asociaciją ETSO (angl. *European Transmission System Operators*), kuri 2001 metais tapo tarptautine asociacija, jungiančia 15-os Europos Sąjungos valstybių ir Šveicarijos bei Norvegijos 32-iejų perdavimo sistemų operatorių kompanijas.

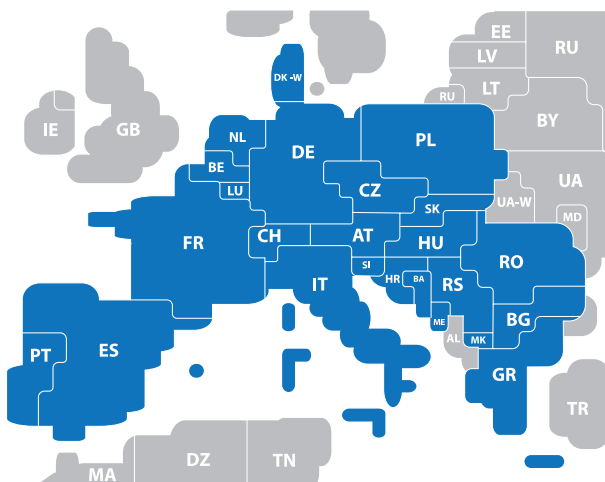
5.1 UCTE

UCTE pradžia buvo 1951 metai, kai 7 šalių (Austrijos, Belgijos, Italijos, Nyderlandų, Liuksemburgo ir Vokietijos Federacinės Respublikos) energetikos kompanijos įkūrė elektros gamybos ir perdavimo koordinavimo sąjungą – UCPTE (angl. *Union for the Co-ordination of Production and Transport of Electricity*). Kai kas Vakaruose laikosi nuomonės, kad UCPTE sukūrimas buvo svarbus žingsnis Europos Sąjungos atsiradimui.

1987 metais UCPTE narėmis tapo Ispanijos, Portugalijos, Jugoslavijos, Graikijos elektros energetikos bendrovės. 1995 metais sinchroniniam darbui prisijungė Lenkijos, Vengrijos, Čekijos ir Slovakijos bendrovės, bet narėmis jos tapo tik po 2000 metų. 1996 metais prisijungė Rumunijos ir Bulgarijos energetikos sistemos.

Kaip žinoma, paskutinįjį praėjusio šimtmečio dešimtmetį, Europoje kuriant sąlygas elektros rinkos atsiradimui, energetikos kompanijos, kurioms priklausė elektrinės, elektros tinklai ir elektros tiekimas, buvo išskaidytos į elektros gamybos, elektros perdavimo, elektros skirstymo ir elektros prekybos bendroves.

Taip buvo išskaidytos ir UCPTE narės, todėl 1999 metais iš UCPTE pavadinimo dingo „P“. Organizacija virto UCTE – elektros perdavimo sistemų operatorių (PSO) asociacija (angl. *Union for the Co-ordination of Transport of Electricity*). Nuo 2001 metų UCTE įgavo tarptautinės asociacijos, registruotos Belgijoje, statusą. Elektros gamybos ir elektros skirstymo bendrovės, nors jos irgi yra svarbios energetikos sistemos sudedamosios dalys, nėra UCTE narės. UCTE nariais gali būti tik tie PSO, kurių elektros perdavimo sistemos yra sujungtos sinchroniniam darbui.



5.1 pav. UCTE narių energetikos sistemų sinchroninė zona

2007 metais UCTE sudarė 29 PSO iš 24 valstybių (5.1 pav.). Nuo 1987 metų sinchroniškai su UCTE veikia Albanijos, o nuo 1997 metų – ir Šiaurės Afrikos – MAGHREB (Maroko, Alžyro ir Tuniso) energetikos sistemos, bet tų šalių energetikos bendrovės nėra UCTE narės.

UCTE yra viena galingiausių pasaulyje jungtinė energetikos sistema (5.1 lentelė). Ji susikūrė kintamos srovės linijomis savanoriškai sujungiant savarankiškas energetikos sistemas (bendroves). Pagrindinė sujungimo sąlyga – sujungimas turi pagerinti energetikos sistemų veikimą. Tai gali būti įgyvendinta, kai yra tenkinamos *valdomos srities* sąlygos.

2007 metais Lietuvos Nacionalinėje energetikos strategijoje iškeltas uždavinys – prisijungti prie UCTE. Tai galima padaryti tik sujungus Lietuvos ir Lenkijos elektros perdavimo tinklus, kadangi Lenkija jau yra UCTE narė. Elektros perdavimo tinklų sujungimas padidina apsirūpinimo elektra patikimumą, padidina elektros rinką ir ją padaro veiksmingesnę, taip pat atveria galimybę energetikos sistemoje įrengti didesnės galios ir ekonomiškesnius elektrinių blokus. Visa tai žada reikšmingą ekonominį efektą ir atitinka Europos Sąjungos integracijos bei bendros Europos elektros rinkos kūrimo tikslus.

5.2 NVS ir Baltijos šalių energetikos sistema

Lietuvos, kaip ir Latvijos bei Estijos energetikos sistemos yra dalis buvusios Sovietų Sąjungos jungtinės energetikos sistemos. Nuo 2001 metų ji vadinama NVS ir Baltijos šalių energetikos sistema (o ne Rusijos) arba sutrumpintai **IPS/UPS** (angl. *Interconnected Power System/Unified Power System*).

5.1 lentelė. Svarbiausių Europos ir Baltijos energetikos sistemų susivienijimų duomenys, 2006

Parametras	UCTE	IPS/UPS	NORDEL	BALTSO
Įrengta galia, GW	630	335	94	10
Didžiausia apkrova, GW	359	180	68	5
Metinė elektros gamyba, TWh	2500	1200	405	26
Standartinis dažnis, Hz	50	50	50	50
Priimtinas dažnio nuokrypis, mHz	±50	±50	±100	±50
Leistinas dažnio nuokrypis, mHz	±180	±200	±500	±200
Leistinas elektrinio laiko nuokrypis, s	±30	±30	±30	±30
Teritorija, valstybių skaičius	24	14	4	3
Gyventojų skaičius, mln.	450	280	25	8



5.2 pav. NVS ir Baltijos šalių energetikos sistemos sinchroninė zona

IPS/UPS apima 14 valstybių teritoriją (5.2 pav.). Į IPS/UPS sudėtį įeina buvusių Sovietų Sąjungos respublikų energetikos sistemos (be Armėnijos ir Turkmenistano energetikos sistemų, kurios yra prisijungusios prie Irano energetikos sistemos), taip pat Mongolijos energetikos sistema. UPS/IPS nėra energetikos bendrovių asociacija – Baltijos šalių energetikos sistemos prijungtos prie NVS energetikos sistemos paveldėtomis devyniomis 330 kV elektros linijomis, bet ne sutartimis. NVS energetikos sistemų reikalus sprendžia NVS Elektros energetikos taryba. Baltijos šalių bendrovės jai nepriklauso.

IPS/UPS jungtinė energetikos sistema buvo kuriama skirtingai nei UCTE. UCTE kūrėsi susijungiant savarankiškai veikusioms energetikos sistemoms. IPS/UPS buvusi Sovietų Sąjungoje buvo kuriama kaip viena bendra energetikos sistema, galima sakyti – kaip viena labai didelė valdoma sritis. Kai energetikos sistemoje galimas laisvas galių srautų pasiskirstymas, didelėje energetikos sistemoje centralizuotas dažnio reguliavimas yra paprastesnis ir pigesnis nei decentralizuotas. Dažnis visoje IPS/UPS istoriškai yra reguliuojamas centralizuotai, jį užtikrina Rusijos elektrinių dažnio regulatoriai, kurių darbą koordinuoja Rusijos energetikos sistemos operatorius SO-CDU (angl. *Sistemnyj Operator-Centralnoje Dispečerskoje Upravljenije*) – Jungtinės energetikos sistemos operatorius.

2008 metais buvo baigta trejus metus trukusi tarptautinė studija (angl. *Feasibility Study: Synchronous Interconnection of the Power Systems of IPS/UPS with UCTE*), kurios tikslas buvo ištirti IPS/UPS ir UCTE sinchroninio sujungimo techninius, organizacinius ir teisinius aspektus. Tyrimuose dalyvavo apie 100 ekspertų iš 11 UCTE PSO bendrovių ir iš 8 NVS ir Baltijos šalių jungtinės energetikos sistemos PSO bendrovių (taip pat ir iš Baltijos šalių). Pagrindinė studijos išvada – UCTE ir IPS/UPS sinchroninis sujungimas yra galimas, bet tai sudėtingas ir daug metų trunkantis projektas. Nekeliant grėsmės jungtinių sistemų patikimam veikimui,

tikslinga tas dideles jungtines sistemas pradėti jungti asinchroniškai – per nuolatinės srovės tarpus ir taip sukurti galimybę plėtoti elektros rinką bei gauti jos teikiamą naudą.

5.3 Nordel

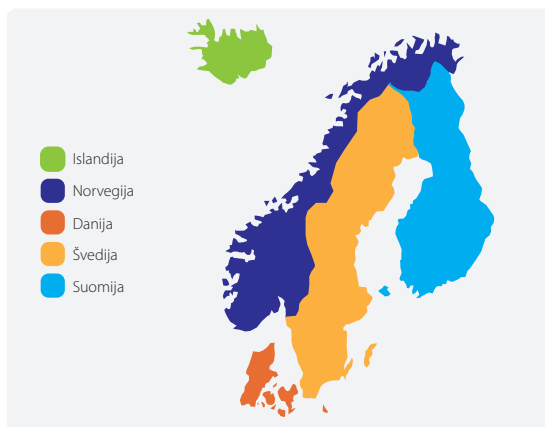
Nordel vadinama Skandinavijos šalių jungtinė energetikos sistema. Ji susikūrė 1963 metais kaip Skandinavijos šalių (Danijos, Islandijos, Norvegijos, Suomijos ir Švedijos) elektros energetikų asociacija, kurios tikslas – teikti siūlymus ir rekomendacijas, skatinančias tarptautinį bendradarbiavimą ir plėtrą Skandinavijos šalių elektros energetikoje (5.3 pav.).

Skandinavijos šalys pirmosios Europoje pradėjo kurti regioninę elektros rinką, todėl energetikos kompanijos buvo restruktūrizuotos. Nuo 1998 metų *Nordel* tapo Skandinavijos šalių perdavimo sistemų operatorių bendradarbiavimo organizacija. Skirtingai nei UCTE, ji nėra juridinis asmuo. *Nordel* yra Skandinavijos šalių energetikos kompanijų, kurių įrenginiai dalyvauja energetikos sistemų darbe, techninės kooperacijos ir koordinavimo techninis forumas. *Nordel* forume aukščiausias organas yra metinis susirinkimas, kurį sudaro *Nordel* perdavimo sistemų operatorių vadovai ir atstovai iš kitų Skandinavijos energetikos sistemų bendrovių. Perdavimo sistemų operatoriams *Nordel* valdyboje tenka pirmininkavimas ir pusė balsų. Pirmininkavimas kas treji metai perduodamas vis kitos šalies perdavimo sistemos operatoriui.

Po vieną atstovą į *Nordel* valdybą deleguoja perdavimo sistemų operatoriai, dar du – kitų bendrovių atstovai. Didžiausią *Nordel* darbą atlieką jo komitetai ir darbo grupės, kurios sudaromos iš bendrovių specialistų.

Jungtinė energetikos sistema *Nordel* sinchroniniam darbui apjungia Norvegijos, Rytų Danijos, Suomijos ir Švedijos elektros tinklus. Vakarų Danijos elektrinės sinchroniniam darbui yra sujungtos su UCTE (Vokietija), o su Norvegija ir Švedija – nuolatinės srovės kabeliais.

Nuolatinės srovės kabeliais *Nordel* energetikos sistema yra sujungta ir su kaimyninių šalių energetikos sistemomis: Norve-



5.3 pav. *Nordel* teritorija

gija–Olandija, Švedija–Vokietija, Švedija–Lenkija, Rytų Danija–Vokietija, Suomija–Estija. Taip pat veikia nuolatinės srovės intarpas Suomija–Rusija. *Nordel* ateities planuose yra nuolatinės srovės kabelis Švedija–Lietuva ir dar vienas kabelis Suomija–Estija. Reikia pabrėžti, kad šiuose planuose yra ir nuolatinės, ne kintamos, srovės kabelis *Great Belt* tarp Rytų ir Vakarų Danijos elektros tinklų bei nuolatinės srovės aukštos įtampos linija Švedijoje.

5.4 BALTSO

Atkūrus nepriklausomybę, Baltijos šalių Vyriausybių įgalioti energetikos ministrai 1992 metais sausio 8 dieną pasirašė sutartį dėl Estijos, Latvijos ir Lietuvos energetikos sistemų lygiagretaus darbo. Tais pačiais metais Lietuvos, Latvijos ir Estijos energetikos bendrovės Baltijos energetikos sistemų darbo koordinavimui įkūrė Baltijos energetikos sistemos dispečerinį centrą UAB „*DC Baltija*“ Rygoje. Buvo pasirašyta daugiašalė sutartis tarp Baltijos energetikos sistemų ir „*DC Baltija*“ dėl energetikos sistemų lygiagretaus darbo. Iki 1999 metų „*DC Baltija*“ ne tik koordinavo energetikos sistemų lygiagretų darbą, bet ir atstovavo Baltijos energetikos sistemas santykiuose su Rusija ir Baltarusija.

1999 metais Vilniuje *Eesti Energia*, *Latvenergo*, *Belenergo* ir *RAO JES Rossii* vadovai pasirašė susitarimą dėl energetikos sistemų lygiagretaus darbo, prie kurio 2001 metais prisijungė ir AB „*Lietuvos energija*“. Tuo susitarimu buvo padėtas pagrindas perėjimui prie lygiateisių santykių tarp penkių energetikos bendrovių ir komiteto BRELL (Baltarusija, Rusija, Estija, Latvija, Lietuva) atsiradimui. BRELL darbo grupės sprendžia energetikos sistemų lygiagretaus darbo problemas taip, kad jų sprendimai atitiktų Europos Sąjungos nuostatas.

Nuo 2007 metų, po *RAO JES Rossii* reformų, Baltijos šalių energetikos kompanijų santykiai su NVS Šiaurės–Vakarų jungtine energetikos sistema dėl energetikos sistemų lygiagretaus darbo yra grindžiami susitarimu ne su *RAO JES Rossii*, kurios nebėra, bet su Rusijos bendrovėmis „Federacinė tinklų kompanija“ (rus. *Federalnaja sietievaja kompanija*, FSK), SO-CDU bei Baltarusijos koncernu *Belenergo*.

2005 metais trijų Baltijos šalių elektros perdavimo sistemų kompanijos AB „*Lietuvos energija*“, AS „*Augstsprieguma Tīkls*“ (Latvijos PSO) ir OÜ „*Põhivõrk*“ (Estijos PSO) tapo Europos perdavimo sistemų operatorių asociacijos ETSO narėmis ir savo veikloje vadovaujasi ETSO principais. ETSO priklauso ir UCTE, ir *Nordel* perdavimo sistemų operatoriai.

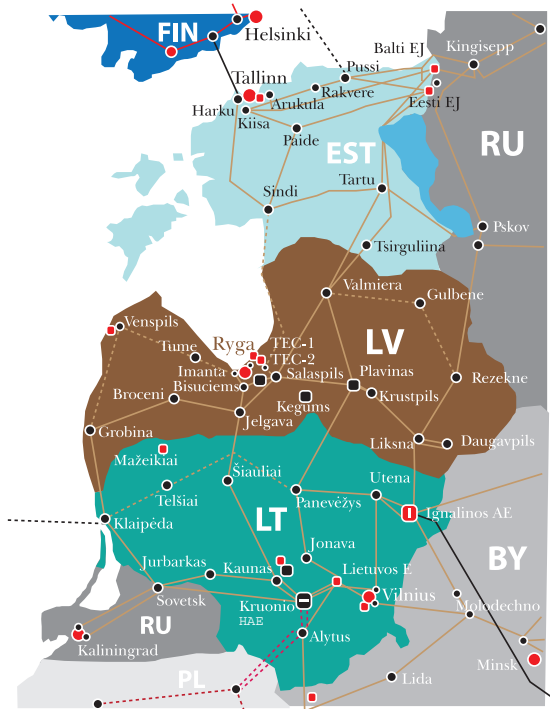
Siekdamos palankesnių sąlygų bendros elektros rinkos kūrimui, 2006 metais AB „*Lietuvos energija*“, AS „*Augstsprieguma Tīkls*“ ir OÜ „*Põhivõrk*“ įkūrė Baltijos perdavimo sistemų operatorių organizaciją BALTSO, panašią į *Nordel*.

BALTSO tikslai:

- kurti ir palaikyti sąlygas, būtinas patikimam Estijos, Latvijos ir Lietuvos energetikos sistemų darbui;
- koordinuoti ir planuoti Baltijos perdavimo sistemos vystymąsi;
- užtikrinti efektyvų, koordinuotą ir saugų Estijos, Latvijos ir Lietuvos elektros tinklų funkcionavimą;
- vystyti Baltijos šalių energetikos bendrovių bendradarbiavimą su kitų šalių energetikos įmonėmis.

Įkūrus BALTSO ir turint šiuolaikines telekomunikacijų ir informacines sistemas, atsirado galimybė „DC Baltija“ funkcijas pasidalinti tarp Baltijos šalių perdavimo sistemų operatorių: AB „Lietuvos energija“, „Latvenergo“ dukterinės bendrovės „Augstsprieguma Tīkls“ ir „Eesti Energia“ dukterinės bendrovės „Põhivõrk“. Todėl nuo 2007 metų gruodžio 1 dienos „DC Baltija“ veikla buvo nutraukta. Baltijos energetikos sistemos valdymas tapo decentralizuotas – paskirstytas tarp perdavimo sistemų operatorių. Panašus valdymas vykdomas ir Skandinavijos šalių sistemoje *Nordel*.

2007 metų birželio 11 dieną Lietuvos, Latvijos ir Estijos ministrai pirmininkai pasirašė komunikatą, kuriuo įpareigojo Estijos, Latvijos ir Lietuvos perdavimo sistemų operatorius atlikti Baltijos energetikos sistemų sujungimo su UCTE galimybių studiją. Kadangi tai galima padaryti tik vienu būdu – sujungiant Lietuvos ir Lenkijos elektros tinklus, Baltijos šalių PSO AB „Lietuvos energija“, AS „Augstsprieguma Tīkls“, OÜ „Põhivõrk“ ir Lenkijos PSO „PSE-Operator“ S. A 2007 metais spalio 30 dieną pasirašė bendradarbiavimo susitarimą dėl Baltijos energetikos sistemos susijungimo sinchroniniam darbui su UCTE galimybių tyrimo. Darbo grupė galimybių



5.4 pav. Baltijos energetikos sistema

studijai parengti buvo sudaryta iš visų keturių bendrovių specialistų. Studijos tikslas – atsakyti, ar įmanoma Baltijos energetikos sistemą prijungti sinchroniniam darbui su UCTE, kokios priemonės tam turi būti įgyvendintos ir kokių reikėtų investicijų. Baltijos energetikos sistemos prisijungimo prie UCTE nusistovėjusių režimų tyrimai parodė, kad esamų Lenkijos ir Lietuvos elektros tinklų pralaidumas nėra pakankamas patikimam sinchroniniam Baltijos energetikos sistemos darbui su UCTE.

Studijoje sinchroninį prisijungimą prie UCTE numatoma įgyvendinti keliais etapais. Pirmas prisijungimo etapas būtų asinchroninis (per nuolatinės srovės tarpą) Lietuvos ir Lenkijos elektros tinklų sujungimas. Jis galėtų būti įgyvendintas apie 2015 metus. Galios srautų mainų valdymui asinchroninį ryšį gali būti tikslinga išsaugoti ir sudarius sąlygas sinchroniniam darbui.

Tiek gerinant apsirūpinimo elektra patikimumą, tiek ir didinant Baltijos elektros rinką, svarbiausia yra turėti daugiau elektros ryšių – nesvarbu, sinchroninių ar asinchroninių – su kaimyninėmis energetikos sistemomis.

5.5 ENTSO-E

Vienas iš svarbiausių Europos Sąjungos energetikos politikos strateginių tikslų yra bendros konkurencinės Europos elektros rinkos sukūrimas. Elektra, kaip skaitytojas galėjo suprasti, yra specifinė prekė, todėl jos rinkos sukūrimas priklauso nuo daugelio techninių elektros sistemų dalykų. Reikia ne tik bendrų elektros prekybos taisyklių, bet ir suderintų energetikos sistemų, sujungtų kintamos ar nuolatinės srovės elektros linijomis, bendros perdavimo sistemų operatorių veiklos.

2008 metais Prahoje 36-ųjų Europos PSO vadovai iš 31 valstybės pasirašė deklaraciją dėl naujos Europos elektros perdavimo sistemų operatorių asociacijos ENTSO-E (*European Network of Transmission System Operators for Electricity*) sukūrimo. ENTSO-E tikslas – harmonizuoti PSO veiklą kuriant bendrą Europos elektros rinką ir pakeisti ETSO. PSO vadovai sutarė siūlyti esamų PSO organizacijų (ETSO, UCTE, Nordel, BALTSO, UKTSOA ir ATSOI) vadovams pradėti procedūras, kad jų veikla būtų perduota naujai asociacijai.

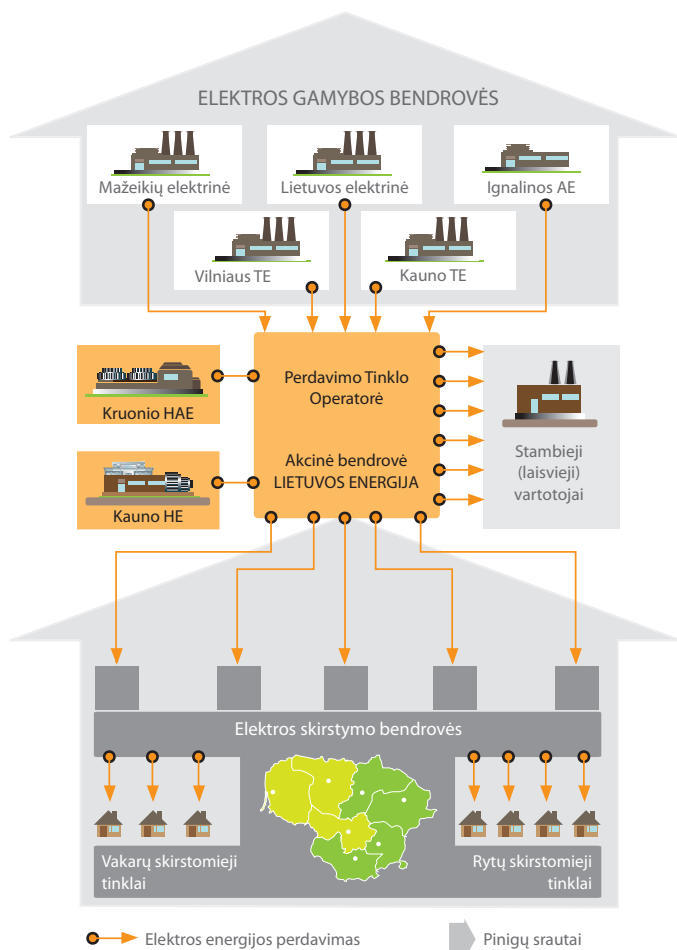
2008 metų gruodį ENTSO-E buvo įkurta, o nuo 2009 metų liepos mėnesio ETSO, UCTE, Nordel, BALTSO, UKTSOA ir ATSOI organizacijos savo veiklą nutraukė. Jų funkcijas perėmė ENTSO-E. 2009 metais ENTSO-E nariais buvo 42 PSO iš 34 valstybių, o teritorija apėmė 5 sinchronines zonas ir tris Baltijos valstybes.

Tai naujas žingsnis siekiant glaudesnio energetikos sistemų bendradarbiavimo organizavimo, kuriant vieną bendrą Europos elektros rinką. Žinoma, energetikos sistemų veikimo fiziniai dėsniai lieka tie patys.

6. LIETUVOS ENERGETIKOS SISTEMA

Ar Lietuvos skaitytojo namuose yra elektra, didelė dalimi priklauso nuo Lietuvos energetikos sistemos. Tikriausiai, trumpos žinios apie ją skaitytojui yra reikalingos.

Po elektros ūkio reorganizavimo dabartinės Lietuvos energetikos sistemos objektai priklauso keletui bendrovių. Jų darbą koordinuoja AB „Lietuvos energija“, kuri atlieka perdavimo sistemos operatoriaus funkcijas ir administruoja Lietuvos elektros rinką.



6.1 pav. Lietuvos energetikos sistemos struktūrinė schema

6.1 Lietuvos elektrinės

Energetikos sistemos savybes didžiąją dalimi lemia elektrinės. Lietuvos svarbiausios elektrinės pastatytos sovietmečiu ir buvo skirtos tenkinti ne tik Lietuvos, bet ir regiono (Latvijos, Baltarusijos, Kaliningrado srities) reikmes.

Pagrindinės elektrinės Lietuvos energetikos sistemoje yra Ignalinos AE, Lietuvos elektrinė bei Vilniaus, Kauno ir Mažeikių termofikacinės elektrinės. Termofikacinės elektrinės veiksmingai išnaudoja kurą – jos tiekia ne tik elektrą, bet ir šilumą. Jų elektros gamyba priklauso nuo šilumos paklausos, kuri neatitinka elektros paklausos kitimo. Todėl energetikos sistemos patikimam darbui ir galių balanso Lietuvos energetikos sistemoje užtikrinimui yra svarbi Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė (HAE) ir Kauno hidroelektrinė (HE), kurių generuojamą galią galima greitai keisti. Lietuvos elektrinėse įrengtų galių kaita ir jų elektros gamybos raida pateikta 6.1 ir 6.2 lentelėse.

Lietuvoje taip pat veikia įvairioms įmonėms priklausančios elektrinės, kurių suminė įrengta galia 2008 metais buvo 110 MW. Šios elektrinės tiekia elektrą ir šilumą įmonių reikmėms, o kai kurios elektros perteklių perduoda į elektros perdavimo tinklus. Didžiausios tokios elektrinės veikia AB „Lifosa“ (31 MW) ir AB „Achema“ (21 MW). 2007 metų pabaigoje pradėjo veikti modernus 35 MW dujų ir garo blokas Panevėžio termofikacinėje elektrinėje, kuri priklauso AB „Panevėžio energija“. Toliau – trumpa informacija apie pagrindines Lietuvos elektrines.

6.1 lentelė. Lietuvos elektrinėse įrengtų galių (MW) kaita 1990–2008 metais

Elektrinės	1990 m.	2000 m.	2005 m.	2008 m.
Ignalinos atominė elektrinė	3000	2600	1300	1300
Lietuvos elektrinė	1800	1800	1800	1800
Vilniaus termofikacinė elektrinė TE-3	360	360	360	360
Mažeikių termofikacinė elektrinė	210	194	160	160
Kauno termofikacinė elektrinė	170	170	170	170
Kauno hidroelektrinė	101	101	101	101
Kruonio HAE	–	800	900	900
Vilniaus termofikacinė elektrinė TE-2	24	24	24	24
Petrašiūnų termofikacinė elektrinė	20	8	8	8
Klaipėdos termofikacinė elektrinė	11	11	11	11
Pramonės įmonių elektrinės	76	76	103	110
Mažosios hidroelektrinės	16	13	19	26
Vėjo elektrinės	–	–	–	52
Biokuro elektrinės	–	–	–	7
Iš viso:	5788	6157	4956	5029
Didžiausia apkrova (Lietuvos vartotojų)	3068	1779	1918	1930

6.2 lentelė. Elektros energijos balansų raida Lietuvoje (TWh)

	1991	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008
Elektros gamyba iš viso:	29,35	13,88	11,41	19,27	14,78	12,46	14,00	13,88
Ignalinos atominė elektrinė	17,00	11,82	8,42	15,1	10,34	8,65	9,83	9,89
Lietuvos elektrinė	8,75	0,55	0,71	0,74	1,07	0,99	0,96	0,88
Vilniaus termofikacinė elektrinė	1,74	0,22	0,91	0,21	1,25	0,70	0,69	0,66
Kauno termofikacinė elektrinė	0,77	0,01	0,30	0,69	0,69	0,66	0,71	0,71
Mažeikių termofikacinė elektrinė	0,61	0,47	0,30	0,18	0,16	0,20	0,24	0,16
Klaipėdos termofikacinė elektrinė	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02
Kauno hidroelektrinė	0,33	0,36	0,31	0,36	0,38	0,34	0,32	0,33
Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė (HAE)	–	0,38	0,30	0,52	0,37	0,41	0,54	0,58
Mažosios hidroelektrinės	0,01	0,01	0,03	0,07	0,07	0,06	0,10	0,07
Kitos elektrinės	0,11	0,04	0,10	0,37	0,42	0,43	0,58	0,58
<i>Elektrinių savosios reikmės</i>	<i>2,21</i>	<i>1,42</i>	<i>1,37</i>	<i>1,54</i>	<i>1,17</i>	<i>1,09</i>	<i>1,14</i>	<i>1,15</i>
Pateikta į elektros tinklus	27,14	12,46	10,04	17,73	13,61	11,37	12,86	12,73
<i>Kruonio HAE užkovimas</i>	<i>–</i>	<i>0,54</i>	<i>0,64</i>	<i>0,92</i>	<i>0,75</i>	<i>0,54</i>	<i>0,76</i>	<i>0,82</i>
Eksportas – Importas	12,75	2,89	1,34	7,19	2,96	0,44	1,37	0,95
Suvartojimas šalyje	14,39	9,25	8,26	9,79	10,10	10,35	10,73	10,96
<i>Technologinės sąnaudos elektros tinkluose</i>	<i>1,71</i>	<i>2,45</i>	<i>1,35</i>	<i>1,34</i>	<i>1,29</i>	<i>1,15</i>	<i>1,18</i>	<i>1,08</i>
Pateikta vartotojams iš viso:	12,68	6,80	6,91	8,45	8,82	9,20	9,55	9,88
Pramonei	5,83	3,47	3,27	3,08	3,25	3,14	3,13	3,09
Gyventojams	1,84	1,49	1,77	2,15	2,18	2,39	2,50	2,75
Transportui	0,23	0,07	0,07	0,02	0,02	0,09	0,09	0,06
Žemės ūkiui	2,759	0,52	0,23	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16
Prekybai ir paslaugoms	2,20	1,24	1,57	3,04	3,22	3,42	3,67	3,82

6.1.1 Ignalinos atominė elektrinė

Ignalinos AE, pagrindinė elektros gamintoja Lietuvoje iki 2009 metų pabaigos, priklauso UAB „Ignalinos atominė elektrinė“. Jos pirmasis 1500 MW reaktorius pradėjo veikti 1983 metų gruodžio 31 dieną, o antrasis – 1987 metų rugpjūčio 31 dieną. Kiekvienas reaktorius (tipas RBMK-1500, panašus kaip ir Černobylio AE) tiekia garą dviem 750 MW turbogeneratoriams, taigi, pirminė elektrinės įrengta galia buvo 3000 MW. Buvo pradėtas statyti toks pat ir trečiasis reaktorius, tačiau 1986 metais įvykus Černobylio AE avarijai ir kilus visuomenės pasipriešinimui, 1989 metais trečiojo reaktoriaus statyba buvo nutraukta.



6.2 pav. Ignalinos atominė elektrinė

Lietuvai atgavus Nepriklausomybę ir perėmus Ignalinos AE savo žinion, jos darbo saugumo padidinimui buvo skiriama daug dėmesio. Tam reaktorių galia buvo sumažinta iki 1300 MW (elektrinės įrengta galia sumažinta iki 2600 MW).

Nepriklausomybės metais Ignalinos AE tapo viena labiausiai ekspertams ir visuomenei atvirų atominių elektrinių pasaulyje. Panaudojus Vakarų šalių techninę ir finansinę pagalbą, iš viso jos reaktorių saugos padidinimui buvo išleista per 700 milijonų litų. Tai lėmė, kad pagal daugelio tarptautinių ekspertizių išvadas Ignalinos AE reaktorių saugumas prilygsta tokio paties amžiaus reaktoriams Vakarų šalių elektrinėse.

Ignalinos AE yra prijungta prie elektros perdavimo sistemos šešiomis 330 kV elektros linijomis. Tik dvi iš jų yra Lietuvos, viena linija eina į Latviją, trys – į Baltarusiją. Viena iš pastarųjų yra pastatyta 750 kV įtampai, tačiau eksploatuojama tik 330 kV įtampa.

Ignalinos AE gamino didžiąją dalį Lietuvos elektros energijos, 1997 metais – net 80,9 procento.

Vykdam sutartį dėl Lietuvos stojimo į Europos Sąjungą, 2004 metų gruodžio 31 dieną pirmasis Ignalinos AE reaktorius sustabdytas. Pagal tą pačią sutartį 2009 metais stabdomas ir antrasis reaktorius. LR Seimo sprendimu, Ignalinos AE vietoje numatyta statyti naują atominę elektrinę, kuri taip pat bus regioninės reikšmės, o jos statyboje ketina dalyvauti ne tik Lietuvos, bet ir Latvijos, Estijos bei Lenkijos bendrovės.

6.1.2 Lietuvos elektrinė

Lietuvos elektrinė (priklauso AB „Lietuvos elektrinė“) iki Ignalinos AE veiklos pradžios 1984 metais buvo pagrindinė elektros gamintoja šalyje. Elektrinėje įrengti 4 blokai po 150 MW ir 4 blokai po 300 MW. Jos suminė įrengta galia yra 1800 MW. Pirmasis 150 MW blokas pradėjo veikti 1962 metais, o aštuntasis 300 MW blokas – 1972 metais. Visuose blokuose galima deginti dujas ir mazutą, o kai kuriuose – ir orimulsiją. Lietuvos elektrinė prie elektros perdavimo tinklo prijungta šešiomis 330 kV elektros linijomis.

Kol veikia Ignalinos AE, Lietuvos elektrinė yra jos rezervas. Lietuvos elektrinė didžiąją laiko dalį veikia minimalia galia (apie 60–70 MW). Tokia galia garantuoja reikalingą elektros tiekimą Ignalinos AE saugumui užtikrinti ir leidžia greitai padidinti elektrinės generuojamą galią, kai išjungiamas Ignalinos AE generatorius ar reaktoriai.

Po 2009 metų, kol bus pastatyta nauja AE, Lietuvos elektrinė turėtų pakeisti sustabdytą Ignalinos AE. Todėl Lietuvos elektrinėje pastatyti nauji dūmų valymo įrenginiai, esamų blokų valdymas modernizuojamas, pritaikomas automatiniam generavimo valdymui. Be to, planuojama pirmus senus blokus pakeisti naujais kombinuoto ciklo (dujų ir garo) blokais, kurių veiksmingumas yra didesnis. Pirmojo tokio 420 MW bloko statyba pradėta 2009 metais.



6.3 pav. Lietuvos elektrinė

6.1.3 Vilniaus termofikacinė elektrinė

Vilniaus termofikacinė elektrinė, kuri priklauso AB „Vilniaus energija“, sudaro dvi elektrinės – TE-2 (du blokai po 12 MW) ir TE-3 (du blokai po 180 MW). Jų suminė įrengta galia yra 384 MW.

TE-2 veikia nuo 1951 metų. Ją, be mazuto ir dujų, galima



6.4 pav. Vilniaus termofikacinė elektrinė TE-3

kūrenti biokuru bei trupininėmis durpėmis. Elektrinė prijungta prie 110 kV ir 35 kV elektros tinklų.

TE-3 pirmasis 180 MW blokas paleistas 1984 metais, antrasis – 1986 metais. Elektrinės kuras – dujos ir mazutas. TE-3 elektrą perduoda į 110 kV elektros tinklus. Vilniaus termofikacinė elektrinė aprūpina šiluma didžiąją dalį Vilniaus miesto vartotojų.

6.1.4 Kauno termofikacinė elektrinė

Kauno termofikacinė elektrinė (įrengta galia 170 MW) priklauso UAB „Kauno termofikacinė elektrinė“. Joje nuo 1975 metų veikia 60 MW blokas, o nuo 1976 metų – 110 MW. Elektrinė kūrenama dujomis ir mazutu. Elektrinė prijungta prie 110 kV elektros tinklo. Ji yra pagrindinė šilumos tiekėja Kauno miestui.



6.5 pav. Kauno termofikacinė elektrinė

6.1.5 Mažeikių termofikacinė elektrinė

Mažeikių termofikacinė elektrinė nuo 2007 metų priklauso AB „Orlen Lietuva“. Elektrinė buvo skirta aprūpinti šiluma ir elektra Mažeikių naftos perdirbimo gamyklą, kuri dabar priklauso AB „Orlen Lietuva“. Joje veikia du blokai po 80 MW. Pirmasis elektrinės blokas pradėjo veikti 1979 metais, antrasis – 1980 metais. 1983 metais buvo pastatytas ir trečiasis (50 MW) blokas. Jis buvo kompleksiskai išbandytas, tačiau vėliau dėl techninių trūkumų ir sumažėjusios gamybos neveikė. Elektrinės kuras – mazutas. Mažeikių TE elektros gamybą lemia šilumos poreikis Mažeikių naftos perdirbimo gamykloje, tačiau ji yra svarbi užtikrinant patikimą elektros tiekimą Lietuvos šiaurės vakariniam regionui.



6.6 pav. Mažeikių termofikacinė elektrinė

6.1.6 Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė

Kruonio HAE – sudėtingas inžinierinis hidrotechninis kompleksas, turintis dvi vandens saugyklas – aukštutinį ir žemutinį baseinus. Energetikos sistemos apkrovai sumažėjus, hidroakumuliacinė elektrinė, naudodama kitų elektrinių gaminamą perteklinę elektros energiją, pumpuoja vandenį iš žemutinio vandens baseino – Kauno marių, į aukštutinį vandens baseiną – dirbtinį rezervuarą. Taip sukaupiama (akumuliuojama) potencinė vandens energija. Sistemoje padidė-



6.7 pav. Kruonio HAE bendras vaizdas

jus energijos poreikiui, hidroakumuliacinė elektrinė gamina elektros energiją – jos hidroagregatus suka iš aukštutinio baseino vamzdžiais atitekančią vandenį. Todėl hidroakumuliacinė elektrinė pagamina mažiau energijos, nei jos sunaudoja. Kruonio HAE yra 4 agregatai, kurių kiekvienas gali būti ir elektros generatorius, ir elektros variklis. Pagal pirminį projektą planuota įrengti 8 agregatus, kurių suminė galia būtų 1600 MW. Tokius planus tada lėmė Ignalinos AE blokų galia.



6.8 pav. Kruonio HAE vaizdas į reversinį kanalą

Pirmasis Kruonio HAE agregatas pradėtas eksploatuoti 1992 metais, ketvirtasis – 1998 metais. Kadangi Ignalinos AE plėtra 1989 metais buvo nutraukta, buvo užbaigti tik 4 HAE blokai. Generatoriaus režimu kiekvieno bloko galia gali siekti 225 MW, variklio – 217 MW. Tokia galia vanduo iš Kauno marių yra pumpuojamas į hidroakumuliacinės elektrinės viršutinį baseiną.

Vandens debitas turbinos režimu yra $226 \text{ m}^3/\text{s}$, siurblio režimu – $189 \text{ m}^3/\text{s}$. Viršutinio baseino plotas – 306 ha, tūris – 48 mln. m^3 , naudingas tūris – 41 mln. m^3 .

HAE agregatus galima greitai paleisti ir sustabdyti, todėl svarbi Kruonio HAE paskirtis – operatyvus galios rezervas. HAE generatoriai, jei reikia, gali būti automatiškai paleidžiami, pavyzdžiui, atsijungus Ignalinos AE generatoriui. Kruonio HAE agregatai naudojami ir reguliuoti įtampą (reaktyviąją galią), ypač mažų apkrovų metu. Kruonio HAE prie perdavimo tinklo yra prijungta trimis 330 kV elektros linijomis.

6.1.7 Kauno hidroelektrinė

Kauno HE iki 1963 metų, kai pradėjo veikti pirmasis Lietuvos elektrinės blokas, buvo galingiausia elektrinė Lietuvoje. Kauno HE pirmasis generatorius pradėjo veikti 1959 metais, ketvirtasis – 1960 metais. Elektrinė turi 4 hidrogenatorius, kurių kiekvieno galia yra 25,2 MW (įrengta galia – 100,8 MW).

Kauno HE vandens saugyklos, kuri yra ir Kruonio HAE žemutinis baseinas, plotas siekia $63,5 \text{ km}^2$. Čia telpa iki 462 mln. m^3 vandens. Per vieną turbiną prateka



6.9 pav. Kauno hidroelektrinės bendras vaizdas

iki 190 m³/s, tai yra gana daug, žinant, kad vasarą Nemuno debitas sumažėja iki 100 m³/s. Kauno HE per metus pagamina 280–440 GWh elektros.

Kauno HE yra galingiausia Lietuvos hidroelektrinė, tačiau jos pagaminama energija sudaro tik 2–3 procentus šalyje per metus pagaminamos elektros. Jėgainė yra svarbi kitais aspektais: ji saugo Kauną nuo potvynių, padeda užtikrinti elektros paklausos ir gamybos balansą Lietuvoje.

2006 metais pradėta Kauno HE rekonstrukcija, kurios tikslas – elektrinės atnaujinimas ir modernizavimas, agregatų pritaikymas automatiniam generavimo valdymui. Kauno HE pagaminama energija kompensuoja dalį energijos nuostolių (technologinių sąnaudų) perdavimo tinkluose – taip atpigina elektros perdavimas.

6.1.8 Senosios Lietuvos elektrinės

Be minėtų pagrindinių elektrinių, Lietuvoje elektros gamyboje dalyvauja ir mažesnės elektrinės. Nuo 1930 metų dar veikia Petrašiūnų elektrinė, priklausanti AB „Kauno energija“. Jos galia – 8 MW, kokia buvo ir 1930 metais. Vėliau, 1958 metais, ji buvo padidinta iki 61 MW. Petrašiūnų TE tiekia šilumą daliai Kauno šilumos vartotojų.

Nuo 1929 metų veikia Klaipėdos elektrinė (10,8 MW), priklausanti AB „Klaipėdos energija“. Jos pagrindinė paskirtis yra ne elektros gamyba, o šilumos tiekimas Klaipėdos miestui.

6.1.9 Vėjo elektrinės

Igyvendinant bendrą Europos Sąjungos energetikos politiką, Lietuvoje skatinamas atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas – statomos mažosios hidroelektrinės, vėjo ir biokuro elektrinės. Sparčiausiai yra statomos vėjo elektrinės – 2009 metais jų suminė galia pasiekė 68,3 MW, o iki 2010 metų ji, tikimasi, pasieks 200 MW. Mažųjų hidroelektrinių galia 2009 metais buvo per 26 MW, biokuro – 31 MW.

Vėjo elektrinės gamina elektrą neteršdamos aplinkos, joms nereikia importuojamo kuro. Tai visapusiškai patrauklu.

Atskiros vėjo agregato galia yra gana nedidelė (Lietuvoje didžiausia yra 3 MW). Siekiant didesnio ekonomiškumo vėjo elektrinės statomos grupėmis, vadinamomis vėjo elektrinių parkais, kurie jungiami prie elektros perdavimo tinklų. Kadangi vėjas Lietuvoje pučia nepastoviai, vėjo elektrinių generuojama galia sunkiai prognozuojamai kinta ir keičia galios srautus elektros tinkluose. Tai apsunkina perdavimo tinklų režimų valdymą. Dar daugiau problemų vėjo elektrinės kelia galių balansų užtikrinimui.

Patikimam elektros energetikos sistemos darbui užtikrinti galių balansai planuojami iš anksto pagal prognozuojamas apkrovas, elektros pirkimo–pardavimo

sutartis. Pagal tai sudaromi elektrinių darbo grafikai ir tikrinami elektros tinklų režimai. Vėjo elektrinių generuojama galia priklauso nuo vėjo stiprumo, o jis prieš savaitę ar net dieną sunkiai prognozuojamas. Dėl šios priežasties patikimam galių balansų užtikrinimui elektros sistemoje, kai joje veikia vėjo elektrinės, reikia turėti didesnę „besisukantį“ galios rezervą, kuris galėtų kompensuoti ne tik elektros sistemos apkrovos, bet ir vėjo elektrinių neprognozuojamus galios pokyčius. Kai elektros sistemoje daug hidroelektrinių, tai problemų nesudaro. Lietuvoje Kauno HE dėl aplinkosauginių reikalavimų galimybės reguliuoti galią dažnai yra ribotos, o Kruonio HAE galimybės riboja didelę jos agregatų galią. Todėl vėjo elektrinių suminę galią, nors jos ir patrauklios daugeliu požiūrių, riboja energetikos sistemos techninės sąlygos – turima reguliuojama galia elektrinėse.

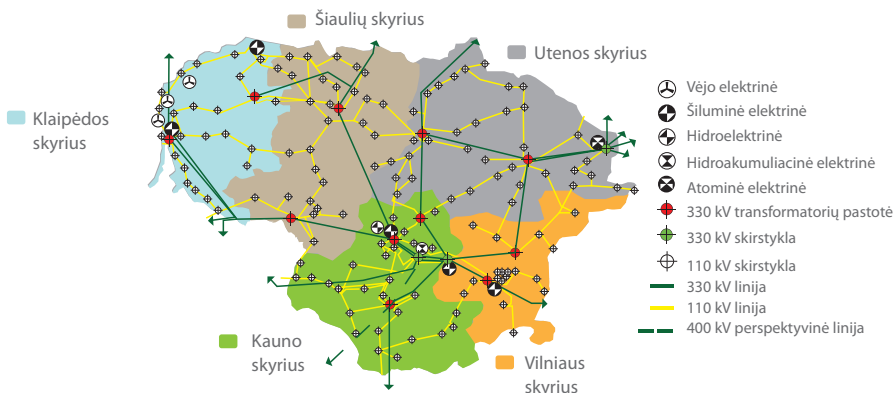
Be kaimyninių energetikos sistemų, vėjų elektrinių generuojamos galios pokyčius gali kompensuoti tik Lietuvos elektrinė, kadangi atominė elektrinė ir termofikacinės elektrinės tam netinka. Jei Lietuvoje veikia 50 MW galios vėjų elektrinių parkas, patikimą elektros sistemos veikimą galima užtikrinti, kai vėjo elektrinių generuojamos galios pokyčius gali kompensuoti Lietuvos elektrinės 150 MW blokas. Jis turi būti apkrautas 100 MW, o ne 60–70 MW, kaip paprastai. 150 MW bloko minimali leistina apkrova yra 50 MW ir tokios jo galios pakanka užtikrinti saugų Lietuvos energetikos sistemos darbą. Su vėjo elektrinėmis bloko apkrovos galią reikia padidinti, kad atsirastų galimybė jo generuojamą galią reguliuoti, t. y. iki 50 MW didinti, jei vėjas nurimsta, ir 50 MW sumažinti, jei vėjas kyla. Taigi, Lietuvos elektrinėje, kol veikia Ignalinos AE, reikės deginti dvigubai daugiau kuro, išsiskirs dvigubai daugiau anglies dvideginio.

Jei vėjo elektrinių galia bus didesnė nei 50 MW, 150 MW bloko jau nepakaks. Tokiu atveju turėtų nuolat veikti 300 MW blokas, kurio minimali galia yra 120 MW, o pastovi apkrova turės būti 120 MW plius vėjo elektrinių galia. Taigi, reikės deginti dar daugiau kuro, išsiskirs daugiau anglies dvideginio. Žinoma, šias nepageidaujamas vėjo elektrinių veikimo pasekmes gali sumažinti kaimynių energetikos sistemų pagalba, jei jos turi pakankamai reguliuojamosios galios. Deja, už ją reikia mokėti. Vis dėlto, pagal Pasaulio energetikos tarybos politika – regioninis bendradarbiavimas ir tarptautinė integracija yra veiksmingos energetikos ateities plėtros kryptis.

6.2 Lietuvos elektros perdavimo tinklai

Lietuvos elektros perdavimo tinklus sudaro 330 kV elektros tinklai (1670 km elektros linijų, 11 pastočių ir dvi elektrinių skirstyklos) ir 110 kV elektros tinklai (4973 km oro linijų, 36 km kabelių linijų ir 207 skirstyklos). Lietuvos elektros tinklai keturiomis 330 kV elektros linijomis yra sujungti su Latvijos, penkiomis – su Baltarusijos ir tri-

mis – su Rusijos Kaliningrado srities 330 kV elektros tinklais. 110 kV Lietuvos elektros tinklai taip pat turi su kaimynių šalių elektros tinklais sujungtų elektros linijų. Elektra iš perdavimo tinklų perduodama tiek į bendrojo naudojimo skirstomuosius elektros tinklus, tiek į kelių stambių elektros vartotojų skirstomuosius tinklus.

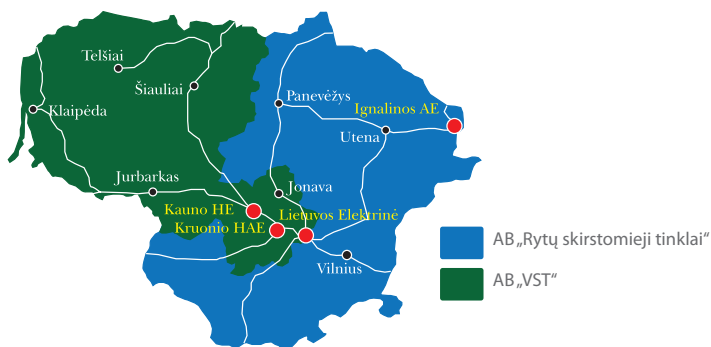


6.10 pav. Lietuvos elektros perdavimo tinklai

6.3. Lietuvos skirstomieji elektros tinklai

Bendro naudojimo Lietuvos skirstomieji elektros tinklai priklauso AB „Rytų skirstomieji tinklai“ ir AB „VST“. AB „Rytų skirstomieji tinklai“ tiekia elektrą daugiau kaip 700 tūkstančiams vartotojų rytinėje Lietuvos dalyje. Jie aptarnauja apie 34,7 tūkstančių km² teritoriją. Bendras 35-10-6-0,4 kV elektros linijų ilgis yra beveik 62 tūkstančių kilometrų.

AB „VST“ tiekia elektrą daugiau kaip 660 tūkstančių vartotojų vakarinėje Lietuvos dalyje, jų aptarnaujama teritorija siekia 30,5 tūkstančių km², o bendras visų įtampų skirstomųjų elektros linijų ilgis yra per 57 tūkstančius kilometrų.



6.11 pav. Lietuvos skirstomųjų tinklų teritorijos

6.4 Lietuvos energetikos sistemos valdymas ir AB „Lietuvos energija“

Lietuvos energetikos sistemą valdo AB „Lietuvos energija“ dispečerinis centras. Lietuvos energetikos sistemos valdymas apima energetikos sistemos darbo operatyvų planavimą, dispečerinį valdymą ir sistemos patikimo veikimo užtikrinimą.

Operatyvaus planavimo uždaviniai yra:

- energetikos sistemos galių elektros energijos balansų planavimas;
- patikimam sistemos darbui užtikrinti reikalingų visų rūšių aktyviųjų galių rezervų planavimas;
- papildomų paslaugų, reikalingų energetikos sistemos veikimui, planavimas ir užsakymas.

Dispečerinio valdymo uždaviniai yra:

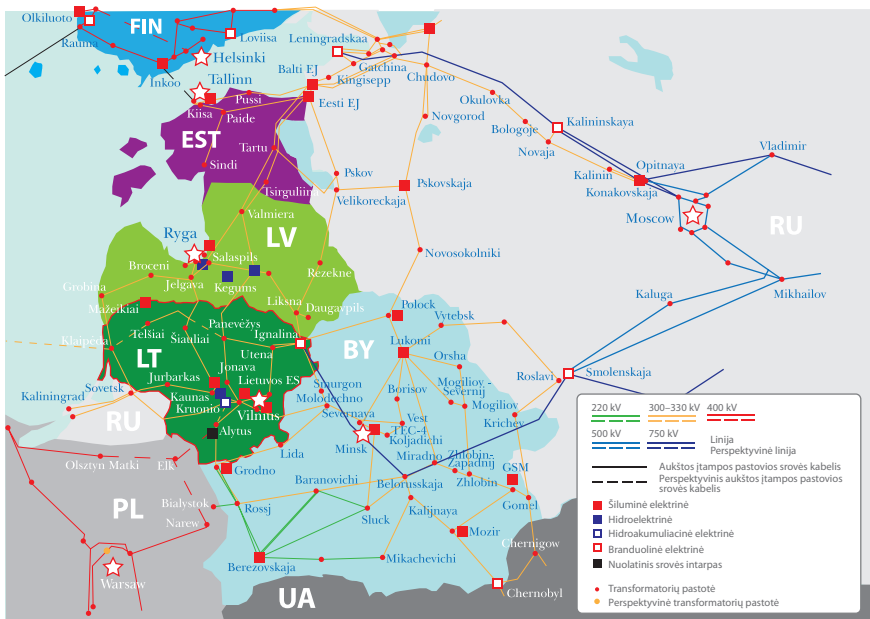
- Lietuvos energetikos sistemos elektros energijos balanso kontrolė ir valdymas, sistemos veikimo patikimumo ir stabilumo kontrolė;
- visų rūšių reikalingų galios rezervų ir papildomų paslaugų kontrolė ir valdymas;
- nuolatinis Lietuvos energetikos sistemos darbo koordinavimas su kaimyninėmis energetikos sistemomis;
- avarių prevencija ir jų likvidavimas.

Energetikos sistemos patikimumo užtikrinimo uždaviniai yra:

- perdavimo tinklo patikimumo ir stabilumo vertinimas ir planavimas;
- energetikos sistemos veikimui būtinų techninių reikalavimų nustatymas;
- dispečerinio valdymo sistemos uždavinių priežiūra ir plėtra;
- elektros perdavimo tinklo ir elektrinių duomenų ir telematavimų patikimumo kontrolė bei analizė;
- avarių prevencijos automatikos įtaisų nustatymas;
- avarių likvidavimo planų sudarymas.

Lietuvos energetikos sistema yra paveldėta didelės buvusios Sovietų Sąjungos Šiaurės-Vakarų jungtinės energetikos sistemos dalis. Jos įrenginių operatyvų valdymą ir darbą tenka koordinuoti su kaimyninių elektros perdavimo sistemų operatoriais. Patikimam energetikos sistemos darbui užtikrinti Lietuvos energetikos sistema turi veikti bendrame 330 kV, 500 kV ir 750 kV elektros tinklų žiede Lietuva–Latvija–Estija–Rusija–Baltarusija (6.12 pav.).

AB „Lietuvos energija“ vaidmuo Lietuvos energetikos sistemoje svarbus ne tik dėl jos Dispečerinio centro. Lietuvos elektrinės bendram darbui jungiantis elektros perdavimo tinklas priklauso AB „Lietuvos energija“. Jis jungia Lietuvą ir su kaimyninėmis energetikos sistemomis. Elektros paklausa Lietuvoje nuolat didėja ir didės,



6.12 pav. Elektros tinklų žiedas Lietuva-Latvija-Estija-Rusija-Baltarusija

o elektros perdavimo tinklo, kurio didžioji dalis buvo pastatyta aštuntame ir dešimtajame praėjusio amžiaus dešimtmėčiais, įrenginiai sensta. Patikimam energetikos sistemos darbui užtikrinti reikia ne tik palaikyti elektros perdavimo linijų ir pastočių techninę būklę, bet taip pat jas modernizuoti ir plėtoti. Reikia naujų elektros ryšių su kaimyninėmis Vakarų energetikos sistemomis – Lenkija ir Švedija, taip didinant apsirūpinimo elektra patikimumą, plėtojant elektros rinką. 6.12 pav. punktyrinėmis linijomis parodytos planuojamos 330 kV elektros linijos Lietuvoje ir elektros jungtys su Lenkija ir Švedija.

Kaip perdavimo sistemos operatorius, AB „Lietuvos energija“ kartu su Latvijos AS „Augstsprieguma Tīkls“ ir Estijos OÜ „Põhivõrk“ rengia ilgalaikės plėtros Baltijos elektros tinklų planus, reguliariai juos atnaušina. 2007 metais buvo baigtas rengti toks planas iki 2025 metų – „Baltic Grid 2025“. Pagal šį planą, tenkinant Lietuvos ateities elektros poreikius reikia plėtoti 330 kV elektros tinklus. Kaip numatyta Nacionalinėje energetikos strategijoje, iki 2010 metų reikia pastatyti 330 kV elektros liniją Telšiai–Klaipėda, iki 2013 metų – Panevėžys–Šiauliai (Mūša), o po 2010 metų – 330 kV elektros linija sujungti „Neries“ ir „Vilniaus“ pastotes.

AB „Lietuvos energija“, kaip elektros perdavimo sistemos operatorius, yra atsakinga už elektros rinkos funkcionavimą, kurios veiksmingumo padidinimas neįma-



6.13 pav. AB „Lietuvos energija“ dispečerinis centras

nomas be tarp sisteminių elektros ryšių plėtros. Lietuvos ir Lenkijos bei Lietuvos ir Švedijos elektros tinklų sujungimas reikalingas ne tik Lietuvos ir Baltijos elektros rinkų integracijai į bendrą Europos Sąjungos elektros rinką, bet ir apsirūpinimo elektra patikimumo padidinimui bei naujos atominės elektrinės statybai Lietuvoje. Ypač svarbus yra Lietuvos elektros tinklų sujungimas su Lenkijos elektros tinklais, nes tai yra Baltijos šalių elektros vartai į Centrinę ir Vakarų Europą. AB „Lietuvos energija“ kartu su Latvijos AS „Augstsprieguma Tīkls“ ir Estijos OÜ „Põhivõrk“ bei Lenkijos PSO „PSE-Operator“ S. A 2007 metais atliktos tokio sujungimo galimybių studijos rezultatai parodė, kad Lietuvos ir Lenkijos elektros tinklų sujungimo įgyvendinimui reikia sustiprinti ne tik Lenkijos perdavimo tinklus, bet ir pastatyti 330 kV elektros linijas Kruonio HAE–Alytus, Ignalinos AE–Kruonio HAE, sustiprinti elektros tinklus Latvijoje ir Estijoje. Taigi, Baltijos energetikos bendrovių bendradarbiavimas turi būti tęsiamas. Tik bendradarbiaujant ir kooperuojantis galima patenkinti ateities energetinius lūkesčius. Tam reikia ir visuomenės supratimo, jos paramos ir ateities matymo kelis dešimtmečius į priekį.

7. SUTRUMPINIMAI

AE – atominė elektrinė

AGV – automatinis generacijos valdymas (reguliavimas). Angliškai – AGC (*Automatic Generation Control*)

ATSOI – Airijos ir Šiaurės Airijos perdavimo sistemų operatorių asociacija/jungtinė energetikos sistema

BALTSO – Baltijos šalių perdavimo sistemų operatorių bendradarbiavimo organizacija

BRELL – Baltarusijos, Rusijos, Estijos, Latvijos ir Lietuvos energetikos sistemų lygiagretaus darbo komitetas

CHP – termofikacinės elektrinės angliškas sutrumpinimas (*Cogeneration Heat and Power*)

DC – dispečerinis centras

EVS – energijos valdymo sistema. Angliškai – EMS (*Energy Management System*)

GW – gigavatas (milijardas vatų arba milijonas kilovatų arba tūkstantis megavatų)

GWh – gigavatvalandė

HAE – hidroakumuliacinė elektrinė

HE – hidroelektrinė

Hz – hercas

IPS/UPS – NVS ir Baltijos šalių jungtinės energetikos sistemos angliško pavadinimo sutrumpinimas (*Interconnected Power System/Unified Power System*)

kWh – kilovatvalandė

kV – kilovoltas (1000 voltų)

mHz – milihercas (tūkstantoji herco)

MW – megavatas (milijonas vatų arba tūkstantis kilovatų)

NORDEL – Skandinavijos šalių jungtinė energetikos sistema/Skandinavijos šalių perdavimo sistemų operatorių bendradarbiavimo organizacija

NVS – Nepriklausomų Valstybių Sandrauga

PSO – perdavimo sistemos operatorius

SCADA – valdymo priežiūros ir duomenų surinkimo sistema (pagal anglišką pavadinimą – *Supervisory Control and Data Acquisition*)

TE – termofikacinė elektrinė

TWh – teravatvalandė (milijardas kilovatvalandžių)

TSO – perdavimo sistemos operatoriaus angliškas sutrumpinimas (*Transmission System Operator*)

UCTE – Elektros perdavimo koordinavimo sąjungos (Vakarų ir Centrinės Europos jungtinės energetikos sistemos/perdavimo sistemų operatorių asociacijos) angliško ir prancūziško pavadinimų sutrumpinimas (*Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity/ Union pour Coordination de Transport d'Électricité*)

UKTSOA – Jungtinės Karalystės perdavimo sistemų operatorių asociacijos ir jungtinės energetikos sistemos angliškas sutrumpinimas (*United Kingdom TSO Association*)

Apie elektros energetikos sistemų technologijas be formulių / Anzelmas Bačauskas. – Vilnius: AB „Lietuvos energija“, 2010. – 80 psl.

ISBN 978-609-95122-0-4

Knygelė skirta supažindinti skaitytoją su elektros energetikos sistemų technologijomis, taip pat pateikta bendra samprata kaip veikia elektros energetikos sistemos. Joje aprašyta elektros energetikos sistemų sandara, valdymo principai ir problemos, pateikta trumpa informacija apie Europos jungtines energetikos sistemas, Lietuvos energetikos sistemą, svarbiausias elektrines.

UDK 621.311.1

Iliustracijų ir fotografijų autorių teisių savininkai: UAB „Sapnų sala“ – viršelis; PSE-Operator S.A. – viršelio vidiniai psl., 3 psl.; U.S. Congress, Office of Technology Assessment – 2.1, 2.4; UAB „VRP“ – 2.6, 2.9; AB „LIETUVOS ENERGIJA“ – 3.1, 3.2, 5.2, 5.4, 6.1, 6.10, 6.11, 6.12; Fingrid – 2.14, 3.3; Eirgrid – 3.4; Anzelmas Bačauskas – 4.1; Dong Energy – 2.3, 2.8; Thomas Passler – 2.2, 2.7; Remigijus Petkus – 4.4; VĮ „Ignalinos atominė elektrinė“ – 6.2; Vytautas Suslavičius – 3.5, 6.3; Vaclovas Kisielius – 2.5, 6.4, 6.5, 6.6; Eugenijus Varnelis – 6.7; Petras Apanavičius – 2.8, 2.10, 2.12, 2.13, 4.2, 6.4, 6.9; Simonas Šorys – 4–5 psl., 2.11, 4.3, 6.8, 6.13; ENTSO-E – 2.15, 5.1; NORDEL – 5.3.

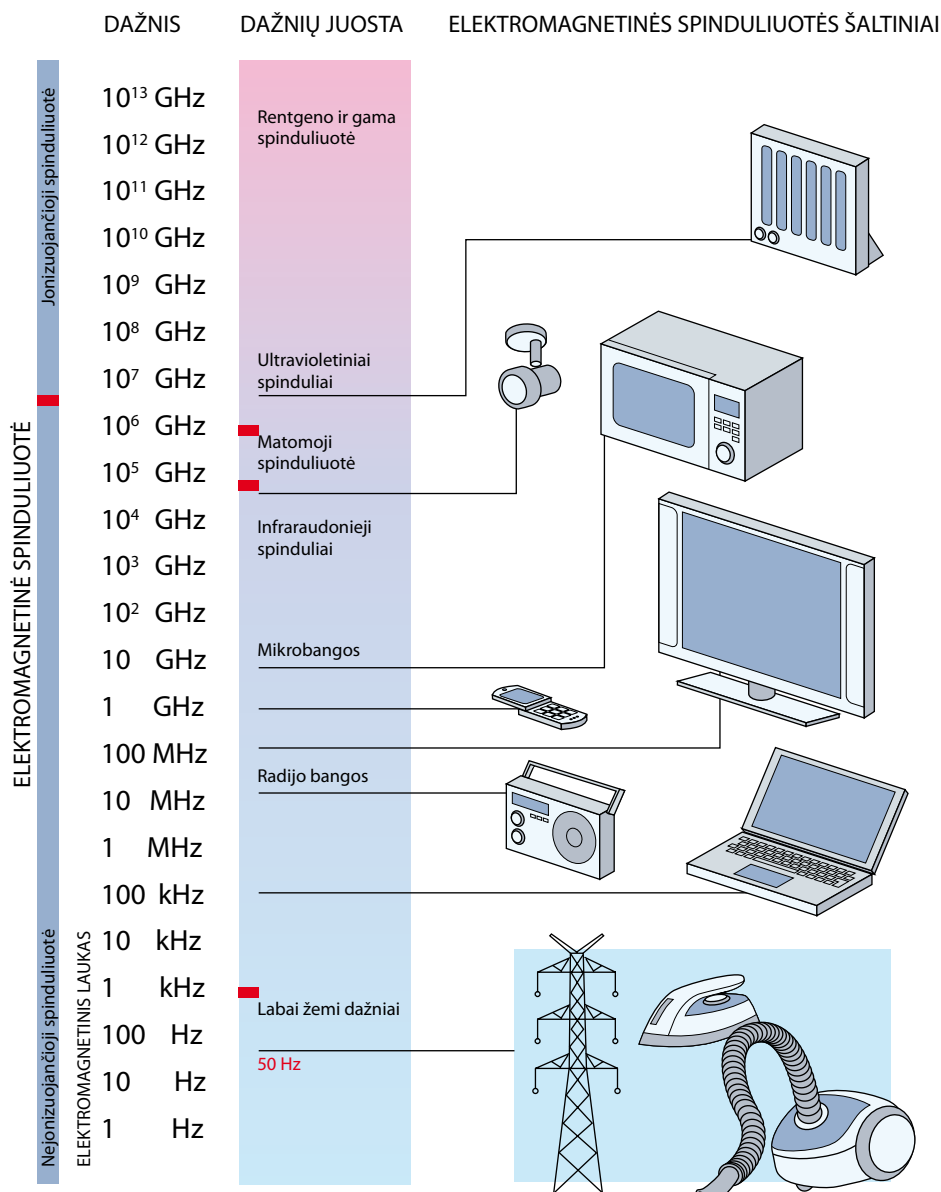
Literatūros šaltiniai: „UTCE“, „NORDEL“, „BALTSO“, AB „LIETUVOS ENERGIJA“, U.S. Congress, Office of Technology Assessment, „Electric Power Wheeling and Dealing: Technological Considerations for Increasing Competition“, OTA-E-409 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, May 1989).

Leidinio elektroninė versija – interneto svetainėje **www.le.lt**

Anzelmas Bačauskas
APIE
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ
TECHNOLOGIJAS
be formulių

Redaktoriai: *Maksimas Reznikovas, Simonas Šorys, Renata Gaudinskaitė, Vija Valentukonytė*
Dizainas ir viršelis: *Olga Padvaikienė*
Parengė spaudai ir maketavo: *UAB „Sapnų sala“*

Tir. 1400 egz. Užsak. Nr. 1226
Spausdino UAB „Sapnų sala“, S. Moniuškos g. 21, LT-08121 Vilnius
Interneto puslapis [http:// www.sapnusal.lt](http://www.sapnusal.lt)



Elektromagnetinės spinduliuotės šaltinių palyginimas

