

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

Vilius GRIGALIŪNAS

Energetikos inžinerijos studijų programos studentas

**INFORMACIJOS SRAUTAI SUMANIAJAME
ELEKTROS TINKLE**

Magistro baigiamasis darbas

Šiauliai, 2011

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

Vilius GRIGALIŪNAS

**INFORMACIJOS SRAUTAI SUMANIAJAME
ELEKTROS TINKLE**

Energetikos inžinerijos studijų magistro baigiamasis darbas
Energetikos inžinerija

Aš, Vilius Grigaliūnas teigiu, kad magistro studijų baigiamasis darbas, kurį teikiu Energetikos inžinerijos studijų programos magistro kvalifikaciniam laipsniui įgyti, yra originalus autorinis darbas

(parašas)

Darbo vadovas
doc. dr. Henrikas Vilimantas Nevardauskas

Šiauliai, 2011

Šiaulių universitetas

Elektros inžinerijos katedra

TVIRTINU: _____ katedros vedėjas
2010m. _____ mėn. _____ d.

MAGISTRANTŪROS DARBO UŽDUOTIS

EM – 9 grupės magistrantui **Viliui Grigaliūnui**

1. Darbo tema: *Informacijos srautai sumaniuosiuose elektros tinkluose* Flows of information in smart power networks
2. Darbo turinys:
 1. Įžanga. Sumaniųjų elektros tinklų apžvalga
 2. Elektros energijos gamybos kainos ir jų kainos kitimas paros bei sezonų laikotarpiais
 - 2.1 Elektros energijos gamybos kainų kitimas
 - 2.2 Elektros biržos įtaka elektros kainoms
 3. Nepanaudojamos energijos kaupimo kaupikliuose būtinybė
 - 3.1 Elektros energijos kaupikliai
 4. Sumanieji elektros perdavimo tinklai
 - 4.1 Informacijos srautai sumaniajame paskirstymo tinkle
 - 4.2 Trumpa informacijos kodavimo būdų apžvalga
 5. Sumanieji elektros skirstomieji tinklai
 - 5.1 Informacijos srautai guviuose skirstomuosiuose elektros tinkluose
 - 5.2 Saugumo reikalavimai keliami elektros tinklo informacinėms sistemoms
 - 5.3 Trumpa ryšio priemonių apžvalga
 6. Sumaniųjų technologijų įtaka elektros vartotojų prietaisams ir įrenginiams
 - 6.1 Sumanieji buitiniai prietaisai ir asmeniniai elektromobiliai
 - 6.2 Elektros vartojimo perstūmimo laike į pigesnės elektros energijos intervalus galimybės
 - 6.3 Kaupiklių kaina ir atsiperkamumo skaičiavimo principai
 - 6.4 Informacijos srautai tarp sumaniojo elektros skaitiklio ir sumaniųjų buitinių prietaisų
 - 6.5 Informacijos srautų kiekiai tarp sumaniojo elektros skaitiklio ir sumaniųjų buitinių prietaisų
 - 6.6 Bluetooth pritaikymas vietiniam informacijos tinklo projektavimui
 - 6.7 Informacijos sauga tarp kelių gretimų belaidžių informacinių tinklų
 7. Išvados
 8. Literatūra
 9. Pranešimo su darbo santrauka ir išvadamis grafinis pateikimas

Magistranto darbo vadovas docentas Enrikas Nevardauskas

Grigaliūnas, V. (2011). Informacijos srautai sumaniajame elektros tinkle: energetikos inžinerijos baigiamasis darbas/ baigiamojo darbo vadovas doc. dr. Enrikas Vilimantas Nevardauskas. Šiaulių universitetas, Elektros inžinerijos katedra 77p.

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame darbe nagrinėjami informacijos srautai sumaniajame elektros tinkle, bei sumaniojo tinklo perspektyvos. Pagrindinis darbo tikslas – išnagrinėti informacijos srautus sumaniajame elektros tinkle: perdavimo ir paskirstymo dalyje, o buitinio vartotojo dalyje dar ir informacijos srautų kiekius.

Baigiamąjį darbą sudaro šios pagrindinės dalys: Sumaniųjų elektros tinklų apžvalga, elektros energijos rinkos ir energijos kaupiklių apžvalga, sumanus perdavimo tinklas, skirstomasis tinklas bei sumaniųjų elektros tinklų įtaką buitiniams vartotojams ir jų prietaisams.

Sumaniųjų elektros tinklų apžvalgoje trumpai paminimi jų privalumai bei perspektyvos lyginant su dabartiniu elektros tinklu. Antroje dalyje aprašoma laisva elektros rinka, bei jos įtaka elektros energijos kainai. Trečioje nagrinėjami elektros energijos kaupiklių tipai.

Likusios dalys skiriamos informacijos srautams sumaniajame elektros tinkle. Aprašomi informacijos srautai, informacijos perdavimui ir saugumui keliami reikalavimai, informacijos kodavimo būdai. Nagrinėjamos ir aprašomas ryšių sistemos, jose naudojamos informacijos perdavimo priemonės.

Didelis dėmesys skiriamas buitiniams vartotojams, buitinių prietaisų valdymui, informacijos srautams bei kiekiams tarp sumaniojo elektros skaitliuko, buitinių prietaisų ir elektromobilių.

Grigaliūnas, V. (2011). Flows of information in smart power networks: final thesis of Energetics Engineering / supervisor doc. dr. Enrikas Vilimantas Nevardauskas. Siauliai University, Department of Electronics Engineering 77p.

SUMMARY

This thesis is analyzing information flows of smart grid as well as forecast of smart grid. The main objective is to analyze information flows of smart grid from transmission and distribution perspective, moreover, to examine quantity of information flows in consumer environment.

Final paper consists of few main parts: review of smart grids, examination of energy market and electric energy storage, insight to smart transmission grid and distribution grid, as well as the impact of smart electric grid to consumers and their devices.

The review of smart electric grids mentions its benefits, discusses the outlook and compares it with current electric grid. The second part of this work is studying free electric market and its impact to electric energy cost. The theses analyses the storage of electric energy in its third part.

The rest of the parts are dedicated to information flows of smart electric grid. The study defines information flows, information transmission and safety requirements, also the types of information coding. There is also analysis of communication systems and its ways of information transmission.

There is a lot of focus paid to consumers and control of their devices. This study also debates information flows and its quantities between smart metering system, consumer devices and electromobiles.

TURINYS

1. ĮŽANGA. SUMANIŪJŲ ELEKTROS TINKLŲ APŽVALGA.....	9
2. ELEKTROS ENERGIJOS GAMYBOS KAINOS IR JŲ KAINOS KITIMAS PAROS BEI SEZONŲ LAIKOTARPIAIS	14
2.1. Elektros energijos gamybos kainų kitimas	14
2.2. Elektros biržos įtaka elektros kainoms	17
3. NEPANAUDOJAMOS ENERGIJOS KAUPIMO KAUPIKLIUOSE BŪTINYBĖ.....	24
3.1. Elektros energijos kaupikliai	25
4. SUMANIEJI ELEKTROS PERDAVIMO TINKLAI.....	38
4.1. Informacijos srautai sumaniajame paskirstymo tinkle	38
4.2. Trumpa informacijos kodavimo būdų apžvalga	42
5. SUMANIEJI ELEKTROS SKIRSTOMIEJI TINKLAI.....	47
5.1. Informacijos srautai guviuose skirstomuosiuose elektros tinkluose	50
5.2. Saugumo reikalavimai keliami elektros tinklo informacinėms sistemoms	51
5.3. Trumpa ryšio priemonių apžvalga.....	53
6. SUMANIŪJŲ TECHNOLOGIJŲ ĮTAKA ELEKTROS VARTOTOJŲ PRIETAISAMS IR ĮRENGINIAMS.....	56
6.1. Sumanieji buitiniai prietaisai ir asmeniniai elektromobiliai.....	56
6.2. Elektros vartojimo perstūmimo laike į pigesnės elektros energijos intervalus galimybės .	59
6.3. Kaupiklių kaina ir atsiperkamumo skaičiavimo principai	60
6.4. Informacijos srautai tarp sumaniojo elektros skaitiklio ir sumaniųjų buitinių prietaisų	61
6.5. Informacijos srautų kiekiai tarp sumaniojo elektros skaitiklio ir sumaniųjų buitinių prietaisų	65
6.6. Bluetooth pritaikymas vietiniam informacijos tinklo projektavimui	68
6.7. Informacijos sauga tarp kelių gretimų belaidžių informacinių tinklų	70
IŠVADOS	73
LITERATŪRA	75

LENTELĖS

2.1.1. lentelė. Elektros energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių ilgalaikiai ribiniai kaštai.....	16
3.1.1. lentelė. Huntorfo suspausto oro energijos kaupyklos specifikacijos.....	27
5.1. lentelė. Šiuo metu panaudojami ryšiai elektros tinkle.....	47
5.3.1. lentelė. Bevielio ryšio technologijos.....	54
6.5.1. lentelė. Bitų skaičiaus ir reikšmių kiekio priklausomybė.....	66
6.5.2. lentelė. Elektros prietaisų paskirstymas į grupes.....	66
6.5.3. lentelė. Reikalavimai ryšio sistemoms sumaniajame elektros tinkle.....	68
6.6.1. lentelė. Bluetooth suskirstymas į klases.....	69

PAVEIKSLAI

1.1. pav.	Nedidelio, gyvenamųjų namų kvartalo, vienos paros energijos poreikavimo kreivė...	13
2.1.1. pav.	Elektros energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių investicinių kaštų evoliucija, naudojant sukauptą technologinį patyrimą.....	16
2.2.1. pav.	Konkrečios valandos elektros energijos kainos ir prekybos apimtys biržoje nustatymas.....	21
3.1. pav.	SVC ir energijos kaupiklio sistema.....	25
3.1.1. pav.	Pasaulyje instaliuota energijos kaupiklių galia.....	26
3.1.2. pav.	Suspausto oro energijos kaupykla.....	28
3.1.3. pav.	Idealiųjų dujų kreivė, vaizduojanti pastovios temperatūros dujų slėgio priklausomybę nuo tūrio. Fizikoje ši kreivė vadinama izoterma.....	29
3.1.4. pav.	Vandenilio energijos sistemos panaudojimo galimybės.....	31
3.1.5. pav.	Superkondensatoriaus krūvio kaupimo mechanizmas.....	32
3.1.6. pav.	Prietaisų, kaupiančių energiją, galios tankio priklausomybė nuo energijos tankio.....	33
3.1.7. pav.	Superkondensatorių tipai.....	34
3.1.8. pav.	Išmanios energijos matrica.....	35
3.1.9. pav.	Superlaidininkų energijos kaupimo sistema.....	36
3.1.10. pav.	Energijos kaupiklių palyginimas.....	37
4.1.1. pav.	Realaus laiko informacijos perdavimo infrastruktūra.....	39
4.1.2. pav.	Šiandieninė ryšių sistema.....	39
4.3.1. pav.	Analoginės moduliacijos būdai.....	42
4.3.2. pav.	Duomenų perdavimas panaudojant modems.....	43
4.3.3. pav.	Amplitudinė moduliacija.....	43
4.3.4. pav.	Dažninė moduliacija.....	44
4.3.5. pav.	Fazinė moduliacija.....	44
4.3.6. pav.	Potencialų kodavimas be grįžimo į nulį.....	45
4.3.7. pav.	Binarinis kodavimas su alternatyvia inversija.....	45
4.3.8. pav.	Potencialų kodavimas su inversija esant vienetui.....	46
4.3.9. pav.	Mančesterio kodavimo būdas.....	46
5.1. pav.	Ryšiai reikalingi sumaniajame elektros tinkle.....	48
5.1.1. pav.	Informacijos srautai guviuose skirstomuosiuose elektros tinkluose.....	51
5.2.1. pav.	Saugumo reikalavimai sumaniajame elektros tinkle.....	52
5.2.2. pav.	Saugumo valdymo struktūra sumaniajame elektros tinkle.....	52
6.1.1. pav.	Elektromobilių ryšių infrastruktūra.....	58
6.1.2. pav.	Elektros energijos ir naftos kainų palyginimas.....	58
6.2.1. pav.	Elektros tinklo apkrova naudojant elektros energijos kaupiklius ir jų nenaudojant....	59
6.4.1. pav.	Buto (gyvenamojo namo ar administracinio pastato) sumaniojo elektros skaitiklio prijungimo koncepcija.....	63
6.4.2. pav.	Išmaniaus skaitiklio sistema sumontuota gyvenamajame name.....	64
6.5.1. pav.	Analoginis ir skaitmeninis signalas.....	65
6.7.1. pav.	Tipinė bevielio tinklo šnipinėjimo schema.....	71

1. IŽANGA. SUMANIŪJŲ ELEKTROS TINKLŲ APŽVALGA

Mūsų elektros tinklų infrastruktūra veikia ilgai ir gerai. Tačiau jie greitai pasieks savo tobulinimo ribą. Kasdien didėja tinklų perkrovimo rizika. Laimei yra išeitis – sumanusis elektros tinklas (SET). SET reikia įsivaizduoti kaip interneto įdiegimą į dabartinę elektros gaminimo, perdavimo ir paskirstymo sistemą.

Realiai yra du keliai dabartinių elektros tinklų vystymui ir pertvarkymui: sumanesnis elektros tinklas ir SET.

Sumanesnis elektros tinklas – tai toks elektros tinklas, kurį dabartinės technologijos leidžia įdiegti artimiausioje ateityje, arba toks kuris jau kai kur išvystytas šiandien.

Sumanusis elektros tinklas – tai tolimesnės ateities perspektyva. Elektros tinklas pasižymintis sumanumu (protu) ir sukeliantis didelį įspūdį savo galimybėmis. Artimiausioje ateityje sumanesnis tinklas dirbs daug efektyviau, ir darys mažesnę įtaką aplinkai. Manoma, kad SET įneš tiek naujovių ir pokyčių į šiuolaikines technologijas, kiek įnešė internetas.

Gali iškilti klausimas kam tos naujovės yra reikalingos ir ką naujo jos gali pasiūlyti lyginant SET su esamu elektros tinklu. Kadangi ekonominiu požiūriu iš karto dabartinius elektros tinklus pertvarkyti į SET yra labai brangu, todėl pradžioje reiktų juos pertvarkyti į sumanesnį elektros tinklą. [12]

Sumanesnis elektros tinklas užtikrina:

- Tokį patikimumo lygį, koks nebuvo įmanomas prieš tai;
- Prieinamą jo kainą;
- Padidina konkurenciją;
- Pilnas pritaikymas atsinaujinantiems ir tradiciniams energijos šaltiniams;
- Galimybę sumažinti anglies dvideginio patekimą į aplinką;
- Įdiegti naujas technologijas, kurios iki šiol buvo neįsivaizduojamos.

Elektros tinklo pertvarkymo svarbumą ir naudingumą galima lyginti su interneto įdiegimu pasaulyje. Šias pastangas, įdiegti internetą galime laikyti kaip revoliuciją, kuri turėjo didelę įtaką technologijų raidai. Prisiminkime tuos laikus kol dar nebuvo elektroninio pašto. Žmonės siųsdavo laiškus dideliais kiekiais, ir tie pagrindiniai laišku srautai judėdavo be problemų, bet kai prasidėdavo laišku paskirstymas po miestus, miestelius ir kaimus kiekvienam gyventojui atskirai, dažnai laišškai pasimesdavo taip ir nepasiekę adresato. Atsiradus elektroniniam paštui galimybės

laiškų pasimetimui neliko, tereikia teisingai surinkti elektroninio pašto adresą ir laiškas adresatą pasiekia tuoj pat po išsiuntimo.

Panašiai dabar yra ir su elektros tinklais, didžiausios bėdos atsiranda elektros paskirstyme vartotojams, kurias sumanusis elektros tinklas išspręs.

Šiandieninis jungtinių Amerikos valstijų elektros tinklas susideda iš 9200 elektrinių, kurių bendras galingumas daugiau nei 1 000 000 MW, ir sujungtų bendromis perdavimo linijomis, kurių bendras ilgis apie 500 000 km. Daugeliu atvejų, šis elektros tinklas veikia puikiai ir vykdo savo funkcijas, pavyzdžiui palaiko sąlyginiai pigią elektros kainą. Kadangi elektra turi būti sunaudojama tuo pačiu metu, kuomet ji gaminama, elektros tinklas turi visada puikiai veikti, ir veikia. Dabartinio elektros tinklo patikimumas yra 99,97 procento, tačiau tas 0,03 procento dar leidžia įvykti elektros energijos dingimas ir atsijungimui. Tie 0,03 procento JAV kasmet kainuoja 150 milijardų dolerių per metus, arba 500 dolerių kiekvienam JAV gyventojui per metus. Kadangi tokios išlaidos yra gerokai per didelės, būtina diegti naujas technologijas.[12]

O pirmoje vietoje puikavosi elektros tinklas. Bet pastaruoju metu, dėl elektros tinklo perkrovimo vis dažniau pasitaiko gedimų. Pavyzdžiui jungtinėse Amerikos valstijose nuo 1982m, elektros Švenčiant XXI amžiaus sutiktuves, buvo paskelta 20 svarbiausių inžinerinių pasiekimų XX amžiuje. Tame sąrašė 13-tą vietą užėmė internetas energijos poreikavimas didėjo beveik po 25 procentus kasmet, dėl žmonių skaičiaus didėjimo, didesnių namų, populiarėjančių kondicionierių ir buitinės technikos, kompiuterių. Taip sparčiai didėjant energijos poreikavimui, tokiu pat tempu turėjo gerėti ir elektros tinklas, kai tuo tarpu JAV nuo 2000 metų naujai nutiesta tik apie 1000 km, aukštos įtampos perdavimo linijų.

Nemaža elektros tinklų dalis XX a. buvo projektuojama su tikslu tik įjungti šviesą, nekreipiant dėmesio į tokius dalykus, kaip energijos efektyvumas, poveikis aplinkai, pirkėjo pasirinkimas. Diegiant sumanesnį elektros tinklą į šiuos dalykus būtina atsižvelgti.

Patikimumas: per pastaruosius 40 metų JAV buvo 5 dideli elektros energijos atsijungimai, iš kurių 3 per paskutinius 9 metus. Daugiausia atsijungimų įvyksta dėl dviejų priežasčių, viena iš jų lėtas suveikimo laikas mechaninių jungiklių, kita „blogas matomumas“ – neteisingai elektros tinklo operatorių įvertinta situacija.

Efektyvumas: Jeigu, elektros tinklo efektyvumas būtų 5% didesnis, CO₂ emisija būtų sumažinta tiek, kiek šių dujų išskiria 53 milijonai automobilių. Arba, jeigu kiekviename JAV gyvenamajame name ar bute, viena kaitrinė lempuė būtų pakeista į ekonomišką lempuė, kasmet būtų sutaupoma 600 milijonų dolerių.

Ekonomika: Skaičiai yra stulbinantys ir kalbantys patys už save:

- Elektros dingimas Silicio slėnyje atnešė 75 milijonus dolerių nuostolių;
- 2000m, kai dingo elektra Čikagos prekybos departamente buvo atidėta pirkimų už 20 trilijonų dolerių;
- Sun Microsystems (Jungtinių Amerikos valstijų kompanija) paskaičiavo, kad elektros dingimas vienai minutei, jai kainuoja 1 milijoną dolerių.

Saugumas: Kai įvyko 2003 metų elektros dingimas – didžiausias JAV istorijoje – žmonės neišsigando būti tamsoje, užstrigti lifte, jie išsigando galimų terorizmo išpuolių. Ir ne be priežasties. Centralizuota elektros tinklo sistema sudarė puikias galimybes atakai. Tarpusavio priklausomybė įvairių elektros tinklo komponentų gali sukelti domino efektą – prasideda nesustabdomi gedimai, kurie visiškai sustabdo bankų sistemos veiklą, eismą, susisiekimą ir apsaugos sistemas.

Aplinka/klimato kitimas: Nemaža dalis elektrinių gamina elektrą degindamos anglis ir kitą organinį kurą, kurio degimo metu į aplinką patenka daug anglies dioksido dujų. Todėl šių dujų emisijos mažinimui reikia įtraukti į elektros gaminimą tokius energijos šaltinius, kaip saulė, vėjas, geoterminė energija. Aišku tai padaryti be technologijų, leidžiančių prijungti šiuos alternatyvios energijos šaltinius prie elektros tinklo neįmanoma.

Tarptautinė konkurencija: Vokietija pirmauja pasaulyje savo fotovoltinėmis technologijomis, saulės energijai pasisavinti. Japonija pirmauja energijos kaupiklių srityje. Europos Sąjungos tikslas pastatyti funkcionuojančias atsinaujinančių energijos šaltinių elektrines.

Taigi visos šios priežastys verčia dabartinį elektros tinklą keisti į SET.

Sumanusis elektros tinklas, kas jis yra?

Elektros industrija yra pasiruošusi keistis iš centralizuoto gamintojų valdomo tinklo, į mažiau centralizuotą, geriau prieinamą vartotojui. Einant prie sumanesniojo elektros tinklo reikia keisti dabartinį (pramoninį) elektros gaminimo modelį ir jo ryšius su energijos perdavimu, reguliavimu, skirstomaisiais tinklais ir pirkėjais.

Sumanesnis elektros tinklas leis šį pasikeitimą atnešdamas teorines žinias, bendrą supratimą ir technologijas leidžiančias į elektros tinklą įdiegti internetą.

Įdiegus SET bus:

Pagerinta matavimų sistema: Ši sistema padės efektyviau naudoti energiją ir nustatyti vartotojo sistemos gedimus, kas leis greičiau juos pašalinti. Įsivaizduokime, kad elektros kaina kinta nuolatos ir elektros gamintojas perduoda šios kainos dydį į vartotojo skaitiklį ar tiesiogiai į

tokius prietaisus kaip vandens šildytuvus, skalbimo mašina, šaldytuvus ir panašiai. Jie pasirenka tą elektros gamintoją kurio kaina tuo metu yra pati mažiausia, ir tai vyksta praktiškai be žmogaus įsikišimo. Tokiu būdu sutaupomos didžiulės sumos pinigų. Ši sistema buvo bandyta ir ankščiau, bet nepasirodė labai efektyvi, dėl palyginti pigios energijos ir nepakankamo technologijų lygio.

Vizualizacija: Įsivaizduokite tinklą ir įrangą susijusią su jo vizualizacija. Tokia įranga egzistuoja ir dabar, bet ji turi vieną didelį minusą, jai sunku perduoti informacija iš įvairių šaltinių į įvairius atvaizdavimo įtaisus, kuriuos turi vartotojai.

Aukštesnės kartos vizualizacijos projektai jau pradėti. Tarp jų reiktų paminėti ir VERDE projektą. VERDE (Visualizing Energy Resources Dynamically on Earth) apims plačią tinklo teritoriją, su integruotais realaus laiko jutikliais, kurie perduos informaciją apie orą ir realią elektros tinklo padėtį su geografiniais duomenimis. Realiai jis tyrinės visą tinklą ir surinks informaciją iš jo sekundžių greičiu ir labai tiksliai, galės nurodyti tikslų adresą, kur įvyko gedimas. Jis greitai pateiks informaciją apie įtampos dingimus ir jos kokybę. Ši sistema gali būti susieta su GOOGLE EARTH sistema.

Fazės matavimo vienetai: Tai vadinama energetinės sistemos „sveikatos matavimu“, matuojama įtampa ir srovė daug kartų per sekundę. Reikia tokius matavimus atlikti didelėje teritorijoje, nes tai gali padėti sušvelninti situaciją ar net užkirsti kelią elektros tiekimo nutrūkimui.

Paprastai matavimai atliekami kas 2 ar 4 sekundes ir parodo nuolatinę energijos sistemos būklę. Įdiegus SET matavimai būtų atliekami daug kartų per sekundę (pavyzdžiui 30 kartų) ir būtų galima stebėti dinaminį elektros energijos sistemos vaizdą.

SET įvedimas sustiprins kiekvieną elektros perdavimo sistemos elementą, įskaitant gamybą, perdavimą, paskirstymą ir vartojimą. Tai paskatintų energijos vartotojus pakeisti energijos vartojimo būdą, pasikeistų energijos naudojimo laikas ir energijos poreikio lygis. Sumanusis tinklas padidins energijos gamybos paskirstymo galimybes, elektra bus gaminama arčiau jos vartojimo vietos. (saulės energijos elektrinė ant stogo geriau, nei toli esanti elektrinė). Mažesni atstumai tarp energijos gaminimo ir sunaudojimo vietų atneša ekonominę, ir gamtosauginę naudą. Tai įgalina vartotojus tapti aktyviais energijos rinkos dalyviais tokiu mastu, kokio nebuvo prieš tai. Ir tai pasiūlys dviejų kryptių matymą (gamintojas gaus informaciją iš vartotojo ir atvirkščiai) ir energijos vartojimo valdymą. Išmaniajam elektros tinklui bus būdingas dvipusis energijos ir informacijos srautas, bus galimybė viską stabėti ir valdyti nuo elektrinių iki vartotojų individualių prietaisų. Tokiu būdu bus realiu laiku atliekami skaičiavimai ir tiekama

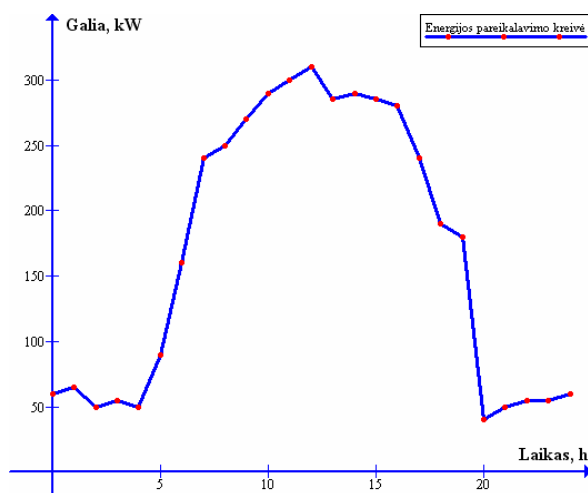
informacija, kuri leis palaikyti energijos balansą realiu laiku tarp energijos tiekimo ir jos poreikavimo.

Paskirstytasis generavimas: Tai nedidelio galingumo generatoriai esantys netoli apkrovų centrų. Toks išskirstymas padeda sumažinti perdavimo išlaidas, gerina patikimumą, mažina išmetamų teršalų kiekį.

Išspręsta piko problema. Kaip jau buvo minėta elektros turi būti nupirkta tiek kiek tuo metu pagaminama. Negalėdami tiksliai nustatyti elektros energijos poreikavimo bet kuriuo laiko momentu, vis tiek turime tiekti reikiamą kiekį energijos, o tai yra problematiška. Ir ši bėda ypatingai išryškėja elektros energijos poreikavimo piko metu.

Išsivaizduokite, kad tai yra žaibiškas temperatūros pakilimas vasaros popietę. Tuo metu visose patalpose įjungiami kondicionieriai visu pajėgumu, ir energijos poreikavimas labai greitai padidėja. Tuomet ir būna energijos suvartojimo pikas. Taigi nežinodami kada tiksliai ir kokio masto bus energijos poreikavimo pikas perdavimo tinklo operatoriai ir elektros energijos gamintojai turi užtikrinti gerą ir sklandų elektros energijos tiekimą vartotojams. Šiam tikslui statomos vadinamos „apkrovų elektrinės“, kurios papildomai teršia gamtą ir didžiąją laiko dalį yra nenaudojamos.

SET realiu laiku atlikdamas tinklo apžvalgą gali sumažinti išlaidas brangiai kainuojančių elektros energijos poreikavimo pikų. Toks nuolatinis sistemos būsenos sekimas tinklo operatoriui suteikia daug didesnę „matomumą“, kas leistų sumažinti apkrovas piko metu. Tai ne tik sumažintų išlaidas, bet ir leistų atsisakyti „pikinių“ elektrinių ar bent jau nebestatyti naujų – taip būtų sutaupomi visų mūsų pinigai ir saugoma planetos gamta.



1.1. pav. **Nedidelio, gyvenamųjų namų kvartalo, vienos paros energijos poreikavimo kreivė**

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis[12]

2. ELEKTROS ENERGIJOS GAMYBOS KAINOS IR JŲ KAINOS KITIMAS PAROS BEI SEZONŲ LAIKOTARPIAIS

Elektros energija nėra tokia prekė, kurios būtų galima pagaminti daugiau nei reikia ir sandėliuoti, o jos prireikus pasiimti iš sandėlio. Elektros energijos turi būti pagaminama tiek kiek jos reikia konkrečiu laiko momentu. Neįvykdžius šios sąlygos keistūsi dažnis, šokinėtų įtampa, atsijunginėtų elektrinės. Vienas iš būdų reguliuoti energetinį balansą yra elektros energijos kainos keitimas realiu laiku.

Dėl šios priežasties yra keletas elektros energijos kainų tarifų. Kaip pavyzdį galime pateikti dieninį ir naktinį elektros energijos kainų tarifus. Dieną, kuomet elektros energijos suvartojimas yra žymiai didesnis, nei naktį elektros energija pardavinėjama brangesniu tarifu, o naktį pigesniu.

Tačiau realiai elektros energijos kaina kinta nuolatos, ne tik atėjus dienos ji pabrangsta, o vakare atpinga. Elektros energijos kainos svyravimui turi, į dabartinį elektros energijos tinklą vis didesniu mastu integruojami atsinaujinantys energijos šaltiniai. Įsivaizduokime, kad yra dideli vėjo elektrinių parkai, vėjuotą dieną jie gamins daug elektros energijos ir bus elektros energijos perteklius, ko pasėkoje reiktų stabdyti vėjo elektrines. Tačiau galima mažinti vėjo elektrinių gaminamos elektros energijos kainą ir tokiu būdu paskatinti energijos vartojimą.

Kitas variantas, labai šalta žiemos diena. Elektros energijos suvartojimas smarkiai padidėja, nes įjungiami elektriniai šildytuvai ir gali nebeužtekti generuojamos elektros energijos, ko pasėkoje prasidės atjungimai. Jei tuo metu būtų padidinta generuojamos elektros kaina, vartotojai taupydami išjungtų dalį elektros energijos imtuvų taip sumažindami elektros energijos poreiklavimą.

2.1. Elektros energijos gamybos kainų kitimas

Energijos kaina – tai gamintojo kaštai, kuriuos tiesiogiai apmoka energijos vartotojas. Tačiau ši kaina neatspindi visų kaštų, kuriuos visuomenė patiria gamindama ir vartodama energiją. Visos iškasamo kuro rūšys (anglys, skalūnai, nafta ir gamtinės dujos), kurios sudaro apie 80% Europai tiekiamos energijos, priklauso prie didžiausių oro teršėjų, išleidžiančių rūgštinančias bei ozono sluoksnį ardančias medžiagas, dirvos ir vandens teršalus, šiltnamio dujas. Šių medžiagų padarytos žalos augalijai, pastatų savininkams, žmonių sveikatai elektrinių

savininkai neatlygina ir tokių išlaidų neįtraukia į elektros generavimo kaštus ir jos kainą. Taigi šios elektrinės sukuria išorinius kaštus.

Kainos skirtumai kurią moką vartotojas atsiranda dėl elektrinių tipų, naudojamo kuro ir technologijos. Šiluminėse elektrinėse vienos pagamintos kilovatvalandės kaina skiriasi dėl naudojamo skirtingo kuro rūšių: nafta, dujos, anglis, biokuras. Dėl pačios elektrinės pastatymo ir jos eksploatavimo kaštų.

Šiluminėse elektrinėse kainų skirtumai atsiranda ir nuo to kam bus panaudota energija išsiskirianti degant kurui. Jeigu tai bus kombinuotojo elektros energijos ir šilumos gamybos ciklo elektrinė, kai ši elektrinė tiekia šilumą į miestų centralizuotus šilumos tiekimo tinklus, kilovatvalandės kaina bus mažesnė, nei tos elektrinės, kuri gamina tik elektros energiją.

Kitos elektros energijos generavimo kainos yra atominių elektrinių bei atsinaujinančių energijos šaltinių elektrinių. Čia taip pat tiesioginę elektros kainą sudaro elektrinės statybos, kuro bei eksploatacijos išlaidos.

Čia paminėtos generavimo kainos sudedamos dalys sudaro tiesioginius kaštus, kurie daug kur ir detalai yra išnagrinėti.

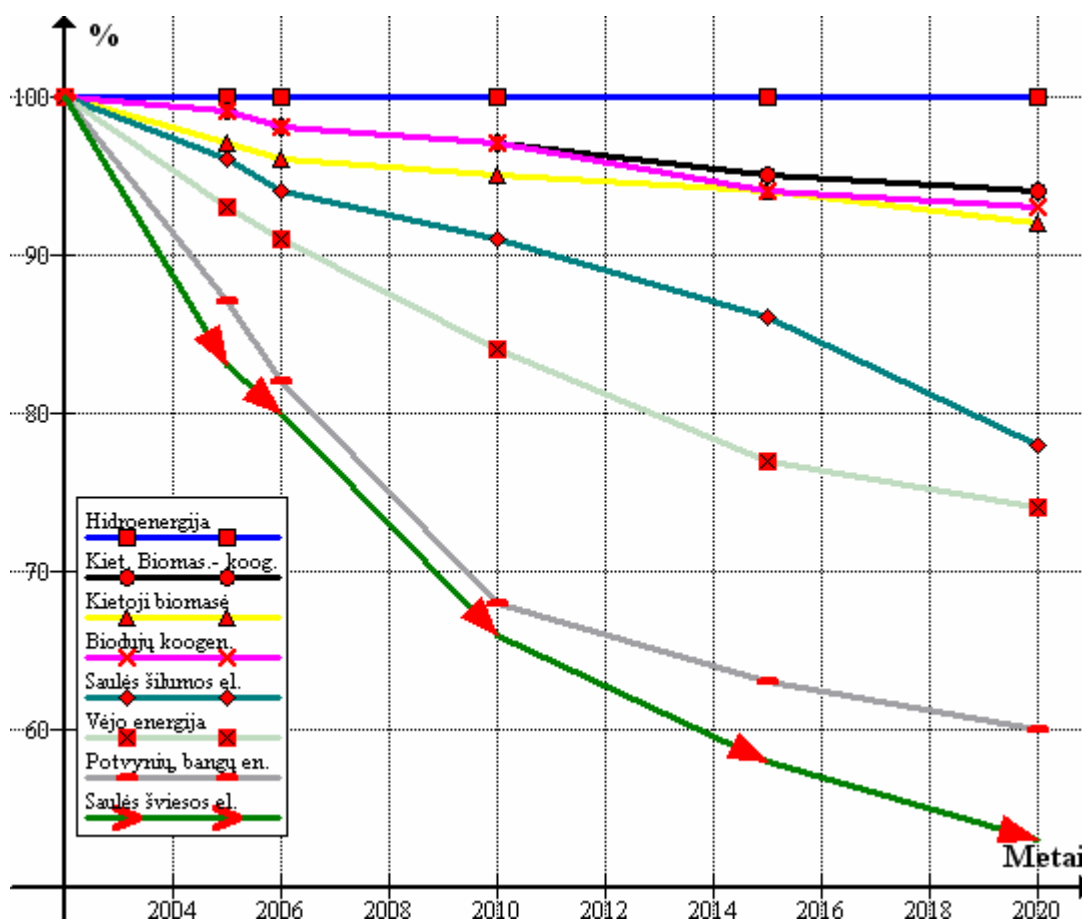
Atsinaujinančių energijos šaltinių generuojamosios energijos kaina. Energijos generavimo iš atsinaujinančių šaltinių kaštai yra vienas pagrindinių veiksnių, lemiančių jų vaidmenį rinkoje. Kai kurios atsinaujinančios energijos technologijos, pirmiausia vėjo energija, mažoji hidroenergija, biomasės energija, saulės šilumos energija, jau dabar yra ekonomiškai gyvybingos ir konkurencingos. Kitos, ypač šviesos elektra (silicio modulių panelės, tiesiogiai iš saulės šviesos generuojančiuos elektrą), priklauso tik nuo paklausos augimo, kitaip sakant, nuo produkcijos apimtys, kad pasiektų ekonomiškumą, reikalingą konkurencijai su centralizuotu generavimu.[17]

Nepaisant esamų sunkumų, moksliniai tyrimai, žinių ir patyrimo kaupimas daro sparčią pažangą, ir prognozuojama, kad tiek trumpalaikėje, tiek vidutinėje laiko perspektyvoje lyginamosios investicijos į atsinaujinančiosios energijos technologijas sparčiai mažės. Taigi tikimasi ir esminio elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos šaltinių gamybos kaštų mažėjimo. 2050 m. laukiama, kad daugelio „žaliosios elektros“ rūšių gamybos kaštai iki dabartinių konvencinės gamybos kaštų, t.y. 13,8 – 17,25 ct/kWh, o kartu anglių ir dujų deginimo technologijose, apmokestinus CO₂ emisiją, gamybos kaštai padidės iki 27,6 – 31,05 ct/kWh.

Elektros energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių ilgalaikiai ribiniai kaštai

	Vėjas jūroje	Vėjas sausumoje	Potvyniai	Saulės šilumos el.	Saulės šviesos el.	Mažosios HE	Stambiosios HE	Geoterminė en.	Bioatliekos	Biomasė	Biodujos
Lt/MWh	165,6 – 414	138 – 276	207 – 465	276 – 793	1138 – 4312	103 – 430	103 – 450	130 – 276	17,5 – 241,5	130 – 655	69 – 465

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [14]



2.1.1. pav. Elektros energijos generavimo iš atsinaujinančių energijos šaltinių investicinių kaštų evoliucija, naudojant sukauptą technologinį patyrimą

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [14]

Kaip matyti iš 2.1.1. lentelės, elektros energijos generavimas naudojant atsinaujinančius energijos šaltinius yra brangus, lyginant su tradicinėmis elektros energijos generavimo priemonėmis. Pastebime, kad ypatingai brangus generavimas naudojant saulės šviesą. Vyriausybės, norėdamos skatinti atsinaujinančių energijos šaltinių įsisavinimą ir panaudojimą remia atsinaujinančių energijos šaltinių įsisavinimo vystymą. ES yra įvairių programų, kurios gražina dalį investuotų pinigų į atsinaujinančius energijos šaltinius. Lietuva ypatingai remia saulės šviesos energetiką, nustatydamą didelę kainą už saulės šviesos pagamintą kilovatvalandę 1,51 – 1,63 lt/kWh.

2.2. Elektros biržos įtaka elektros kainoms

Pagrindinė naujiena, atsiradusi Lietuvos elektros rinkoje tik 2010 m. pradžioje – Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija (VKEKK) nebenustato elektros energijos kainos, už kurią skirstomųjų tinklų įmonės privalo parduoti elektros energiją vartotojams, kurių leistinoji vartoti galia viršija nustatytąją. Šis procesas įgyvendinamas palaipsniui. Elektros energetikos įstatymas nurodo, kad nuo 2010 m. sausio 1 d. elektros energijos kainos nebereguliuojamos vartotojams, kurių leistinoji vartoti galia viršija 400 kW, nuo 2011 m. sausio 1 d. – vartotojams, kurių leistinoji vartoti galia viršija 100 kW, nuo 2012 m. sausio 1 d. – vartotojams, kurių leistinoji vartoti galia viršija 30 kW. Vartotojai skatinami pasirinkti nepriklausomus tiekėjus, kurie tiekų elektros energiją sutartinėmis kainomis.

Elektra yra ypatingas produktas, kurio savybės lemia ir elektros rinkos organizavimo specifiką.

Elektros pajusti jutiminishiais organais žmonės negali, tačiau visi labai gerai žino, kad elektra gali būti pavojinga gyvybei ir sveikatai.

Elektros negalima sandėliuoti, ji tuo pačiu metu turi būti ir gaminama, ir suvartojama. Tai reiškia, kad tuo metu, kai uždegama elektros lemputė ar įjungiamas televizorius, kažkur lygiai tiek pat turi būti pagaminta elektros.

Elektros rinka susideda iš dviejų dalių, mažmeninės ir didmeninės rinkos.

Mažmeninė elektros rinka – tai galutinių vartotojų ir jiems elektrą parduodančių tiekėjų bendravimo aplinka. Rinkos principai šioje aplinkoje pasireiškia per tiekėjų konkurenciją, kai vartotojas turi galimybę pasirinkti tinkamiausią tiekėją pagal elektros kainą, apmokėjimo sąlygas ir kitus kriterijus.

Didmeninė elektros rinka – tai tiekėjų ir gamintojų bendravimo aplinka. Rinkos principai šioje aplinkoje įgyvendinami per gamintojų tarpusavio konkurenciją (parduodant kuo daugiau elektros) ir tiekėjų konkurenciją (nusiperkant elektrą kuo palankesnėmis sąlygomis).

Trys pagrindiniai didmeninės elektros rinkos prekybos principai, kurių įgyvendinimas yra didmeninės elektros rinkos organizavimo tikslas:

- Valandinė elektros apimčių apskaita
- Prekyba iš anksto
- Apmokėjimas už nebalansą

Valandinės elektros apimčių apskaitos principas reiškia, kad tiekėjai turi prognozuoti valandinius elektros kiekius, kuriuos numato suvartoti jų klientai. Šis principas susijęs su tuo, kad tuo pačiu laiko momentu elektros turi būti pagaminama lygiai tiek, kiek jos vartojama.

Per parą elektra skirtingais laiko tarpais vartojama labai skirtingai, nes žmonės naktį paprastai miega, o dieną intensyviai dirba. Tokiu būdu dieną elektros suvartojama žymiai daugiau nei naktį. Analogiškai elektros vartojimas svyruoja ir per savaitę – darbo, švenčių ir išveginėmis dienomis.

Tam, kad būtų užtikrintas elektros vartojimo ir jos gamybos balansas, naudojami įvairūs gamybos šaltiniai. Vieni iš jų gali dirbti tik fiksuota (lygia) apkrova, kiti – apkrovas keisdami ir tai darydami labai greitai.

Atitinkamai skiriasi ir elektros, pagamintos skirtinguose gamybos šaltiniuose, savikaina.

Įvairių vartotojų kategorijų elektros kiekio vartojimo kaita yra labai skirtinga. Todėl ir elektros gamybos kainos, patenkinant vartotojų poreikį skirtingoms elektros apimtims, besikeičiančioms kiekvienu momentu, taip pat yra skirtingos.

Iki 2010 m. pradžios, kol dar Lietuvoje nebuvo įteisinta valandinė prekyba, tiekėjai pirkdavo elektrą, kurios apimtys būdavo apskaitomos tik už kalendorinį mėnesį. Todėl tiekėjai, kurie būtų galėję savo klientų elektros poreikį padengti pačiais pigiausiais elektros gamybos šaltiniais, sumokėdavo ir už tuos tiekėjus, kurių klientų elektros poreikiui padengti buvo naudojami patys brangiausi elektros gamybos šaltiniai. O tai neatitiko nei teisingos konkurencijos, nei rinkos dalyvių lygiateisiškumo principų, deklaruojamų Europos Sąjungos direktyvose ir Elektros energetikos įstatyme.

Palyginkime du vartotojų tipus: valstybės ir savivaldybių įmones bei daugelį kitų įmonių, dirbančių tik darbo dienomis nustatytą darbo laiką su pietų pertrauka tam tikru nustatytu laiku, ir

pramonės įmonės, dirbančias konvejerio (nenutrūkstamu) režimu, kuriose dėl technologijos ypatumų negalima stabdyti produkcijos gamybos.

Pirmojo tipo įmonių elektros suvartojimo apimtys po darbo valandų ir naktimis yra itin mažos ir labai padidėja darbo metu (nežymiai sumažėdamos per pietų pertrauką). Todėl elektros gamybos kaina tokiai vartotojų kategorijai darbo dienos metu maksimalaus elektros poreikio laikotarpiu akivaizdžiai padidėja, palyginti su kaina po darbo valandų ar išeiginėmis bei švenčių dienomis.

Visiškai kitaip yra antrojo tipo įmonėse. Nepertraukiamos technologijos ypatumai lemia, kad elektros vartojimo kiekis per parą skirtingais laikotarpiais skiriasi nedaug. Tuo remiantis galima daryti prielaidą, kad elektros gamybos kaina tokių įmonių poreikiams padengti yra sąlyginai stabili ir pakankamai maža.

Prekybos iš anksto principas reiškia, kad tiekėjai, numatę valandinius elektros kiekius, kuriuos suvartos jų klientai, turi tuos elektros kiekius nusipirkti didmeninėje elektros rinkoje (arba tiesiogiai iš gamintojų, arba bendroje rinkos dalyvių elektros biržoje) dar prieš prasidedant elektros gamybai ir jos vartojimui.

Vadovaujantis teisingos konkurencijos ir rinkos dalyvių lygiateisiškumo įgyvendinimo principu, realizuojamu įdiegus valandinę prekybą, perkant ar parduodant vieno kalendorinio mėnesio elektros energijos apimtį, kiekvieną mėnesio valandą (o mėnuo priklausomai nuo dienų skaičiaus turi 720 ar 744 valandas) bus perkamas ar parduodamas skirtingas elektros kiekis skirtingomis kainomis. Ir kadangi skirtingų elektros kiekių yra tiek daug, rinkos dalyviams susitarti po to, kai elektra sunaudota (kai nei tiekėjas, nei gamintojas negalėjo iš anksto nei derėtis, nei susitarti), neįmanoma. Rinkos dalyviai iš anksto negali tiksliai žinoti tiekėjų klientų elektros poreikio ir gamintojų elektros gamybos galimybių. Todėl paprastai didmeninės rinkos dalyviai tiesiogiai tariasi dėl esminių elektros apimčių, patikslinimus palikdami vėlesniam laikui.[17]

Pasaulio elektros rinkų veiklos praktikoje naudojami keli sutarčių tipai, kai galima iš anksto tartis dėl esminių elektros kiekių per metus, mėnesį, savaitę, parą. Visos kitos patikslinančiosios elektros apimtys perkamos/ parduodamos centralizuotoje aplinkoje, pvz., elektros biržoje, šiuo metu jau veikiančioje Lietuvoje. Iki 2010 m. pradžios buvo organizuojami aukcionai. Paprastai taikomas vadinamasis „dienos prieš“ prekybos principas, kuris reiškia, kad vėliausia data, iki kurios rinkos dalyvis iš anksto turi nusipirkti ar parduoti elektrą, yra viena diena prieš realios elektros gamybos ir vartojimo dieną. Kai kuriose šalyse naudojamas „viena valanda prieš“ prekybos principas.

Sumokėjimas už nebalansą – jei tiekėjas netiksliai prognozavo ir iš anksto nusipirko ne tiek elektros, kiek faktiškai vartojo jo klientai, jis privalo parduoti iš anksto nusipirktą perteklių arba nusipirkti iš anksto nenupirktą elektros deficitą (nepalankiomis kainomis).

Praktiškai neįmanoma iš anksto numatyti prekybos elektra apimtis, jas iš anksto nusipirkti ar iš anksto parduoti taip tiksliai, kad nustačius elektros vartojimo ar gamybos faktines apimtis, nebūtų kokių nors nukrypimų.

Jei tiekėjas iš anksto nusipirko daugiau elektros, nei jos suvartojo jo klientai, jis privalo rinkoje parduoti šį nesuvarotą elektros perteklių. Ir atvirkščiai, jei tiekėjas iš anksto nusipirko mažiau elektros, nei jos suvartojo jo klientai, jis privalo iš elektros rinkos papildomai nusipirkti tiek elektros, kad padengtų suvartotos, bet nenupirktos elektros trūkumą.

Šios elektros gamybos savikaina arba netekimai dėl nepagamintos elektros yra pakankamai dideli, todėl ir rinkos dalyvių sąnaudos dėl šios papildomos elektros prekybos yra didesnės už sąnaudas prekiaujant iš anksto nusipirkta elektra.

Tokia situacija skatina rinkos dalyvius, gamintojus tiksliau prognozuoti pagaminamus elektros kiekius, o tiekėjus – tiksliau prognozuoti savo klientų elektros poreikius. Todėl visa elektros energetikos sistema dirba optimaliau ir ekonomiškiau.

Šiuo metu didmeninėje Lietuvos elektros rinkoje elektrą galima nusipirkti dviem būdais:

- Perkant elektros energiją pagal tiesioginius dvišalius kontraktus tarp Lietuvos gamintojų ir tiekėjų.
- Perkant elektros energiją elektros biržoje.

Prekyba biržoje vyksta elektroninėje aplinkoje, t.y. rinkos dalyvis pasiūlymus pirkti ir parduoti teikia naudodamas interneto prieigą.

Prieigą prie prekybos sistemos turi tik biržos dalyviai, kuriems išduodamas slaptažodžių generatorius taip, kaip ir elektroninės bankininkystės sistemoje.

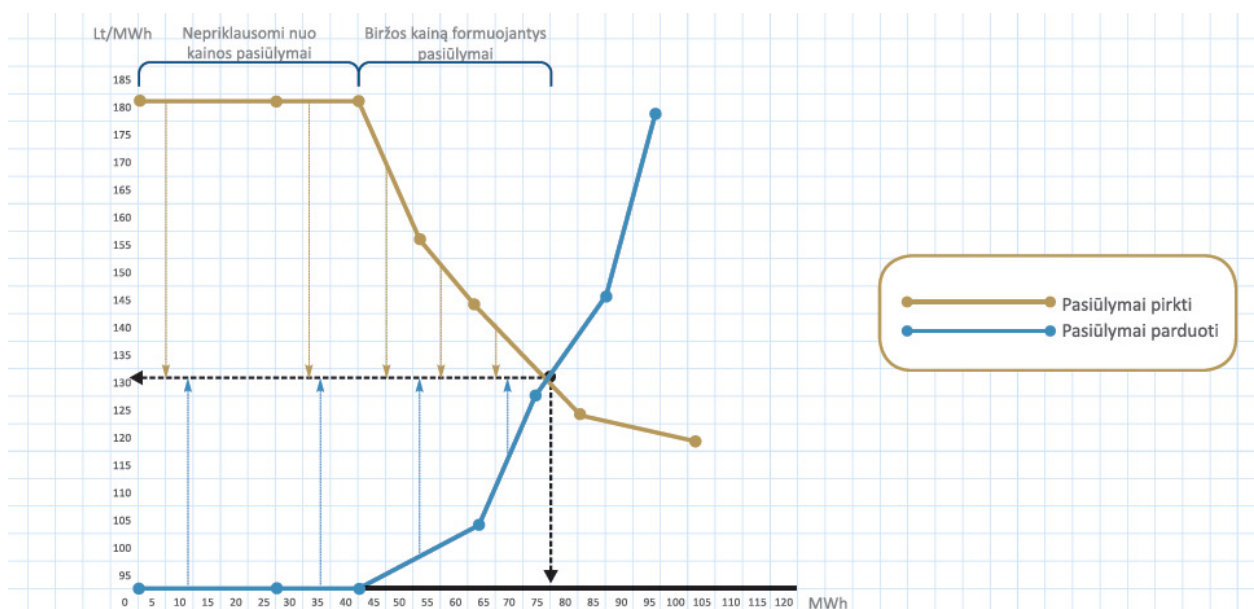
Elektros birža veikia pagal patvirtintą reglamentą – taisyklių rinkinį, kuriame aprašyti visi prekybos aspektai: prekybos kalendorius, pasiūlymų prekybai formos, išankstinių mokėjimų garantijų dydžio skaičiavimo principai, atsiskaitymų kalendorius, apyvartos mokesčiai, sankcijos, jei atsiskaitoma ne pagal nustatytus terminus, ir kt.

Biržoje pasiūlymai pirkti ir parduoti teikiami užpildant tam tikros formos lenteles būsimos dienos valandoms. Pasiūlymai siunčiami į sistemą apdorojimui. Visi pasiūlymai parduoti surūšiuojami pagal kainas, ir pirmiausia bus įvykdyti pardavimo pasiūlymai mažiausia kaina. Visi pasiūlymai pirkti taip pat surūšiuojami pagal kainas, ir pirmiausia bus įvykdyti pirkimo pasiūlymai didžiausia kaina.

Tokiu būdu suformuojamos dvi atskiros kreivės – pirkti ir parduoti, o sistema ieško šių dviejų kreivių susikirtimo taško.

Sistema gautus pasiūlymus sulygina pagal 2 principus: kad pasiūlymų parduoti elektros apimčių kainos būtų mažesnės arba lygios kainoms, nurodytoms pasiūlymuose pirkti bei pasiūlymų pirkti elektros apimtys atitiktų pasiūlymų parduoti elektros apimtis. Jei šie principai išlaikomi, sistema automatiškai patvirtina pirkimo/pardavimo sandorius.

Mažiausiais kiekis, kurį gali parduoti/pirkti rinkos dalyvis biržoje konkrečią valandą, yra 0,1 MWh arba 100 kWh. Pasibaigus prekybos sesijai, kiekvienas rinkos dalyvis gauna pranešimus apie prekybos elektra rezultatus: apie jo pasiūlymus, kurie buvo įvykdyti (nurodoma kiekis ir kaina).



2.2.1. pav. **Konkrečios valandos elektros energijos kainos ir prekybos apimties biržoje nustatymas**

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [17]

Reguliavimo elektros energija. Pasibaigus prekybos sesijai elektros biržoje, Lietuvos perdavimo sistemos operatorius LITGRID gauna visus duomenis apie nupirktus/parduotus elektros energijos kiekius, kurie bus gaminami ir vartojami rytoj.

Taigi LITGRID turi informaciją, kokie gamybos šaltiniai ir kokia galia turės dirbti, koks bus elektros importo ir eksporto srautas iš šalies ir į šalį, koks rinkos dalyvių vartojimo poreikis

bus kitą dieną. Remiantis šia informacija LITGRID sudaro gamybos ir vartojimo planus, kuriuos vykdyti privalo visi rinkos dalyviai. Be to, LITGRID planuoja importo ir eksporto srautus kitai dienai. Sudaromas balansas, kuris turi atitikti sąlygą: (gamyba + importas) = (vartojimas + eksportas). Tačiau gamybos ir vartojimo dieną gali atsitikti, o praktiškai, daugiau ar mažiau, bet atsitinka visada, kad tiekėjų prognozuotas ir nupirktas elektros kiekis neatitinka vartojamo kiekio bei gamintojų prognozuotas ir parduotas kiekis neatitinka faktiškai gaminamo elektros kiekio. Kitaip tariant, susiformuoja gamybos ir vartojimo nebalansas. Štai šį gamybos ir vartojimo nebalansą panaikinti turi perdavimo sistemos operatorius LITGRID.

LITGRID nurodo gamintojams padidinti gamybą, jei Lietuvoje trūksta elektros, arba sumažinti gamybą, jei elektros yra per daug. LITGRID perka elektros energiją, jei sistemoje jos trūksta, ir parduoda elektra, jei jos per daug. Ir šis elektros energijos kiekis vadinamas reguliavimo elektros energija.

Paprastai reguliavimo elektros energiją LITGRID perka/parduoda iš gamintojų, nes tik jie turi technines galimybes keisti elektros energijos gamybos režimus realiu laiku pagal perdavimo sistemos operatoriaus LITGRID nurodymus.

Mažmeninė elektros rinka. Dažniausiai mažmeninių vartotojų elektros apskaitos prietaisai gali fiksuoti tik tam tikro laikotarpio sukauptus suminius dydžius ir tik specialiai, dažniausiai vizualiai, juos nuskaitydami.

Elektros apimčių apskaitos klausimai yra tiekėjo, o ne vartotojo problema. Santykiai tarp tiekėjo ir vartotojo grindžiami abiejų pusių laisva valia. Vartotojas ir tiekėjas gali laisvai tartis, koku periodiškumu bus nustatomos elektros apimtys už ją atsiskaitant. Valandinė elektros apskaita yra visų didmeninės rinkos dalyvių – tiekėjų ir gamintojų – problema.

Kad nereikėtų vizualiai nustatyti elektros apimčių arba montuoti naujo tipo apskaitos prietaisų, šalys, įdiegusios valandinę prekybą, tai sprendžia gal ne tokiais tiksliais, tačiau paprastesniais būdais, pvz., sudarydamos tipinius ar likutinius grafikus. Sudarant tipinius grafikus visi vartotojai, neturintys valandinės apskaitos, suskirstomi į tipines grupes. Remiantis statistine analize, kiekvienai tokiai grupei individualiai sudaromas tipinis valandinis grafikas. Tai yra nustatoma, kiek procentų elektros iš bendro suvartoto elektros kiekio per tam tikrą laiką – parą ar mėnesį – suvartojama kiekvieną konkrečią valandą.

Tipinio valandinio grafiko sudarymo procedūra:

1. Susitariama, kiek vartotojų kategorijų, kurioms formuojami skirtingi tipiniai valandiniai grafikai, turėtų būti.

2. Parenkama po keletą vartotojų iš kiekvienos kategorijos ir prie jų prietaisų montuojami valandinių elektros vartojimo apimčių nustatymo prietaisai, prijungti prie automatizuotos duomenų nuskaitymo sistemos.

3. Mažiausiai vienerius metus kaupiama šių vartotojų faktinių elektros vartojimo apimčių statistika.

Statistinės analizės pagrindu pagal elektros vartojimo apimčių kitimą nustatoma, kiek procentų elektros nuo bendro elektros suvartojimo per metus buvo suvartota kiekvieną valandą. Taip įteisinamas metinis tipinis valandinis grafikas kiekvienai vartotojo kategorijai. Remiantis metiniu tipiniu valandiniu grafiku gali būti sudaromas atskiras paros tipinis valandinis grafikas kiekvienai parai atskirai kiekvienai vartotojų kategorijai.

Pasibaigus faktinio elektros vartojimo laikotarpiui, pagal suminius prekybos rezultatus nustatomas faktinis valandinis elektros vartojimo kitimas. Tipinių vartotojų kategorijų sąrašas ir kiekvienos iš jų tipiniai valandiniai grafikai skelbiami viešai. Tokiu būdu nustatomas menamas, tačiau prekybai didmeninėje rinkoje naudojamas valandinis grafikas. Šį modelį paprasta naudoti, tačiau prieš tai reikia atlikti nemažai paruošiamųjų darbų ir jis labai netiksliai atspindi realią padėtį.

3. NEPANAUDOJAMOS ENERGIJOS KAUPIMO KAUPIKLIUOSE BŪTINYBĖ

Vienas iš SET iššūkių yra gebėjimas susitvarkyti su energijos tiekimo trūkiais ir bloga elektros energijos kokybe. Bet tai turi būti padaryta iki tol kol vėjo, saulės ir kiti atsinaujinančios energijos šaltiniai užims svarią dalį energetikos sistemoje. Vienas iš šios problemos sprendimų yra energijos kaupikliai. Energijos kaupikliai įgalina balansuoti didžiulius kiekius atsinaujinančios energijos. Tai padės pagerinti energijos kokybę, jos tiekimą, bei pasitikėjimą atsinaujinančiais energijos šaltiniais.

Vieną iš naujausių energijos kaupiklių siūlo kompanija ABB. Ji siūlo panaudoti SVC Light technologiją kartu su energijos kaupikliais. SVC Light technologija – sistema tiekianti greitą reaktyviosios galios kompensavimą aukštos įtampos elektros tinkle. Tai išlygina įtampos ir srovės svyravimus elektros tinkle, ir tokiu būdu galima perduoti daugiau energijos per elektros tinklą bei padidinti jo stabilumą.

Pagrindiniai energijos kaupikliai su kuriais naudojama SVC Light sistema yra Li-ion baterijos. Tokia sistema sukurta pramonei, paskirstymui ir perdavimui, su ja įmanomas kad ir dažnio reguliavimas. Kita daug žadanti sritis, kur galima panaudoti tokius energijos kaupiklius PHEVs (plug-in hybrid electric vehicles) sistemoje.[2]

Šiuo metu naudojamų elektros energijos kaupiklių talpa yra iki 20 MW, su ABB siūloma technologija riba padidėja iki 50 MW, o veikimo laikas iki 60 min ir daugiau. Kadangi Li-ion baterijų kainos nuolat krinta, tokių sistemų pritaikymas taps prieinamas jau artimiausiu metu.

Tokia energijos kaupiklių sistema prijungiama prie tinklo per fazės reguliatorių ir galios transformatorių, pavaizduota 3.1. paveiksle.

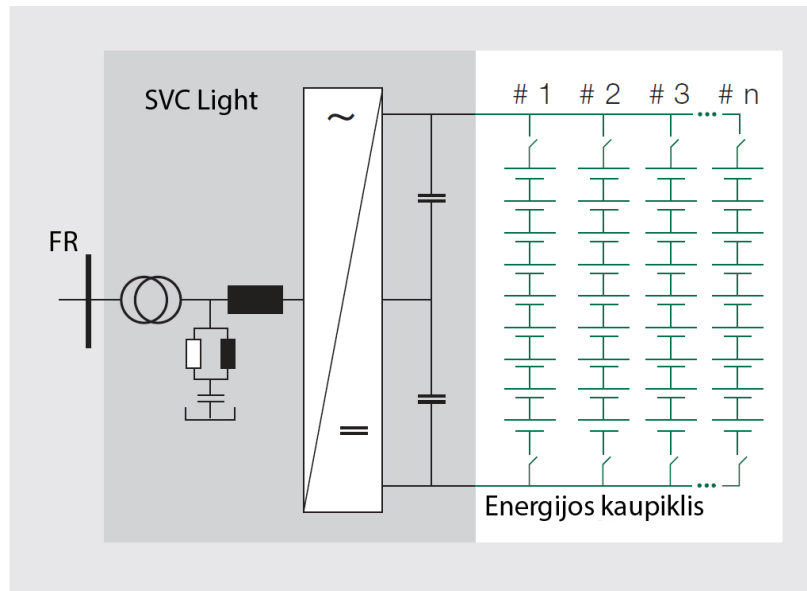
Tokia sistema gali reguliuoti tiek reaktyviają galią Q , tiek aktyviają galią P . Tinklo įtampa ir įtampos keitiklio srovė nustato keitiklio pilnutinę galią, o energijos pareikalavimas, baterijų dydį. Dėl tos priežasties maksimali baterijų galia gali būti mažesnė, už pilnąją įtampos keitiklio galią. Pavyzdžiui jei baterijų galia 10MW, tai įtampos keitiklio gali būti 30 MVA_r.

Norint, kad Li-ion baterijos turėtų norimą įtampą reikia baterijas sujungti nuosekliai, o norimas galingumas gaunamas nuosekliai sujungtas baterijų linijas jungiant lygiagrečiai. Li-ion baterijos pritaikytos SVC Light turi tokius požymius:

- Didelis energijos tankis;
- Labai trumpą reakcijos laiką;
- Didelę galios talpą;

- Gali būti daug kartų iškrautos ir įkrautos;
- Aukštas naudingumo koeficientas;
- Ilgai išsilaiko pakrauta (savaime neišsikrauna).

Tokia energijos kaupiklių sistema puiki priemonė perdavimo ir skirstymo tinklams atlaikyti pikines apkrovas. Taip pat tai puiki priemonė balansuojant vėjo, saulės ir kitų atsinaujinančių energijos šaltinių elektrinių galias, nes jų generuojama galia nėra pastovus dydis.



3.1. pav. SVC ir energijos kaupiklio sistema

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [2]

3.1. Elektros energijos kaupikliai

Šiuo metu pagrindinės elektros energijos kaupimo technologijos yra šios:

- Hidroakumuliacinės,
- Suspausto oro,
- Vandenilio,
- Superkondensatorių,
- Smagratinės,
- Regeneracinės elektrocheminės,
- Magnetinės energijos superlaidininkuose.

Hidroakumuliacinės energijos kaupyklos

Hidroakumuliacinė energijos kaupykla yra ne kas kita kaip hidroelektrinė su hidroakumuliacine sistema. Tokia sistema veikia kaip fontanas, tas pats vanduo naudojamas vėl ir vėl.

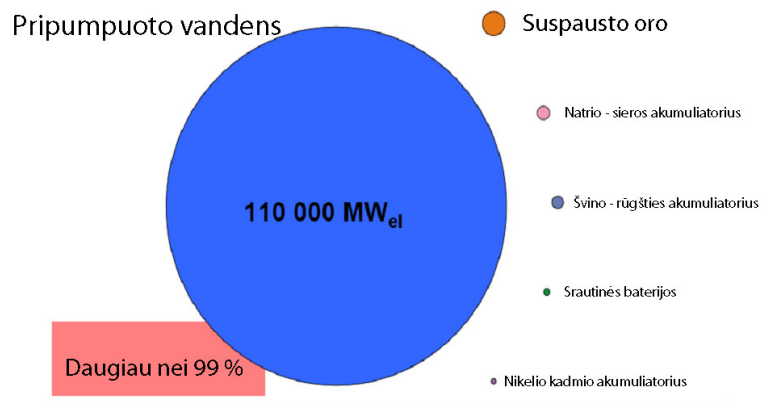
Hidroakumuliacinėje hidroelektrinėje, tekantis vanduo yra naudojamas elektros energijos gamybai, o vėliau jis laikomas žemutiniame rezervuare. Priklausomai nuo to, kiek elektros reikia, vanduo gali būti pumpuojamas atgal į viršutinį rezervuarą. Vandens pumpavimui į viršutinį rezervuarą reikia elektros energijos, taigi hidroelektrinėse hidroakumuliacinės sistemos paprastai naudojamos tik tada, kai yra didžiausias elektros energijos poreikis. Hidroakumuliacinė sistema yra patikimiausia energijos saugojimo sistema. Anglies ir branduolinės energijos jėgainės neturi energijos saugojimo sistemų. Jos turi persijungti į brangius, dujas ir mazutą naudojančius generatorius, kai žmonėms reikia daug elektros energijos. Jose taip pat negalima išlaikyti papildomai pagamintos energijos. Hidroakumuliacinių energijos kaupyklų viso ciklo naudingumo koeficientas yra 67-73 %.

Per dieną, kai žmonės naudoja daugiau elektros energijos, vandens srautas gali tekėti per elektrinę, kad būtų generuojama elektros energija. Vėliau, per naktį, kai žmonės naudoja mažiau elektros energijos, vanduo gali būti laikomas rezervuare.

Saugykla taip pat leidžia išlaikyti žiemos lietaus vandenį iki vasaros, kol iš jo bus generuojama energija, arba išlaikyti lietingų metų vandenį, kad elektros energija būtų gaminama per sausringus metus.

Hidroakumuliacinių energijos kaupiklių pagrindiniai parametrai:

Galia – 100 MW – 4000 MW; Energija – 500 mWh – 15 GWh; Iškvos trukmė 4h – 12h.



3.1.1. pav. Pasaulyje instaliuota energijos kaupiklių galia

Suspausto oro energijos kaupikliai

Suspausto oro energijos kaupyklose oras spaudžiamas naudojant perteklinę elektros energiją į požeminius rezervuarus (druskos urvus, apleistas kietųjų uolienu kasyklas, arba vandeningą sluoksnį) kuris paleidžiamas energijos pareikalavimo piko metu į turbinas/generatorius elektros energijos gamybai. Tokiu būdu piko valandomis suspaustas oras dujų turbinų elektrinėse laidžia iki 40 % sumažinti dujų sąnaudas. Suspausto oro energijos kaupykla yra vienintelė komerciškai prieinama technologija šiuo metu (be hidroakumuliacinių energijos kaupiklių) galinti aprūpinti energija dideles energijos sistemas (daugiau kaip 100 MW).

Galima paminėti didesnes suspausto oro energijos kaupyklas. Pirmoji veikianti suspausto oro energijos kaupykla 290 MW pastatyta Huntorfe, Vokietijoje 1978 m. Kita, 110 MW buvo pastatyta Alabamos valstijoje, JAV, 1991 m. Abi šios suspausto oro energijos kaupyklos, suspaustam orui, kaip rezervuarus naudoja druskos klodus esančius po jomis. [11]

3.1.1. lentelė

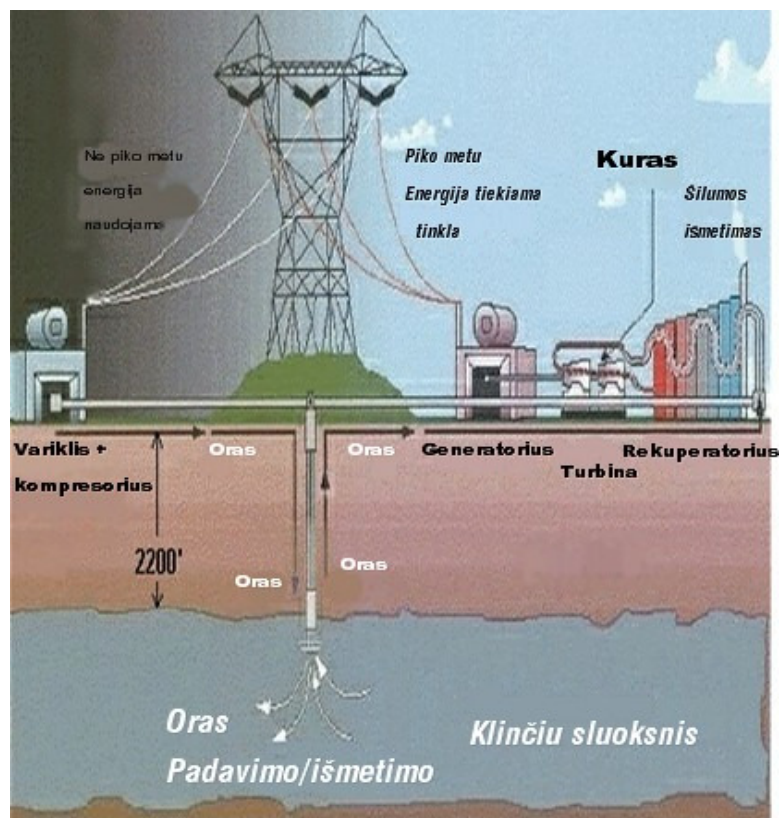
Huntorfo suspausto oro energijos kaupyklos specifikacijos

Turbinos režimas	290 MW (apie 3 h)
Kompresoriaus režimas	60 MW (apie 12 H)
Oro srauto kiekiai	
• Turbinos režimas	417 kg/s
• Kompresoriaus režimas	108 kg/s
Oro rezervuarų skaičius	2
Oro rezervuarų tūriai	apie 140 000 m ³ apie 170 000 m ³ apie 310 000 m ³
Iš viso	
Oro rezervuarų išsidėstymas po žeme	Viršus 650 m po žeme Apačia 800 m po žeme
Maksimalus rezervuarų diametras	60 m
Rezervuarų aukštis	250 m
Rezervuarų slėgiai	
• Leidžiamas minimalus	1 atmosfera
• Minimalus darbinis slėgis	20 atmosferų
• Optimalus darbinis slėgis	42 atmosferos
• Maksimalus darbinis slėgis	69 atmosferos
Maksimalus slėgio pasikeitimas	15 atmosferų per valandą

Teoriškai procesas, vykstantis suspausto oro kaupyklose, turėtų būti izoterminis, tačiau praktiškai tai neįmanoma, dėl techninių ir termodinaminių apribojimų. Menamas maksimumas sukauptos energijos, suspausto oro kaupyklose apskaičiuojamas pagal 3.1.2. formulę. Ideali dujų būsena apskaičiuojama pagal 3.1.1. formulę.

$$pV=nRT$$

3.1.1.



3.1.2. pav. Suspausto oro energijos kaupykla

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [11]

čia: p – dujų slėgis;

V – dujų tūris;

n – dujų molekulių skaičius;

R – Bocerio konstanta;

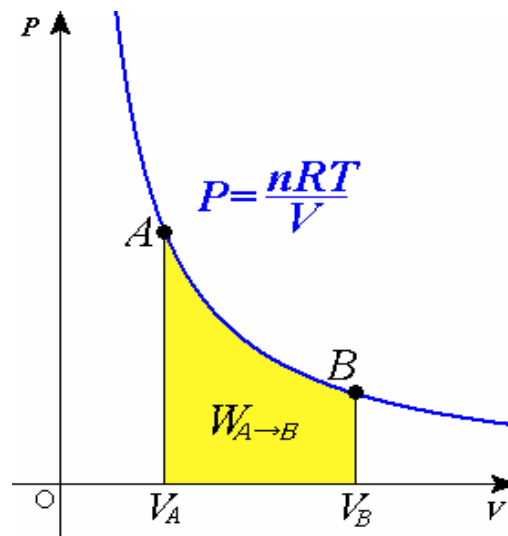
T – dujų temperatūra.

Remiantis apibrėžimu, darbas atliktas dujų izoterminio proceso metu lygus:

$$W_{AB} = nRT \ln(P_A/P_B) \quad 3.1.2.$$

Turint galvoje ryšį izoterminiame procese:

$$p_A V_A = p_B V_B \quad 3.1.3.$$



3.1.3. pav. **Idealiųjų dujų kreivė, vaizduojanti pastovios temperatūros dujų slėgio priklausomybę nuo tūrio. Fizikoje ši kreivė vadinama izoterma**

Vandenilio energijos kaupikliai

Vandenilis naudojamas vadinamose kuro celėse. Kuro celė veikia cheminės elektrolizės principu jungiantis deguonies ir vandenilio atomams. Kadangi gryno vandenilio Žemėje nėra, tai vandenilis atskirame reformeryje išskiriamas iš gamtinių dujų (ar kito energijos nešiklio), o deguonis imamas iš oro. Vandenilis nukreipiamas link anodo, kur katalizatorius skatina vandenilio atomus skilti į elektronus ir protonus. Speciali membrana (elektrolitas) atskiria anodą ir katodą, neleisdama elektronams ir protonams susijungti. Elektronams į katodą belieka judėti prijungtais laidais. Išsiskirianti energija (šiluma ir elektra) tiesiogiai gali būti naudojama patalpoms šildyti bei apšviesti. Panašus principas naudojamas elektromobiliuose, tik juose vandenilis dažniausiai išgaunamas iš spirito. Procesas švarus (vieninteliai likutiniai produktai yra vanduo ir šiluma) ir tylus (nėra jokių judančių dalių, nevyksta degimo procesas). Daugeliu atvejų kuro celių pritaikymas stacionariomis sąlygomis yra tikslingesnis ir ekonomiškесnis negu transporte. Kuro celės pastatuose veiks nepertraukiamai, todėl laikas, reikalingas pasiekti darbinę temperatūrą nuo veikimo pradžios, nėra reikšmingas veiksnys, taigi, šalia protonų mainų membranos, kuro celėse gali būti naudojamos ir aukštos temperatūros kuro celės (pvz., metalų oksidų), atspari aukštai temperatūrai membranos medžiaga. Stacionarias kuro celes galima įrengti gyvenamuosiuose namuose. Namų ūkio reikmėms gyvenamuosiuose namuose kuro celės naudojamos vadinamuosiuose kuro celių šildytuvuose.

Individualios celės elektrinis potencialas (įtampa) - 0,7 V yra per maža techninėms reikmėms tenkinti. Norint išgauti didesnę įtampą, į bendrą sistemą turi būti nuosekliai, t. y. viena paskui kitą sujungtos kelios celės. Tam tikras kuro celių skaičius turi būti pritaikytas atitinkamoms reikmėms ir reikiamai galiai išgauti. Energijos tiekimui namų ūkio poreikiams kuro celės jungiamos į maždaug 60-80 celių sistemą (paketa). Gretimų kuro celių dujos atskiriamos dvipolėmis plokštelėmis. Šios plokštelės gaminamos iš elektrai laidžių ir dujoms atsparių medžiagų. Visa kuro celių sistema sujungiama kartu naudojant izoliacinius dugnus ir traukles.

PEM (polimerinė elektrolitinė membrana) kuro celės taip pat turi didelį galios tankį ir ilgą eksploataavimo laiką. Kūrėjai siekia išgauti 2 kilovatų elektros energijos ir 3,5 kilovatų šiluminę galią. Jie taip pat nori pasiekti 32 proc. didesnę elektros energijos efektyvumą bei mažiausiai 87 proc. bendrąjį proceso efektyvumą. Inžinierių tikslas - pasiekti, kad kuro celės eksploataavimo laikas būtų ilgesnis nei 40 tūkst. valandų. Namų energetikos centras naudoja gamtines dujas, iš kurių kartu su vandens garais reformeryje gaunamos vandenilio prisotintos dujos, naudojamos kuro celėje.

Neoficialiomis žiniomis, 1 kW kuro celės galios rinkoje turėtų kainuoti apie 1 tūkst. eurų (3 450 litų). Namui su standartiniais poreikiais reikalingas apie 10 kW elektros galios įvadas, tokio įrenginio preliminari kaina būtų apie 10 tūkst. eurų (apie 34 500 Lt).

Šiuo metu vienos iš perspektyviausių yra kieto oksido kuro celės kurios dirba aukštose temperatūrose (630 – 930 °C). Dėl šios priežasties kieto kūno kuro celės (SOFC) gali naudoti įvairų kurą – metanolį, etanolį, natūralias dujas bei kitus angliavandenilius. Jei kurui nauduosime gryną vandenilį, tuomet gaunamos reakcijos produktas yra vanduo.

Pranašumai ir trūkumai

Pasauliui kelia grėsmę didelė anglies dioksido, išsiskiriančio degant angliai, dujoms ar benzinui, koncentracija atmosferoje. Vandenilio pagrindu veikiančios kuro celės neišskiria anglies dioksido ar kitų gamtai bei žmogaus sveikatai žalingų dujų. Kadangi kuro celių reakcijos produktas yra vanduo, jų veikimui reikia kur kas mažiau vandens iš išorės, palyginti su įprastais elektros generatoriais, kurių aušinimui naudojamas vanduo. Pagrindinis kuro celių pranašumas yra jų efektyvumas - su tuo pačiu kuro kiekiu galima pagaminti kur kas daugiau energijos (elektros ir šilumos) nei įprastai, o tai ypač aktualu senkant ir brangstant gamtiniams energijos ištekliams.

Nepatogumai, susiję su kuro celių veikimu, yra reikalavimas išgryninti reagentus, kad nebūtų užteršti kuro celės elektrodai. Taip pat išgaunama pastovi elektros srovė turi būti

paverčiama kintamos įtampos elektros srove, kurią galima būtų įjungti į bendrąją energijos sistemą. Dar keletas trūkumų, susijusių su kuro celių eksploatavimu:

- didelė kaina, masyvumas, trumpas gyvavimo laikas;
- masinės medžiagų, maitinančių kuro celes, gamybos trūkumas;
- vandenilio (kurio pagrindu veikia kuro celė) gamybos, sandėliavimo ir transportavimo proceso sudėtingumas.



3.1.4. pav. Vandenilio energijos sistemos panaudojimo galimybės

Superkondensatoriai

Superkondensatoriams, dėmesys sustiprėjo praėjusio dešimtmečio pabaigoje. Superkondensatorių elektrodai pasižymi labai dideliu paviršiaus plotu (iki 2500 m²/g) ir mažu atstumu (apie 0,1 nm) tarp teigiamų ir neigiamų krūvininkų koncentracijos zonų. Dėl šių dviejų priežasčių superkondensatorių talpa (iki 2500 F/g) yra iki milijono kartų didesnė už tradicinių kondensatorių talpą.

Pagrindinis kondensatoriaus parametras yra talpa, ji lygi krūvio ir išorinės įtampos santykiui:

$$C = \frac{q}{U} \quad 3.1.4.$$

Tradicinio, plokščiojo kondensatoriaus talpa yra tiesiogiai proporcinga jo elektrodų plotui ir atvirkščiai proporcinga atstumui tarp elektrodų:

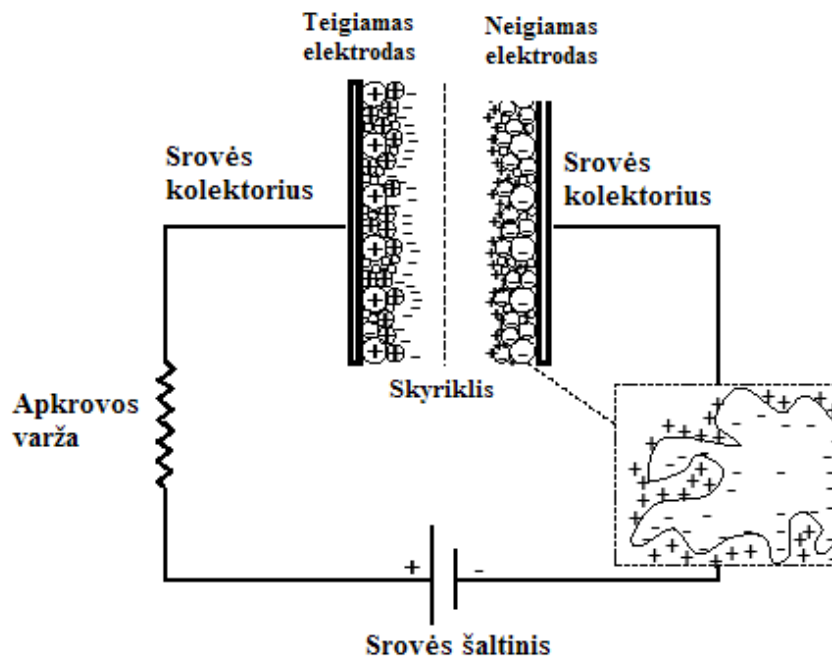
$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \quad 3.1.5.$$

Kondensatoriaus energija yra tiesiogiai proporcinga jo talpai:

$$E = \left(\frac{1}{2}\right)CU^2 \quad 3.1.6.$$

Tradiciniai kondensatoriai, palyginti su elektrocheminėmis baterijomis ir kuro elementais, turi didelį galios tankį (10^7 W/kg), tačiau žemą energijos tankį (0,1 Wh/kg). Baterijos gali sukaupti pakankamai daug energijos, tačiau jos negali suformuoti trumpo, didelės galios impulso. Todėl, kur yra reikalingi trumpi ir didelės galios impulsai dažniausiai, yra naudojami kondensatoriai.

Superkondensatoriai veikia pagal panašius principus kaip ir tradiciniai kondensatoriai. Tačiau jų elektrodų paviršiaus plotas (iki $2500 \text{ m}^2/\text{g}$) yra žymiai didesnis negu tradicinių kondensatorių, o tuo tarpu atstumas tarp elektrodų (0,1 nm) yra žymiai mažesnis.



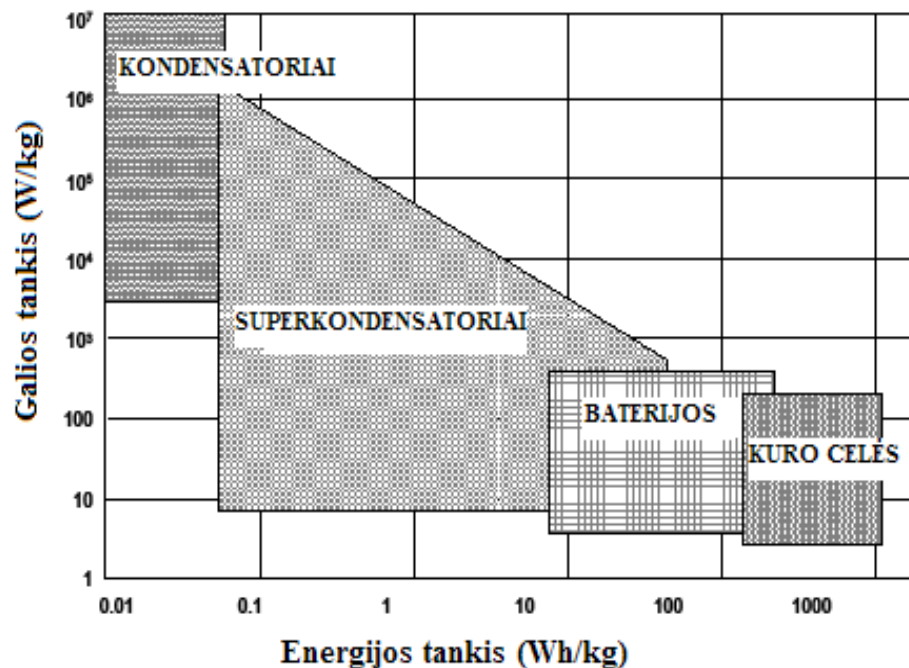
3.1.5. pav. Superkondensatoriaus krūvio kaupimo mechanizmas

Todėl superkondensatorių talpa ir sukaupiama energija yra žymiai didesnės negu tradicinių. Superkondensatoriai yra pranašesni ir dėl to už elektrochemines baterijas ir kuro elementus, kad jų yra žymiai ilgesnis cikliškumas (10^6 ciklų), trumpesnis krūvio kaupimo laikas (0,6 s). 3.1.5. paveiksle yra pavaizduotas superkondensatoriaus fizikinis krūvio kaupimo mechanizmas.

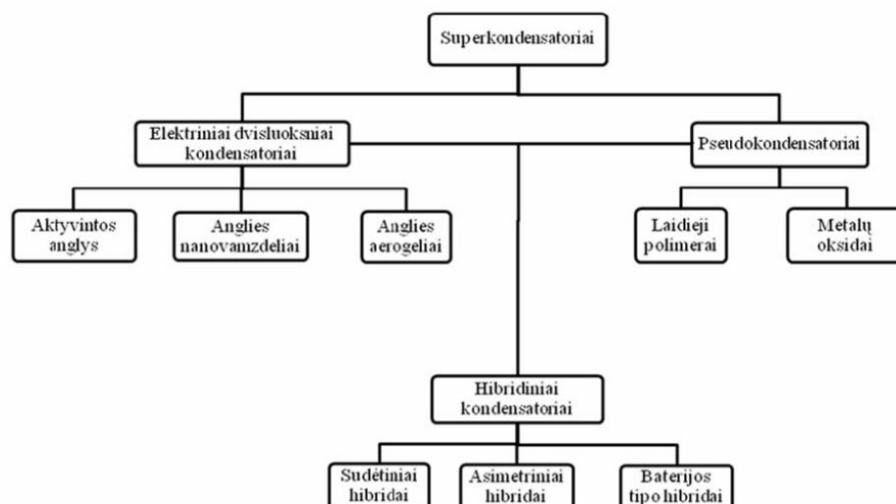
Superkondansatoriai pagal galios tankį užima tarpinę būseną tarp tradicinių kondensatorių ir baterijų (3.1.6. paveikslas).

Pagal naudojamas elektrodų gamybai medžiagas ir krūvio kaupimo mechanizmą superkondensatoriai yra skirstomi i tris klases: elektrocheminius dvigubo sluoksnio kondensatorius (EDSK), pseudokondensatorius ir hibridinius kondensatorius (3.1.7. paveikslas).

Superkondensatoriuose vyrauja du krūvio kaupimo mechanizmai: 1) Faradėjaus krūvio kaupimo mechanizmas, kai oksidacijos reakcijų metu vyksta krūvininkų mainai tarp elektrodo ir elektrolito, 2) ir atvirkščias procesas, kai cheminės reakcijos nevyksta, o krūvis yra kaupiamas fizikiniu būdu ant elektrodo ir elektrolito paviršių.



3.1.6. pav. Prietaisų, kaupiančių energiją, galios tankio priklausomybė nuo energijos tankio



3.1.7. pav. Superkondensatorių tipai

Smagratinės

Smagratis seniausias ir populiariausias energijos kaupiklis. Pirmiausia pritaikytas malūnuose, vėliau garo mašinos. Tai labai dažnai pasitaikantis energijos kaupiklis, su kuriuo dauguma susiduria jau vaikystėje žaisdami su mašinomis, kuriose yra įmontuotas smagratis.

Smagračių sandara kuri pritaikyta kaupti elektros energiją yra kitokią palyginus su kitais smagračiais naudojamais kitais tikslais. Energijos kaupime pagrindinis projektuotojų tikslas nudingumo koeficientas, talpa, ciklų skaičius, dinaminės savybės ir energijos tankumas smagratinėje sistemoje. Vienintelis panašumas elektros energiją kaupiančių smagračių su kitais smagračiais yra veikimo principas.[11]

Tokiose sistemose energija yra kaupiama besisukančiame diske. Diskas igyja greitį sukamas elektros variklio. Elektros energija kurią naudoja elektros variklis yra keičiama į besisukančio disko kinetinę energiją, kuri kaupiama greitai besisukančiame sunkiame diske. Kada šią energiją reikia iškrauti besisukančias diskas pradeda sukėti elektros generatorių ir tokiu būdu gaminama elektros energija. Teoriškai maksimali energija kuri gali būti sukaupta besisukančioje masėje yra:

$$E = \frac{J\omega^2}{2} \quad 3.1.7.$$

čia: J – smagračio inercijos momentas;

ω - sukamasis smagračio greitis.

Iš 3.1.7. formulės matyti, kad norint padidinti sukaupiamos energijos kiekį, daug efektyviau būtų didinti sukimosi greitį, nei smagračio masę.

Tipinė smagratinė sistema susideda iš: smagračio, elektros variklio/generatoriaus, galios elektronikos įrenginių, guolių ir gaubto.

Vienas iš smagratinių kaupiklių panaudojimo būdas tai atskirus smagratinės sistemos modulius, kurių kiekvieno galia yra 100 kW, sujungti į bendrą sistemą, kuri vadinama išmanios energijos matrica. Tokia sistema buvo sukurta „Beacom Team“ kompanijos ir yra naudojama Amsterdame ir Niujorke. Ši kompanija tikisi sukurti 20 MW išmanios energijos matricą, su 5 MWh talpa ir kurią, pilnu pajėgumu būtų galima paleisti per keturias sekundes.

Smagratinės energijos kaupimo sistemos labai greitai vystosi. Jų geros dinaminės savybės, sąlyginai maži matmenys mažos eksploatacijos išlaidos, padaro jas puikiai tinkančias transporte ir energetikoje. Energetikoje šios sistemos bus taikomos daugiausia trumpalaikiam energijos balansavimui vėjo elektrinių parkuose ar kartu su saulės elektrinėmis.



3.1.8. pav. Išmanios energijos matrica

Superlaidininkų magnetinės energijos kaupikliai

Pirmoji, trijų fazių superlaidininkų magnetinės energijos kaupimo sistema buvo ištyrinėta Los Alamos nacionalinėje laboratorijoje 1971 m.

Principas kuriuo veikia superlaidininkų magnetinės energijos kaupikliai yra energijos kaupimas didelėse magnetinėse ritėse, per kurias teka nuolatinė srovė. Energija, kurią galima sukaupti tokio tipo kaupikliuose aprašoma tokia formule:

$$E = \frac{LI^2}{2}$$

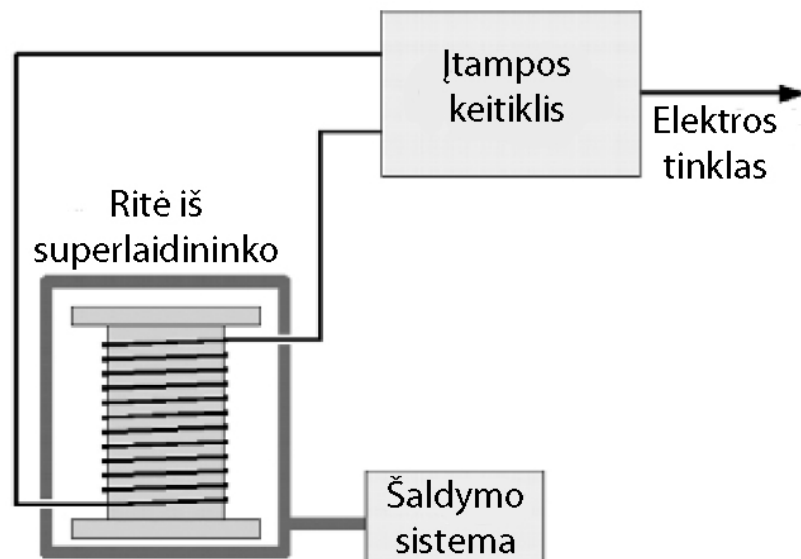
3.1.8.

čia: L – ritės induktyvumas; I – nuolatinė srovė tekanti per ritę.

Superlaidininkai ritėse naudojami dėl to, kad sumažintų nuostolius. Praktikoje, ritės yra įmerkiamos į skystą azotą ar helį. Pagrindinė techninė problema ričių projektavime yra jų šaldymas ir gamyba.

Superlaidininkų magnetinės energijos kaupikliai pasižymi labai geromis dinaminėmis savybėmis, jų reakcijos laikas kelios sekundės. Taip yra dėl labai mažos superlaidininko varžos, todėl tokie kaupikliai gali generuoti labai didelę galią. Dėl šios priežasties šių kaupiklių naudingumo koeficientas yra labai aukštas, visos sistemos (kartu su įtampos keitikliais) – 95%. Tačiau netgi maži komponentai kintamos srovės ritėje didina šios sistemos nuostolius. Todėl šiems kaupikliams yra būtinas keitiklis (lygintuvas – inverteris).

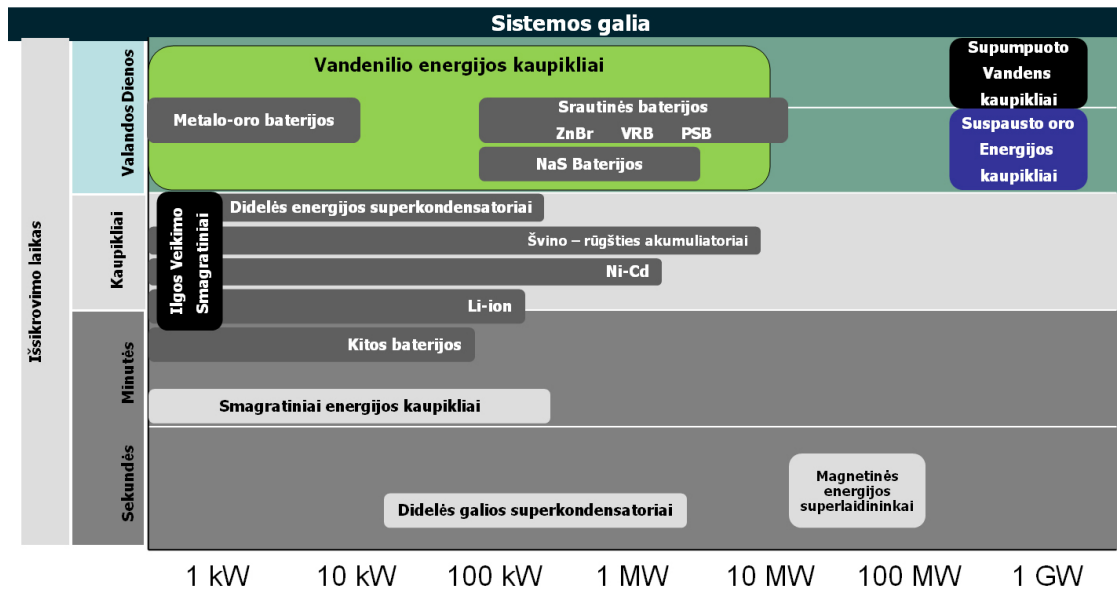
Superlaidininkų magnetinės energijos kaupikliai labai geri tokioms situacijoms, kai reikia didelės galios trumpiems laiko periodams, elektros energijos kokybei pagerinti, kur energija imama iš tinklo kinta dideliais šuoliais, pavyzdžiui prie didelių gamyklų.



3.1.9. pav. Superlaidininkų energijos kaupimo sistema

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [11]

Energijos kaupiklių palyginimas



3.1.10. pav. Energijos kaupiklių palyginimas

4. SUMANIEJI ELEKTROS PERDAVIMO TINKLAI

Pastaraisiais metais daug dėmesio skiriama fazoriaus matavimams. Tai įgalina matuoti geografiškai plačiai išsidėsčiusių perdavimo tinklų momentines įtampos ir srovės vertes labai dideliu tikslumu. Nors potencialas naudotis tokiais duomenis yra labai didelis realiai tokios matavimų sistemos įdiegiamos labai lėtai. Norint atlikti tokius matavimus reikia tuo pačiu metu tobulinti ir diegti infrastruktūrą, kuri įgalintu surinkti ir perduoti duomenis iš jutiklių kurie matuoja šiuos duomenis. Perėjimas prie naujesnės infrastruktūros su gerai išvystyta ryšių ir jutiklių sistema iš esmės būtų perėjimas prie išmaniųjų perdavimo tinklų.

Laikykime, kad aukštos įtampos pastotėse, skirtų elektros energijos perdavimui jau yra jutikliai, kurie gali surinkti didžiulius kiekius informacijos. Šią informaciją būtų galima suskirstyti į dvi dalis: pirmoji, tai informacija apie jungtuvų būseną, įjungtas išjungtas, ir antroji, tai analoginiai signalai tokie kaip srovė, įtampa kuri yra matuoja sinchronizuotai iki 100 kartų per sekundę (toks matavimas vadinamas sinchronizuotu fazoriaus matavimu). Šiandien tokie duomenų kiekiai negali būti perduodami per atstumą vien dėl neišvystytos ryšių sistemos.

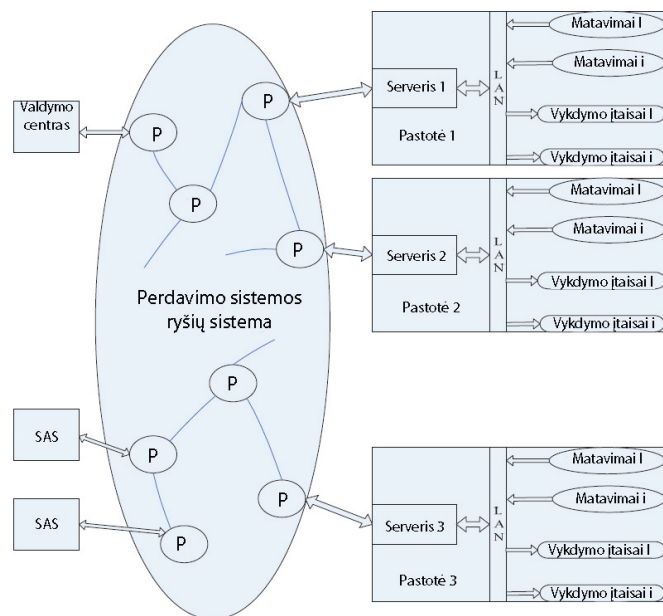
Paprastai šie duomenys naudojami vietoje (pačioje pastotėje) jos valdymui ir saugumui. Apsaugai reikalingi paprasti, greitai perduodami duomenys, tam kad jungtuvai galėtų suveikti milisekundžių greičiu. Dažniausiai vietoje yra kontroliuojama įtampa, tačiau ši kontrolė paprastai būna per lėta. Paprastai rementis šiais matavimai vietoje yra atliekami paprasti skaičiavimai ir jie yra saugomi skaitmeniniuose gedimų analizatoriuose (SGA). Visi šie pastotės duomenys yra renkami ir nutolusiuose duomenų surinkimo terminaluose, kas suteikia galimybę ją gauti į valdymo centrą per ryšių kanalus.

4.1. Informacijos srautai sumaniajame paskirstymo tinkle

Kaip jau minėta, laikytina, kad naujausios ryšių ir kompiuterių technologijos jau yra įdiegtos pastotėse. 4.1.1. paveiksle matyti kaip turi atrodyti tokios sistemos infrastruktūra.

4.1.1. paveiksle ryšių sistema parodyta kaip dviejų lygių hierarchija. Kiekviena pastotė turi savo pačios spartų vidinį tinklą (LAN), kuris apjungia visus matavimus ir programas. Kiekviena pastotė taip pat turi savo serverį, kurio pagalba per maršrutizatorių jungiasi prie aukštesnio lygio ryšių tinklo. Taigi visos duomenų paraiškos, kurios reikalauja duomenų daugiau

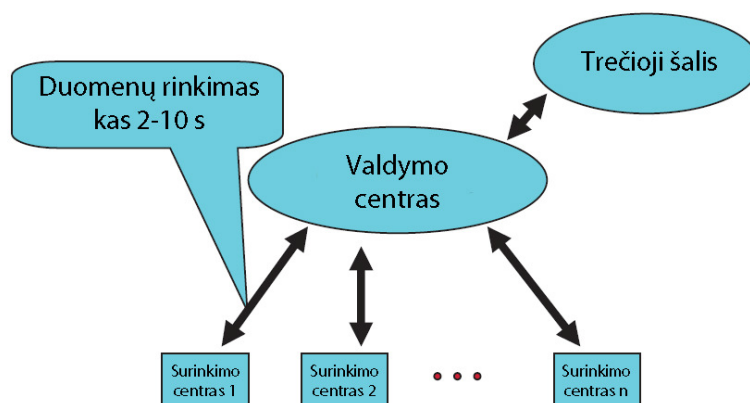
nei iš vienos pastotės, t.y. duomenų paraiškos kurios nėra vietinės, turi naudoti aukštesnio lygio ryšių tinklą duomenų rinkimui ir siuntimui.



4.1.1. pav. **Realaus laiko informacijos perdavimo infrastruktūra**

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [3]

Šis, aukštesnio lygio tinklas, parodytas 4.1.1. paveiksle, kaip maršrutizatorių tinklas, aptarnaujantis visas, ne vietines pastočių paraiškas. Daugiausia paraiškų gauti duomenims pateikia valdymo centras (SCADA). Šiuo metu SCADA apjungia visus nutolusius duomenų surinkimo centrus ir iš jų lėtai renka informaciją, kas 2-10 s, 4.1.2. paveikslas.



4.1.2. pav. **Šiandieninė ryšių sistema**

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [3]

Be to, nutolusiuose duomenų surinkimo centruose ne visuomet būna visa informacija, kuri matuojama pačiose pastotėse. Paveiksle 4.1.1. nutolę duomenų surinkimo serveriai pakeisti serverio maršrutizatoriais ir turi prieigą prie visų pastotės duomenų per jos vietinį tinklą (LAN). Tačiau norint surinkti tokį didelį informacijos kiekį būtina ryšiams naudoti optinius kabelius.

Tokio sistemoje, kuri pavaizduota 4.1.1. paveiksle informacijos srautai juda labai greitai, pavyzdžiui specialios apsaugos schemos (SAS) vienu metu gali priimti kelis sinchronizuotus signalus iš skirtingų pastočių ir tuo pačiu metu siųsti valdymo signalus į kitas skirtingas pastotes. Maršrutizatorius gali tiesiogiai reikalingus duomenis nukreipti į SAS, vietoj to, kad SAS turėtų laukti kol valdymo centras atrinks reikiamus duomenis ir juos perduos SAS.

Tačiau bet kokių atveju valdymo centras surenka visus duomenis ir atlieka keletą funkcijų, kurias būtų galima suskirstyti į tris klases:

1. Operatoriaus stebėjimas visos perdavimo sistemos, kas reikalauja geros vizualizacijos ir pavojaus signalų
2. Analizuoja nenumatytus sistemos gedimus
3. Atlieka automatinį valdymą, tokį kaip automatinis elektros energijos generavimo valdymas (EGV)

Tinklo maršrutizatoriai 4.1.1.paveiksle parodyti, kaip vieno lygio, be hierarchijos. Kiekviena pastotė turės bent viena maršrutizatorių kurie bus sujungti didelio greičio ryšių linija, kuriai geriausiai tinka optiniai kabeliai.

Pastočių informacinės sistemos architektūra

Visa įranga esanti pastotėse turi būti mikroprocesorinė ir turėti galimybę saugoti visus duomenis skaitmeniniu pavidalu. Norint sukurti vietinį pastotės tinklą, reikia, kad visi signalai tiek stebėjimo, tiek kontrolės taip pat būtų skaitmeniniai. Ryšių protokolas yra standartizuotas pagal 61850 standartą. Visi matavimai ir kontrolė gali būti atliekama labai tiksliai laiko atžvilgiu, naudojant GPS signalą.

Dėl to duomenų kiekis kuris gali būti saugomas pastotėse yra milžiniškas. Šis duomenų kiekis susidaro tiesiog iš daugybės matavimų ir paskaičiavimų kuriuos atlieka skaitmeniniai klaidų registratoriai, įvykių sekos registratoriai ir kiti intelektualūs prietaisai.

Dauguma šių duomenų naudojami vietiniame pastotės tinkle jos valdymui, tačiau dalis jų gali būti naudojami ir už pastotės ribų. Šiuo metu tik labai ribotą duomenų kiekį, fiksuojamą pastotėse, galima gauti realiu laiku per nutolusius duomenų surinkimo centrus. Todėl ryšių sistemą, su nutolusiais duomenų surinkimo centrais, būtina keisti į pasiūlytą ryšių sistemą 4.1.1. paveikslas.

Duomenų paskirstymo ryšių infrastruktūra

Šiuo metu realaus laiko duomenų bazės yra kontrolės centro SCADA sistemose. Į tokias sistemas duomenų surinkimas per nutolusius duomenų surinkimo centrus yra lėtas, atnaujinama kas kelias sekundes.

Realaus laiko duomenų kiekis esantis pastotėse yra žymiai didesnis, nei randami duomenys nutolusiuose duomenų surinkimo centruose. Siūloma sistemos infrastruktūra, 4.1.1. paveikslas yra daug labiau išplėtotas ir turi priėjimą prie kiekvienos pastotės serverio. Visų pastočių surinktų duomenų kiekis yra milžiniškas, todėl neįmanoma realu laikų jų visų surinkti vienoje vietoje (ir nereikia). Todėl aprašomoje sistemoje duomenys yra saugomi išskirstytuose serveriuose, tai yra kiekvienos pastotės serveryje. [4]

Duomenų valdymas tokiose paskirstytuose serveriuose smarkiai skiriasi nuo dabar naudojamo, kai duomenys yra saugomi vienoje vietoje. Tarp serverių reikia tarpininkų, kurie gali ne tik sekti, kur konkrečiai kiekvienu laiko momentu yra duomenys, bet ir juos perduoti į reikiamą vietą, kai to reikia. Tokių tarpininkų paskirstymo elektros tinkle šiuo metu nėra, tačiau jie naudojami kitose sistemose.

Pritaikymas

Didelės teritorijos kontrolė

Be šios kontrolės veitinė kontrolė ir toliau bus vystoma, o didelės teritorijos kontrolės pagrindinis tikslas padidinti elektros perdavimo sistemos stabilumą.

Dažnio kontrolė

Dažnis yra reguliuojamas su generatoriais, balansuojant apkrovą. Pagrindiniai generatorių valdytojai yra vietiniai, tačiau jie gali būti reguliuojami ir nuotoliniu būdu. Pirminis valdymas vyksta nuolatos, o nutolęs kas 2-4 sekundes. Visi generatoriai, t. y.

Elektrinės nepriklauso vienam savininkui, todėl jų valdymas yra decentralizuotas. Todėl ši reguliavimą turėtų atlikti trečioji šalis. Tačiau ji tai galėtų daryti tik tuo atveju, jeigu būtų gerai išvystyta ryšių infrastruktūra, tam, kad galėtų stebėti realią padėtį perdavimo elektros tinkle.

Įtampos valdymas

Įtampos valdymas Šiaurės Amerikoje visuomet buvo vietinis, o Europa ir Kinija tai bando daryti su regioninės kontrolės sistemomis. Dabar jau ir Šiaurės Amerikoje planuojame pereiti prie regioninio įtampos reguliavimo, kadangi ten įvykusios didelės elektros tinklo avarijoms didelę įtaką turėjo sumažėjusi įtampa.

Trumpalaikė stabilumo kontrolė

Tokios kontrolės sistemos kūrimas yra pats sudėtingiausias, nes trikdžiai sukeltas nestabilumą, gali būti kontroliuojami tik tokiu atveju, jeigu skaičiavimai ir analizė atliekami bei perduodami duomenys ryšių sistema labai greitai. Visa tai galima atlikti trimis būdais:

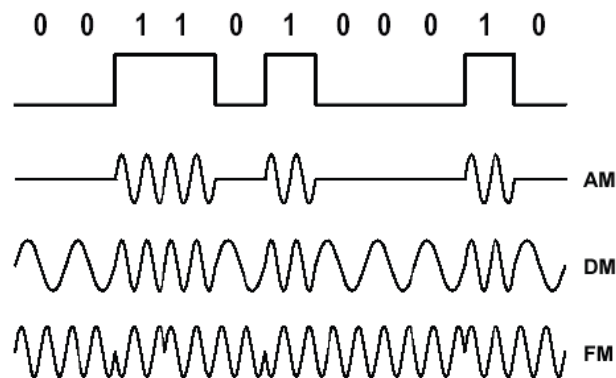
- Tai galima atlikti rankiniu būdu pačiam atliekant skaičiavimus ir valdant apsaugos sistemas, tačiau tai suveiktų tik tuomet, kai jau atsiranda gedimas;
- Antras būdas yra reguliuoti apsaugos schemas, naudojant realiu laiku gautus skaičiavimus;
- Trečiasis ir paskutinis būdas visa tai daryti automatiškai, vos tik pasireiškus gedimui. Šis būdas galimas tik tuomet kai bus išvystyta ryšių infrastruktūra.[3]

4.2. Trumpa informacijos kodavimo būdų apžvalga

Perduodant informaciją ją būtina koduoti, kad perduodamas signalas būtų teisingai perskaitytas ir iššifruotas. Informacija perduodama dvejetainio kodo formate. Kodavimui naudojami du būdai: analoginė moduliacija ir skaitmeninis kodavimas.

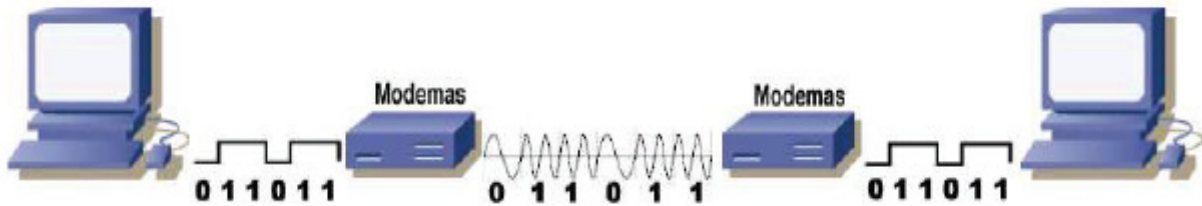
Analoginė moduliacija, tai analoginio signalo parametrų (amplitudės, dažnio ir fazės) keitimas koduojant siunčiamą skaitmeninę informaciją. Yra trys pagrindiniai analoginės moduliacijos būdai:

1. Amplitudinė moduliacija (AM)
2. Dažninė moduliacija (DM)
3. Fazinė moduliacija (FM)



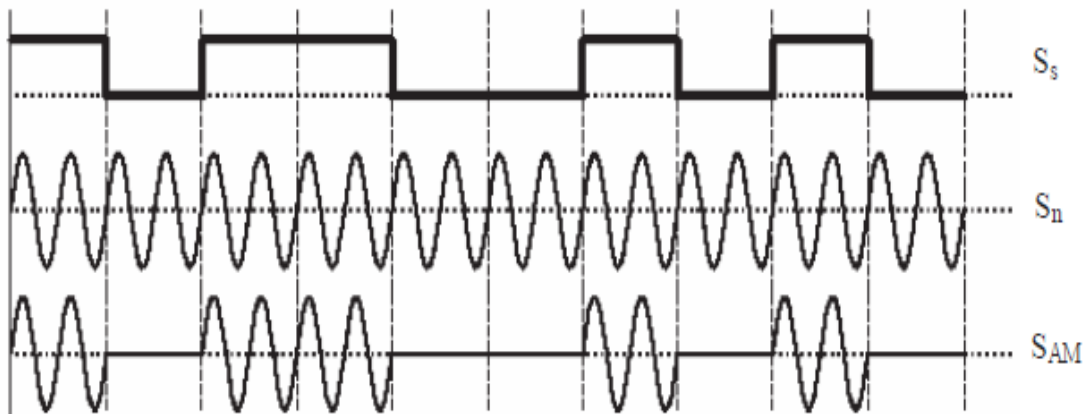
4.3.1. pav. Analoginės moduliacijos būdai

Analoginė moduliacija dažniausiai taikoma skaitmeniniam signalui perduoti, analoginio ryšio linijomis. Todėl šiam tikslui naudojami specialūs įrenginiai – modemas, atliekantys moduliavimo – demoduliavimo funkciją. Duomenys tarp modemo ir kompiuterio perduodami skaitmeniniu signalu, o analoginio ryšio linijomis, tarp modemų, analoginiu signalu.



4.3.2. pav. Duomenų perdavimas panaudojant modemas

Amplitudinė moduliacija. Naudojant šią moduliaciją skaitmeninio signalo loginiai lygiai keičiami į skirtingos amplitudės periodinius analoginius signalus.

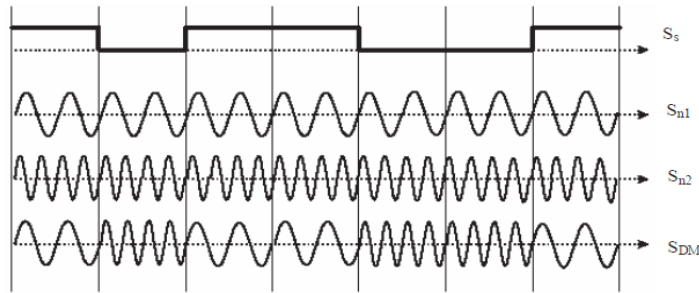


4.3.3. pav. Amplitudinė moduliacija

Čia nešantysis signalas S_n (moduliuojamas analoginis signalas) moduliuojamas keičiant jo amplitudę priklausomai nuo skaitmeninio signalo loginio lygio.

Dažninė moduliacija

Naudojant dažninę moduliaciją, skaitmeninio signalo loginiai lygiai keičiami į skirtingo dažnio periodinius signalus.

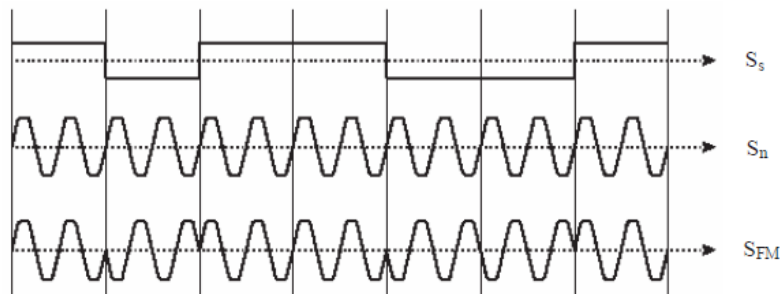


4.3.4. pav. **Dažninė moduliacija**

Naudojant šį kodavimo būdą naudojami keli skirtingo dažnio nešantieji signalai S_{n1} ir S_{n2} 4.3.4. paveikslas. Moduluojant vienas nešantysis signalas keičiamas kitu, priklausomai nuo skaitmeninio signalo loginio lygio ir sukuriamas naujas signalas S_{DM} .

Fazinė moduliacija

Naudojant fazinę moduliaciją, pereinant iš vieno skaitmeninio signalo loginio lygio į kitą, keičiama analoginio periodinio signalo fazė.

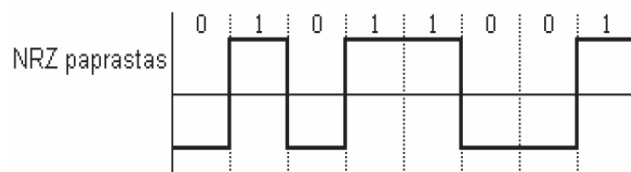


4.3.5. pav. **Fazinė moduliacija**

Nešantysis signalas moduluojamas keičiant fazės skirtumą priklausomai nuo skaitmeninio signalo loginio lygio, ir tokiu būdu sukuriamas naujas signalas S_{FM} .

Skaitmeninis kodavimas

Vietiniuose kompiuteriniuose tinkluose naudojami skaitmeniniai signalai informacijos perdavimui. Pats paprasčiausias kodavimo būdas tokiems signalams yra potencialų kodavimo be grįžimo į nulį. Toks kodavimas pavaizduotas 4.3.6. paveiksle.



4.3.6. pav. **Potencialų kodavimas be grįžimo į nulį**

Nors šis kodavimo būdas ir labai paprastas vietiniuose tinkluose (LAN) jis nenaudojamas, nes neturi savaiminio sinchronizavimo funkcijos.

LAN tinkluose naudojami kiti kodavimo būdai, tokie, kurie atitinka šiuos reikalavimus:

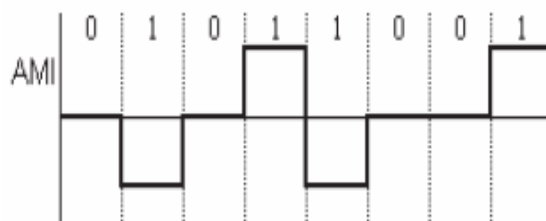
- Esant tam pačiam duomenų perdavimo greičiui, turi būti mažiausias duomenų spektro plotis;
- Turi būti užtikrintas siųstuvo ir imtuvo sinchronizavimas;
- Turi būti galimybė kontroliuoti klaidas;
- Turi būti maža realizavimo kaina.

Siaurinant duomenų spektro plotį. Per tą patį ryšių kanalą galima perduoti daugiau duomenų.

Sinchronizavimas svarbus tam, kad imtuvas žinotų, kada pradėti skaityti duomenis. Duomenis perduodant nedideliais atstumais, kad ir tarp kompiuterio ir jo išorinių įrenginių, naudojama papildoma ryšio linija signalo sinchronizavimui, kuria perduodamas signalas kada reikia pradėti skaityti duomenis. Duomenis perduodant didesniais atstumais papildoma ryšio linija nenaudojama, tokiais atvejais naudojami savaiminio sinchronizavimosi kodavimo būdai, kartu perduodama ir informacija kada tuos duomenis reikia nuskaityti.

Binarinio kodavimo būdas su alternatyvia inversija

Čia naudojami trys potencialo lygmenys. Neigiamas nulis ir teigiamas.

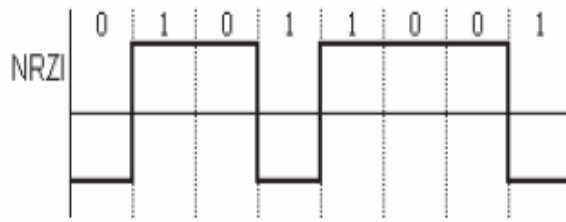


4.3.7. pav. **Binarinis kodavimas su alternatyvia inversija**

Loginis nulis koduojamas loginiu potencialu, loginis vienetas – arba teigiamu arba neigiamu potencialu, pakaitomis. Tokiu būdu užtikrinamas savaiminis sinchronizavimas. Tačiau esant ilgoms nulių eigoms sumažėja savaiminio sinchronizavimo galimybės. Norint to išvengti, kartu reikia naudoti loginį kodavimą.

Potencialų kodavimo būdas su inversija esant vienetai

Šio kodavimo principas toks, kad perduodant vienetai keičiamas potencialas iš teigiamo į neigiamą arba atvirkščiai, o perduodant nulį potencialas nėra keičiamas.

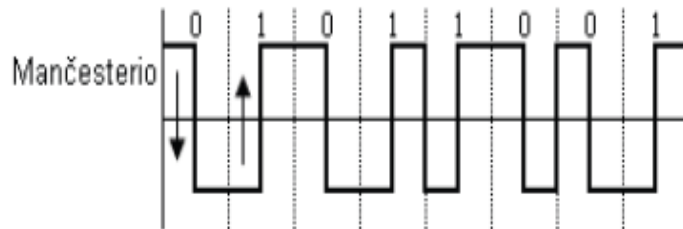


4.3.8. pav. **Potencialų kodavimas su inversija esant vienetai**

Šis kodavimo būdas naudojamas perduodant duomenis optinio ryšio linijomis, kur naudojamos tik dvi būsenos šviesu arba tamsu.

Mančesterio kodavimo būdas

Čia vienetai ir nuliai koduojami potencialų kitimu. Kai pereinama iš vieneto į nulį būna neigiamas potencialas, o pereinant iš nulio į vieneta teigiamas. Signalas per vieną taktą kinta mažiausiai vieną kartą užtikrindamas savaiminį sinchronizavimą. Šis kodavimo būdas taikomas tokiuose tinkluose kaip Ethernet ir Token ring.



4.3.9. pav. **Mančesterio kodavimo būdas**

5. SUMANIEJI ELEKTROS SKIRSTOMIEJI TINKLAI

Vystantis sumaniesiems tinklams atsiras daugiau ir daugiau sudėtingų valdymo reikalavimų, dėl ko reikės gerinti ryšių ir informacijos perdavimo sistemą. Šiandien elektros tinklas yra perėjimo stadijoje į sumanųjį elektros tinklą. Ateityje tokie tinklai, įskaitant paskirstytąjį generavimą, vartotojų dalyvavimą elektros rinkoje reikalaus didinti automatizaciją ir gerinti tinklo ryšius, kurie bus naudojami sujungti apsaugos ir valdymo įrenginius naudojamus skirstomajame tinkle. Būtina tokių ryšių sąlyga patikimumas, t.y. visi valdymo ir apsaugos įrenginiai turi turėti ryši per įvairius kanalus.

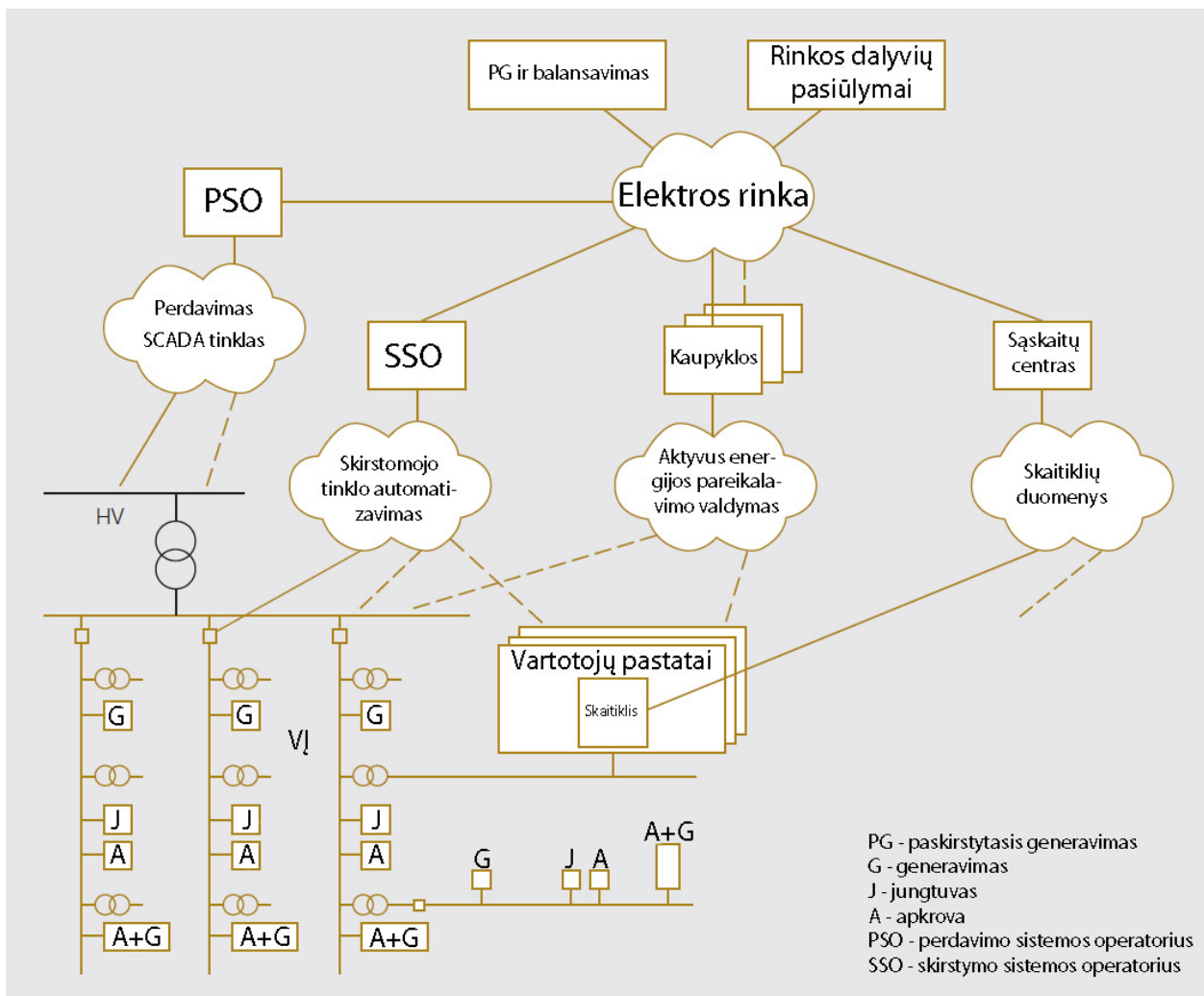
Išmanus skirstomųjų elektros tinklų valdymas prasidėjo jau gana senai, daugiau negu prieš 60 metų, tuomet naudojama pulsacinio valdymo sistema leido pikines apkrovas valdyti per selektyvų sujungimą arba atjungiant apkrovų grupes. Ši sistema naudojo paskirstymo linijas kaip patikimą ryšio priemonę. Signalas buvo siunčiamas girdimu dažniu, kurį galėdavo praleisti vidutinės ir žemos įtampos transformatoriai ir buvo priimamas imtuvuose, sumontuotuose žemos įtampos linijose ant vartotojų patalpų. Tokiu būdu siunčiamos komandos nuotoliniu būdu junginėdavo dideles apkrovas ar apkrovų grupes, tokias kaip skalbimo mašinos, karšto vandens boileriai, elektrinį šildymą ir gatvių apšvietimą. Galimybė turėti patikimą ryšio kanalą tarp valdymo centro ir galinio vartotojo įrangos palengvina pikinių apkrovų valdymą.

5.1. lentelė

Šiuo metu panaudojami ryšiai elektros tinkle

Generavimas	<ul style="list-style-type: none">• Elektrinių valdymas• Pastočių automatizavimas• Apsauga ir valdymas
Perdavimas	<ul style="list-style-type: none">• Tinklo valdymas• Pastočių automatizavimas• Apsauga ir valdymas
Skirstymas	<ul style="list-style-type: none">• Tinklo valdymas• Pastočių automatizavimas• Fyderių automatizavimas
Vartotojų automatizacija	<ul style="list-style-type: none">• Automatinis skaitiklio rodmenų nuskaitymas• Vagysčių aptikimas• Apkrovų valdymas

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [2]



5.1. pav. **Ryšiai reikalingi sumaniajame elektros tinkle**

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [2]

Ateityje energetikos sistemoje vis didesnę dalį užims paskirstytasis generavimas ir keisis elektros rinkos sąlygos. Vartotojas galės tapti aktyviu rinkos dalyviu. Keisis elektros energijos tinklo struktūra, plečiantis paskirstytam generavimui, ji nebebus tokia, kad elektros energija tiekama į vieną pusę iš didžiųjų elektrinių vartotojams. Nedideli energijos šaltiniai ir jos vartotojai bus plačiai pasklidę geografiškai, ko pasėkoje, energijos tiekimo kryptis į tokį tinklą keisis greitai, tai reikalaus aukštesnio lygio apsaugos ir valdymo. Be to bus išaugusi vartotojų priklausomybė nuo elektros energijos tiekimo. Taigi tikslas yra išlaikyti ir padidinti elektros tiekimo patikimumą bei jos kokybę: patikimumo matas yra vidutinis nutraukimų dažnio indeksas (SAIFI).

Siekiant įvykdyti didėjančius reikalavimus, paskirstymo tinkle reikia įdiegti išmanią automatizavimo sistemą, kuri reikalauja pažangios ryšių infrastruktūros. Žiūrint į ryšių infrastruktūros perspektyvą, išmanaus tinklo funkcijos gali būti skirstomas į tris klases, pagal tai kokio lygio ryšiai yra reikalingi: skirstomojo tinklo automatizavimas, aktyvus elektros energijos poreikio valdymas ir pažangi matavimų sistema. [2]

Skirstomojo tinklo automatizavimas

Elektros energijos paskirstymo automatizavimas susijęs su elektros tinklo valdymu, t.y. srovių ir įtampų stebėjimu tinkle, bei nutolusių įtaisų valdymu, tokių kaip jungtuvai ar transformatoriai. Kai gedimas atsiranda vidutinės įtampos dalyje, jungtuvai tą tinklo dalį, kurioje yra gedimas, atjungia. Likusios, neatjungtos dalys turi greitai persijungti naudojant vidutinės įtampos jungtuvus, tokiu būdu atstatomas elektros tiekimas kuo didesnei vartotojų grupei. Nuotolinį perjungimą atlieka tie kas prižiūri vidutinės įtampos tinklą, arba pastotės kompiuteris, tie perjungimai ir yra pagrindinis paskirstymo automatizavimo tikslas. Paprastai tokių avarių metu, būna kreipiamasi į kelis ar netgi šimtus nutolusių įrenginių. Kreipimosi laikas svyruoja nuo šimtųjų sekundės dalių iki kelių sekundžių. Svarbu pažymėti, kad nuotolinė apsaugos funkcija, reikalauja gero ryšio tarp įrenginių ir greitos reakcijos (milisekundės), kuri paprastai šiuo metu yra negalima.

Aktyvus elektros energijos poreikio valdymas

Šiai funkcijai atlikti reikia energijos poreikio planavimo, kaupiklių sistemos ir paskirstytojo generavimo. Visi šie dalykai valdomi pagal energijos kiekių ir kainų signalus. Tikslas yra didinti veiksmingumą ir išvengti elektros tinklo perkrovų. Ši funkcija, laiko atžvilgiu, nėra tokia svarbi kaip paskirstymo automatizavimas, pakankamas reakcijos laikas – kelios minutės.

Pažangi matavimų sistema

Šios sistemos tikslas įrašyti faktinius galios srautus ir pateikti informaciją sąskaitos išrašymui, atsižvelgiant į tai, kad elektros kaina skirtingu laiku galėjo būti skirtinga. Turi būti išvystyta tokios matavimo sistemos infrastruktūra ir duomenys iš daugybės išmaniųjų skaitiklių perduodami į sąskaitų išrašymo centrą, kur pagal atsiųstus duomenis iš skaitliuko automatiškai paskaičiuojama suma už suvartotą elektros energiją. Tokia informacija į sąskaitų centrą reikėtų perduoti tik kartą per nustatytą laikotarpį (dieną, savaitę ar mėnesį).

5.1. Informacijos srautai guviuose skirstomuosiuose elektros tinkluose

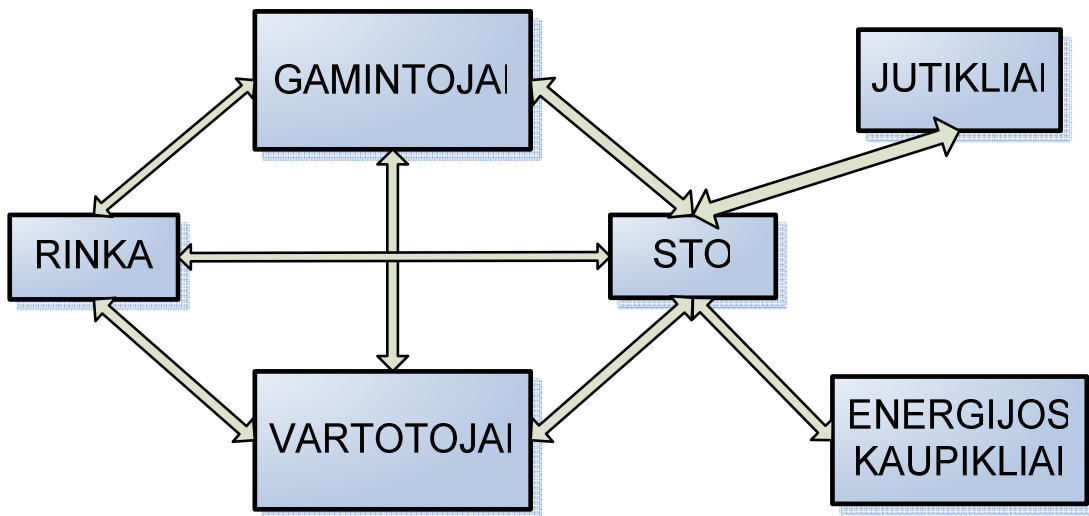
Per pastarąjį dešimtmetį elektros pramonėje įvyko labai daug pokyčių. Tai įtakojo naujos technologijos ir pačios elektros pramonės restruktūrizacija. Restruktūrizavimo tikslas pereiti nuo laisvos rinkos, elektra turi tapti kaip prekė, kurią pirkdamas gali pasirinkti pardavėją. Tuo pačiu metu informacinių technologijų sistemos kurios naudojamos elektros paskirstymo ir perdavimo srityse tapo patikimesnės ir galingesnės. Ateityje šios informacijos sistemos leis maksimaliai automatizuoti elektros tinklą, jį stebėti, ir netgi „save gydyti“. Toks sumanysis elektros tinklas bus patikimesnis lankstesnis ir labiau tenkins poreikius.

Tinklo valdymui ir stebėjimui šiuo metu yra naudojama SCADA ir paskirstymo valdymo sistema DMS. Šių sistemų pradžia buvo 1920 metai, kai buvo pradėtos naudoti nuotolinės elektrinių valdymo sistemos. Kompiuterizuotas elektros sistemų valdymas tapo įmanomas 1960 metais. Tačiau vistiek pagrindinis stebėjimas, situacijos sekimas buvo popieriuje. Jei įvyksta avarija apie tai dažniausiai operatorius gaudavo pranešimą telefonu ir neturėdavo priėjimo prie visos informacijos. Su operatyvinėmis brigadomis bendraujama radijo ryšiu ir visi darbai derinami žodžiu.

Kalbant apie sumanųjį skirstomąjį elektros tinklą pirmiausia reiktų pradėti nuo ryšių sistemos jame. Be jos neįmanomi laisvos elektros rinkos prekybos srautai, skirstomojo tinklo operatoriaus, elektros gamintojų, prekybos dalyvių bei vietinių elektrinių bendravimo ryšiai.

Skirstomojo tinklo operatorius sirstydamas elektros energiją vartotojams turi tuurėti saugų ir nuolatinį ryšį su elektros gamintojais, vartotojų sumaniaisiai elektros skaitikliais. STO gali ne tik skirstyti elektrą bet ją ir kaupti energijos kaupyklose. Turėdamas ryšį su elektros energijos gamintojais STO nuolatos gauna informaciją kiek ir už kokią kainą gamintojas parduoda elektros energiją, jeigu pasiūlymas labai geras STO duoda užsakymą ir perka elektrą kaupdamas savo energijos kaupyklos. Po to, kai būna elektros energijos pareikalavimo pikas ir elektros kaina didelė STO vartotojams gali parduoti, sukauptą kaupyklose, elektros energiją už didesnę kainą nei buvopirkęs, bet už mažesnę neituo metu siūlo gamintojai.

Situacijos sekimui skirstomajame elektros tinkle bus įrengta labai daug jutiklių, kurie kiekvienas turės savo identifikavimo numerį, tokiu būdu žinoma iš kurios tiksliai vietos gaunama informacija. Tarkime vartotojui perdėgė STO įrengtas srovės apribojimo įtaisas. Tik perdegus, STO informacijos surinkimo centre gaunamas signalas, kad perdėgė srovės apribojimo įtaisas, automatiškai išrašoma užduotis ir išsiunčiama brigada pakeisti srovės apribojimo įtaisą. Vizualizacija ir fazoriaus matavimas aprašytas įvade. Visi šie ryšiai pavaizduoti 5.1.1. paveiksle.



5.1.1. pav. **Informacijos srautai guviuose skirstomuosiuose elektros tinkluose**

5.2. Saugumo reikalavimai keliami elektros tinklo informacinėms sistemoms

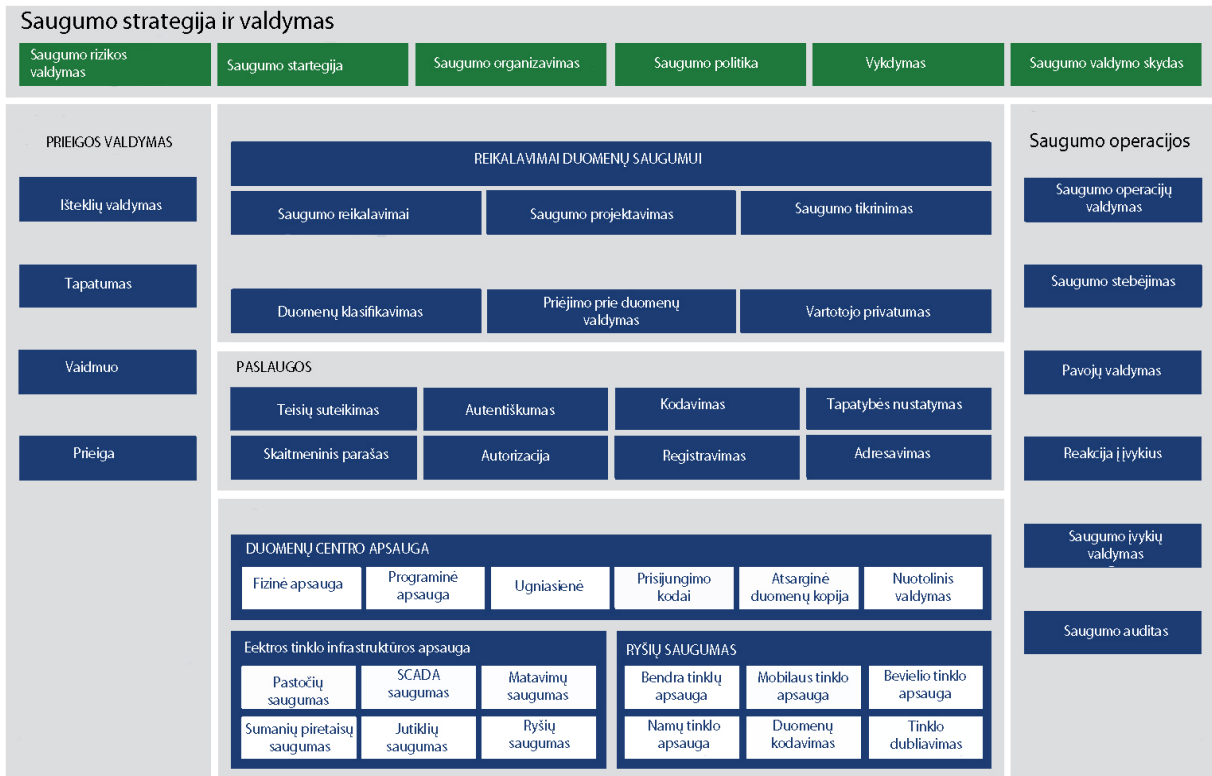
Šis klausimas tapo ypač aktualus, kai įsigalėjo laisva elektros rinka. Bet koks įsilaužimas į tokią sistemą ar informacijos nutekėjimas gali turėti didelę ekonominę įtaką. Užtikrinti labai aukštą informacinių sistemų, naudojamų energetikoje, saugumo lygį yra būtina, nes bet koks įsilaužimas gali sutrukdyti normalų energetikos sistemos darbą. Jei įsilaužėliai sugebėtų valdyti dispečerinių kompiuterius, pasekmės gali būti labai skaudžios. Bet kokį įsilaužimą galima vertinti, pagal jo keliamą rizikos laipsnį R .

$$R = P_A(1 - P_E)C \quad 5.x.1$$

Čia - P_A – atakos tikimybė, $(1 - P_E)$ – atakos nutraukimo be pasekmių ir neutralizavimo tikimybė, C – padarinių įvertis.

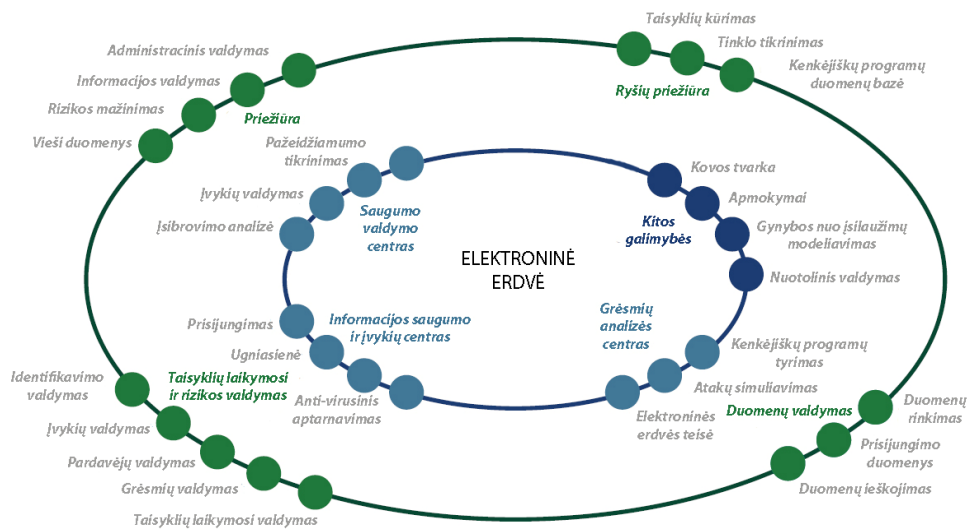
Saugumo užtikrinimo didinimas įmanomas tiek aparatinio, tiek programiniu būdu, yra kuriami įvairūs informacijos kodavimo būdai.

Bendri reikalavimai keliami informacijos saugumui pateikti 5.2.1. pav.



5.2.1. pav. Saugumo reikalavimai sumaniajame elektros tinkle

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [7]



5.2.2. pav. Saugumo valdymo struktūra sumaniajame elektros tinkle

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [7]

5.3. Trumpa ryšio priemonių apžvalga

Šiuo metu yra daug ryšio priemonių, kurias galima panaudoti sumaniajame elektros tinkle. Tai įvairios laidinės ir belaidės sistemos ar jų bendros sistemos. Labai mažai tikėtina, kad sumaniojo elektros tinklo ryšiams bus naudojama tik viena ryšio priemonė. Bus naudojama daug ryšio priemonių, kurios turės sąveikauti tarpusavyje: įrenginiai esantys skirtinguose tinkluose ir naudojančys skirtingas ryšio priemones turės sugebėti darniai dirbti su kitais įrenginiais. Taip pat skirtingų gamintojų įrenginiai turės turėti standartizuotą valdymo ir informacijos perdavimo, bei priėmimo sistemą. Taigi pagrindiniai kriterijai į kuriuos bus atsižvelgta renkantis ryšio priemones:

- Komunikacijos priemonės prieinamumas, tokios kaip esamos vario arba optinio pluošto jungtys
- Prieinami vieliniai kanalai, ar radijo perdavimo bokštai
- Ryšių įvykdymas (informacijos pralaidumas, perdavimo vėlinimas)
- Ryšio priemonės patikimumas ir prieinamumas
- Saugumo reikalavimai
- Atitikimas standartams
- Investicijų dydis
- Eksploatavimo išlaidos
- Galimybė pritaikyti ateityje

Galimybė, skirtingų gamintojų, ryšio priemonėms dirbti darniai ir standartizacija yra pagrindinis ateities technologijų požymis. Tikrai tos priemonės kurios atitiks šiuos kriterijus bus tinkamos naudoti paskirstymo automatizavimui, apkrovų valdymui ir pažangiam matavimui. Šiuo metu prieinamos ryšio priemonės:

- Plačiajuostė radijo signalų sistema
- Siaurajuostė radijo signalų sistema
- SCADA sistema
- Mobilus ryšys
- Palydovinis ryšys
- Enternetas
- VHF/UHF radijo modemas
- Laidinės ir belaidinės ryšio sistemos

Laidiniai ryšio tinklai

Juos galima pakloti šalia galios perdavimo kabelių ir naudoti informacijos perdavimui. Tai gali būti variniai laidai, kuriais galima perduoti telefoninius ar plačiajuosčio ryšio skaitmeninius signalus. Tačiau informacijos perdavimo kiekis nėra didelis. Taip pat galima kloti optinius kabelius, kuriais perduodami informacijos kiekiai yra dideli. Optiniuose kabeliuose duomenų perdavimo sparta skaičiuojama MB/s ir galima sukurti didelius plačiajuosčio ryšio didmiesčių tinklus.

Radijo ryšio sistemos

Radijo sistemos paprastai siūlo siaurajuostį ryšį, kur duomenų perdavimo kiekiai yra skaičiuojami tik keliais kb/s, tačiau perdavimo atstumas siekia iki 30 km. Radijo dažnio diapazonas, kuriuo perduodama informacija gali būti nemokamas, ir gali būti toks už kurį reikia mokėti. Šiuo metu naudojamos mažos radijo sistemos, skirtos nuskaityti ir perduoti skaitiklių duomenis, tokios sistemos perduoda nedidelius informacijos kiekius, iki tokių sistemų, kurios mikrobangomis perduoda didelius informacijos kiekius.

5.3.1 lentelė

Bevielio ryšio technologijos

Technologija	Standartas	Savininkas	Bangų dažnis	Duomenų srautas	Pritaikymas
VHF/UHF radijas	PMR	Operatorius	150MHz/ 400MHz	Siaurajuostis	Garsui perduoti, SCADA
2,4 GHz wireless	WLAN, ZigBee	Operatorius	2,4 GHz	Plačiajuostis	Namų automatizacija
Radijo ryšys tarp dviejų stočių	WiMax	Trečioji šalis	5-60 GHz	Plačiajuostis	Greitam duomenų perdavimui, SCADA, paskirstymo automatizavimas
Mobilus ryšys	GSM/GPRS	Trečioji šalis	900/1800 MHz (EU) 800/1900 MHz (US)	Plačiajuostis	Garsui perduoti, paskirstymo automatizavimas, skaitiklių sistemose
Palydovinis ryšys	Laisvas	Trečioji šalis	6 GHz, 12 GHz	Siaurajuostis	Skaitiklių sistemose

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [2]

Mobilus ryšio sistemos

Tai sistemos naudojančios GSM/GPRS ryšį ir yra optimizuotos vartotojams.

Palydovinis ryšys

Tokiose sistemose galima perduoti didelius informacijos srautus, tačiau reikia brangių parabolinių antenų. Be to, palydovinis ryšis valdomas trečiosios šalies.

Galios ir skirstomųjų tinklų linijų ryšiai

Tai ryšiai kurie perduodami per pačius tinklus. Aukštos įtampos tinkluose naudojami programuojami loginiai valdikliai (PLV). Žemos įtampos tinkluose, buvo daug kartų mėginta sukurti plačiajuostį ryšį per pačias skirstomųjų elektros tinklų linijas, ir tokių būdu teikti vartotojams interneto ryšį. Esant geroms sąlygoms informacijos perdavimo sparta siekia kelias dešimtis MB/s, bet ryšio atstumas ir patikimumas gali būti nepakankamas išmaniajam elektros tinklui, nes patikimumas yra svarbiau už perduodamą informacijos kiekį.

6. SUMANIŪJŲ TECHNOLOGIJŲ ĮTAKA ELEKTROS VARTOTOJŲ PRIETAISAMS IR ĮRENGINIAMS

Sumaniojo elektros įtaka vartotojams bus labai didelė. Visų pirma vartotojai taps ne tokie priklausomi nuo centralizuotų energijos tiekėjų, galės rinktis kada ir iš ko pirkti elektros energiją. Be to, vartotojai galės ne tik vartoti, bet ir patys gaminti elektros energiją, ir ją kaupti buitiniuose elektros energijos kaupyklose ar parduoti į rinką. Keisis elektros energijos vartojimo būdas, kas leis sutaupyti elektros energijos ir taip sumažinti sąskaitas, o gal būt nieko nemokėti ar net pačiam vartotojui gauti pajamų iš parduotos elektros energijos.

Tačiau šiandien tai neįmanoma, dėl neišvystytos ryšių infrastruktūros ir kitų technologijų trūkumo.

6.1. Sumanieji buitiniai prietaisai ir asmeniniai elektromobiliai

Elektromobiliai yra neatsiejama sumaniųjų elektros tinklų dalis. Be to, jų naudojimas ženkliai sumažintų gamtos teršimą. Šiuo metu ypatingai didelis dėmesis elektromobiliams yra skiriamas Jungtinėse Amerikos Valstijose, ten planuojama, kad iki 2025 metų bus daugiau negu vienas milijonas hibridinių automobilių. Norint pereiti prie masinio elektromobilių naudojimo yra būtinas sumanysis elektros tinklas. Būtina išvystyti elektros tinklą tinkamą elektromobilių naudojimui, turi būti galimybė pasikrauti automobilio baterijas, kad ir darbe.

Elektromobiliuose esančios pakraunamos elektros baterijos gali būti naudojamos kaip elektros energijos kaupyklos, kurios pakraunamos, pavyzdžiui, tuo momentu, kada vartotojo kieme esanti vėjo elektrinė dirba pilna galia, o kai vėjo nėra, buitiniai prietaisai gali būti maitinami iš šios baterijos.

Šiuo metu yra kuriami keli skirtingi elektromobilių ir jų pakrovimo sistemų modeliai. Šiuo metu gaminami elektromobiliai nėra visiškai varomi elektra, tai hibridiniai automobiliai, kurie gali būti varomi elektra arba tradiciniu kuru.

Ateities elektromobiliai yra projektuojami tokie, kad bus varomi vien elektra, kuri bus kaupiama šiuose automobiliuose įmontuotose mobiliuose elektros energijos kaupyklose. Šios kaupyklos turės pakrovimo galimybę po iškrovimo. Kuriamo elektromobilio vizija tokia, kad su pilnai įkrauta baterija elektromobilis nuvažiuotų panašų atstumą, kaip dabartinės transporto priemonės, su pilnu baku tradicinio kuro.

Yra manoma, kad pakrovimo stotelės turi būti įrengtos vairuotojų namuose, parkavimo ir pardavimo vietose, taip pat turi būti galimybė iškrautą bateriją greitai pakeisti į pilnai įkrautą, tai kainuotų šiek tiek brangiau, bet būtų sutaupoma laiko. Norint to pasiekti kiekviename automobilyje turi būti speciali mobili apskaita, kad būtų galimybė susimokėti už baterijos pakrovimui sunaudotą elektros energiją. Automobilyje sumontuota sistema visą informaciją siųs į vartotojo namuose esantį sumanųjį elektros skaitiklį, kuris mėnesio pabaigoje gaus vieną sąskaitą, kurioje jau bus įskaičiuotas mokestis ir už elektromobilio baterijos krovimą.

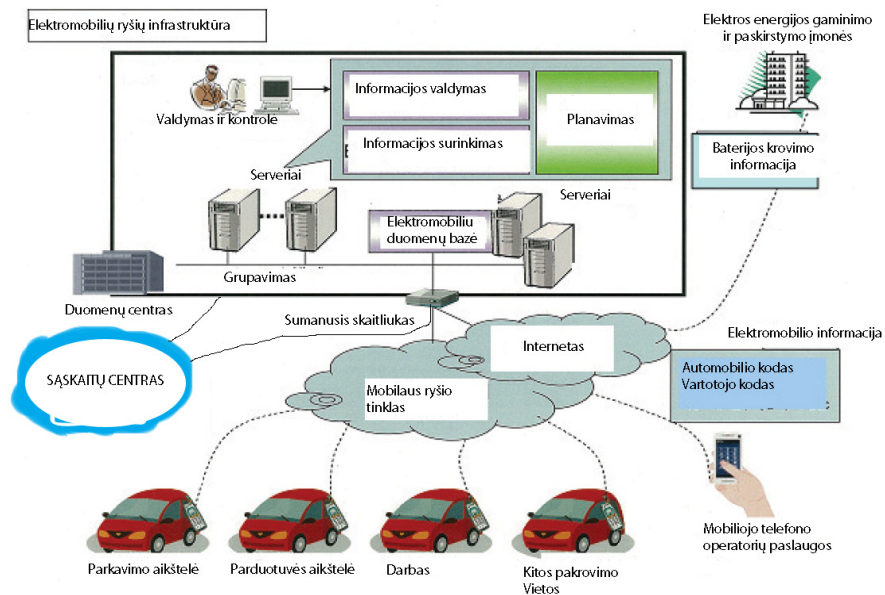
Automobiliuose sumontuotas elektros energijos baterijas bus galima dalinai naudoti kaip plačiai išsisklaidžiusias elektros energijos kaupyklas, tačiau susiduriama su vairuotojų norais, kurie nori, kad baterija visuomet būtų pilna ir būtų galima važiuoti. Todėl elektromobiliuose esančias baterijas naudoti lygiai taip pat, kaip energijos kaupyklas negalima. Todėl būtina vystyti sumaniojo tinklo technologijas sprendžiant šią problemą.

Kur realiai ir dažniausiai bus naudojamos elektromobilių baterijos, be automobilio varymo, tai įvairūs nedideli buitiniai prietaisai, kuriuos bus galima naudoti kaip turistinius t.y. nedidelės elektros viryklės, plaukų džiovintuvai, elektrinės šašlykinės. Taigi turizmas taps daug patogesnis, nes bus galima naudotis daugeliu patogumų, kuriuos turime namuose, bet kuriame gamtos kampelyje.

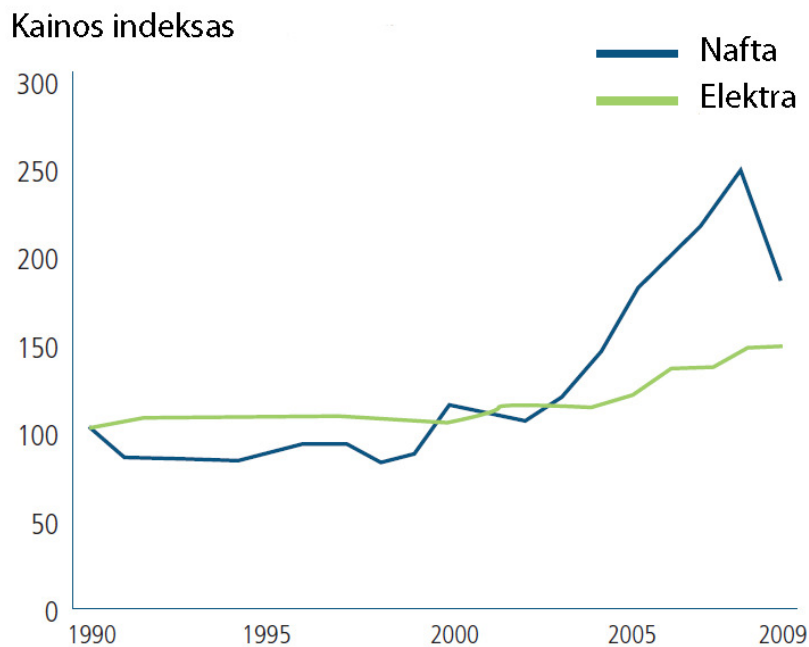
Pagrindinė užduotis kuriant elektromobilius priimti vieningą standartą baterijoms. Reikia, kad skirtingi gamintojai, skirtingose šalyse gaminantys elektromobilius naudotų tokias baterijas kurias būtų galima pasikrauti, bet kurioje šalyje. Pakrovimo stotelės planuojamos nuo 1,5kW iki 7kW galingumo, o baterijos pakrovimo laikas svyruos nuo trijų iki aštuonių valandų.

Automobilio skaitiklis siųsdamas informaciją į namų sumanųjį skaitiklį turės persiųsti tokius duomenis: elektros kainą, kuria buvo kraunama bateriją, suvartotos elektros energijos kiekį, elektros energijos gamintojo duomenis, iš kurio pirka elektra, ir kurios įmonės, kuri skirto elektra, paslaugomis naudojosi. Šie duomenys užims apie 100 kb. 6.1.1. pav. pavaizduota ryšių sistema reikalinga elektromobiliams.

Dar viena priežastis kuri skatina vystyti ir plėtoti elektromobilius tai naftos ir elektros kaina. Naftos kaina yra labai nepastovi ir smarkiai kinta, 2000 metais vienas barelis (163,65 l) kainavo 25 dolerius, 2006 metais 75 dolerius, 2008 metais jau 147 dolerius, 2010 metais kainavo 80 doleriu. Gamtinių dujų kainos kito panašiai. Tuo tarpu elektros kainos yra kur kas pastovesnės ir ji kyla beveik po du procentus per metus. Palyginamajame, naftos ir elektros energijos, kainų kitimo paveikslėlyje (6.1.2. pav.) tai labai aiškiai matosi. [10]



6.1.1. pav. Elektromobilių ryšių infrastruktūra



6.1.2. pav. Elektros energijos ir naftos kainų palyginimas

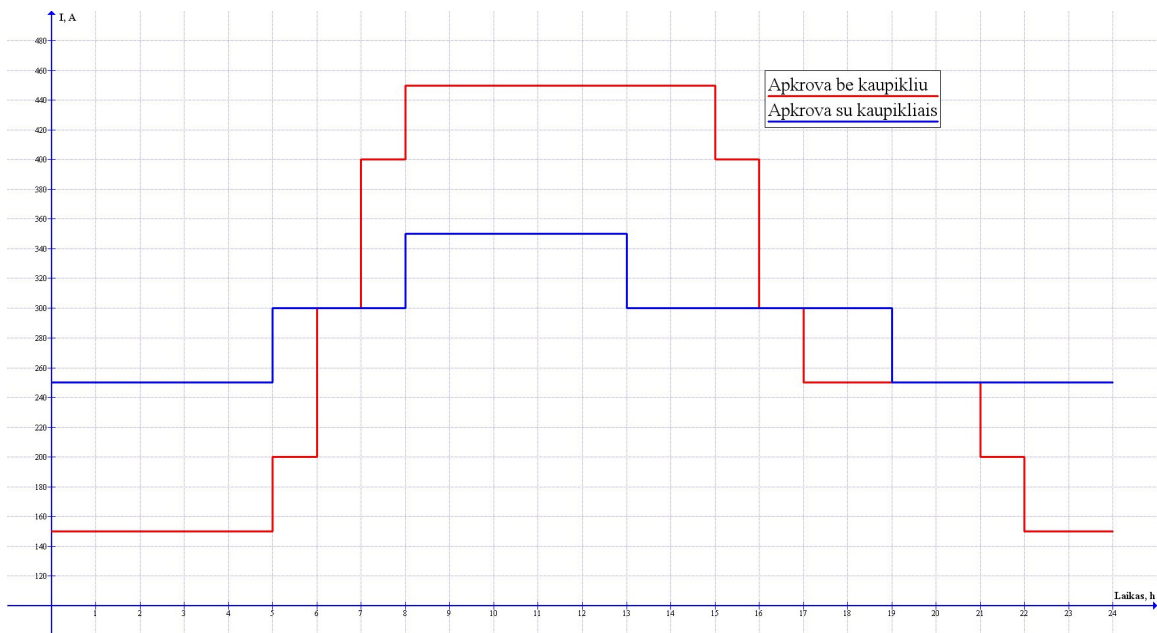
Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [10]

6.2. Elektros vartojimo perstūmimo laike į pigesnės elektros energijos intervalus galimybės

Laiko atžvilgiu elektros energijos kaina nėra visuomet vienoda. Diena, kuomet būna didžiausias elektros energijos poreikavimas į darbą įsijungia rezervinės elektrinės, smarkiai apkraunamas elektros energijos perdavimo ir paskirstymo tinklas, ko pasėkoje didėja nuostoliai. Naktį atvirkščiai, elektros energijos poreikavimas nėra didelis lyginant su diena, elektrinės dirba nepilnu pajėgumu. Elektros perdavimo ir paskirstymo tinklas nėra maksimaliai apkrautas.

Dėl šių priežasčių skiriasi ir elektros energijos gamybos kaina. Be to, elektros tinklas nėra optimaliai išnaudojamas, dienomis, jis būna perkrautas, o naktimis jo galimybės nėra pilnai išnaudojamos. Taigi vienas iš sumaniojo elektros tinklo uždavinių yra išlyginti elektros energijos vartojimą laiko atžvilgiu, t.y. perstumti elektros energijos vartojimą perstumti laike į pigesnės energijos intervalus.

Norint įgyvendinti šį tikslą yra būtinas energijos kaupiklių, kurie aprašyti trečiame skyriuje, panaudojimas. Panaudojant energijos kaupiklius, elektros suvartojimo metu elektrą galima naudoti iš kaupiklių, tuomet nereiktų dirbti rezervinėms elektrinėms, o elektros tinklas būtų neperkrautas. 6.2.1. pav. pavaizduotas elektros energijos vartojimo išlyginimas laiko atžvilgiu.



6.2.1. pav. Elektros tinklo apkrova naudojant elektros energijos kaupiklius ir jų nenaudojant

6.3. Kaupiklių kaina ir atsiperkamumo skaičiavimo principai

Laikysime, kad pateiktame grafike (6.2. pav.) pateiktas 0,4 kV 240mm² kabelio apkrovimas, kurio ilgis yra 0,5 km, tokio kabelio varža yra 0,125 Ω/km. Taigi trasos, kurios ilgis 0,5 km, varža bus dvigubai mažesnė.

Suvargota elektros energija, nevertinant galios faktoriaus, apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$P = U \cdot I \cdot h \quad 3.2.1.$$

Suvargota elektros energija per parą, nenaudojant energijos kaupiklių (duomenys iš 6.2.1. pav.):

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_6 \quad 3.2.2.$$

$$P_1 = U \cdot I \cdot h = 400 \cdot 150 \cdot 7 = 420 \text{ kWh};$$

$$P_2 = U \cdot I \cdot h = 400 \cdot 200 \cdot 2 = 160 \text{ kWh};$$

$$P_3 = U \cdot I \cdot h = 400 \cdot 250 \cdot 4 = 400 \text{ kWh};$$

$$P_4 = U \cdot I \cdot h = 400 \cdot 300 \cdot 2 = 240 \text{ kWh};$$

$$P_5 = U \cdot I \cdot h = 400 \cdot 400 \cdot 2 = 320 \text{ kWh};$$

$$P_6 = U \cdot I \cdot h = 400 \cdot 450 \cdot 7 = 1260 \text{ kWh};$$

$$P = 420 + 160 + 400 + 240 + 320 + 1260 = 2800 \text{ kWh}.$$

Suvargota elektros energija per parą, naudojant elektros energijos kaupiklius:

$$P_1 = U \cdot I \cdot h = 400 \cdot 250 \cdot 10 = 1000 \text{ kWh};$$

$$P_2 = U \cdot I \cdot h = 400 \cdot 300 \cdot 9 = 1080 \text{ kWh};$$

$$P_3 = U \cdot I \cdot h = 400 \cdot 350 \cdot 5 = 700 \text{ kWh};$$

$$P = 1000 + 1080 + 700 = 2780 \text{ kWh}.$$

Elektros energijos nuostoliai paskaičiuojami pagal formulę:

$$\Delta P_L = 3 \cdot I^2 \cdot \Omega \cdot h \quad 3.2.3.$$

Elektros energijos nuostoliai per parą, nenaudojant elektros energijos kaupiklių:

$$\Delta P_L = \Delta P_{L1} + \Delta P_{L2} \dots \Delta P_{L6} \quad 3.2.4.$$

$$\Delta P_{L1} = 3 \cdot 150^2 \cdot 0,0625 \cdot 7 = 29,53 \text{ kWh};$$

$$\Delta P_{L2} = 3 \cdot 200^2 \cdot 0,0625 \cdot 2 = 15 \text{ kWh};$$

$$\Delta P_{L3} = 3 \cdot 250^2 \cdot 0,0625 \cdot 4 = 46,88 \text{ kWh};$$

$$\Delta P_{L4} = 3 \cdot 300^2 \cdot 0,0625 \cdot 2 = 33,75 \text{ kWh};$$

$$\Delta P_{L5} = 3 \cdot 400^2 \cdot 0,0625 \cdot 2 = 60 \text{ kWh};$$

$$\Delta P_{L6} = 3 \cdot 450^2 \cdot 0,0625 \cdot 7 = 265,78 \text{ kWh};$$

$$\Delta P_L = 29,53 + 15 + 46,88 + 33,75 + 60 + 265,78 = 450,94 \text{ kWh}.$$

Elektros energijos nuostoliai per parą, naudojant energijos kaupiklius:

$$\Delta P_{L1} = 3 \cdot 250^2 \cdot 0,0625 \cdot 10 = 117,18 \text{ kWh};$$

$$\Delta P_{L2} = 3 \cdot 300^2 \cdot 0,0625 \cdot 9 = 151,88 \text{ kWh};$$

$$\Delta P_{L3} = 3 \cdot 350^2 \cdot 0,0625 \cdot 5 = 114,84 \text{ kWh};$$

$$\Delta P_L = 117,18 + 151,88 + 114,84 = 383,9 \text{ kWh}.$$

Iš skaičiavimų matyti, kad energijos kiekis suvartotas per parą beveik vienodas tiek naudojant kaupiklius, tiek nenaudojant, 2800 kWh ir 2780 kWh, skirtumas tik 0,71 %. Tačiau energijos nuostoliai patirti linijoje skiriasi ženkliai: su kaupikliais 383,9 kWh, o jų nenaudojant 450,94 kWh, čia jau skirtumas siekia 14,87 %.

Į elektros kainą yra įskaičiuoti ir nuostoliai patiriami elektros energijos perdavimo linijose, todėl atsižvelgiant į skaičiavimus matome, kad vienos kWh kaina yra apie 2-3 procentus mažesnė, naudojant energijos kaupiklius, vien dėl nuostolių elektros perdavimo linijose. Dar įvertinus rezervinių elektrinių darbą, kabelių kainą, gamtos taršą, kainos skirtumas už 1kWh, naudojant ir nenaudojant energijos kaupiklių, išauga iki 10-15 procentų.

6.4. Informacijos srautai tarp sumaniojo elektros skaitiklio ir sumaniųjų buitinių prietaisų

Yra du dalykai, kurie keičia vartotojų požiūrį į elektros energijos vartojimą. Vienas iš jų tai vis didesnis dėmesys skiriamas aplinkai ir ypač energijos vartojimo įtaka jai. Kitas vis augančios energijos kainos, kas priverčia ieškoti kitokių, taupesnių energijos vartojimo būdų. Abu šie reiškiniai ir keičia žmonių energijos vartojimo įpročius. Tačiau tai vyksta lėtai, nes žmonių energijos vartojimo įpročiai jau yra susiformavę ir juos keisti sunku. Sąskaitos už elektros energijos suvartojimą paprastai apmokamos kartą per mėnesį, ir iš jų nesimato kiek konkrečiai už ką mokama. Sumokama bendrai už visą sunaudotą elektros energiją, neskirstant į grupes tokias kaip: elektrinės viryklės suvartotas energijos kiekis, televizoriaus suvartotas energijos kiekis ir pan.

Čia vienas iš sprendimų optimizuojant energijos suvartojimą būtų sumanusis elektros energijos skaitiklis. Toks skaitiklis vartotojams leidžia vizualizuoti ir sekti elektros energijos suvartojimą, bei tokiu būdu jį optimizuoti. Duomenys rodomi grafiškai ir lengvai suprantami, kas leidžia vartotojams greitai optimizuoti savo energijos vartojimą ir matyti to pasekmes –

pavyzdžiui tuomet kai jie nusiperka mažai energijos naudojančią energijos šaldytuvą, ar kaitrines lemputes pakeičia į energiją taupančias.

Vokietijos vyriausybė išmaniųjų skaitiklių įvedimą nuo 2010 metų padarė privalomu. Tai dar nėra skaitiklis, apie kokį buvo rašyta aukščiau, tačiau tai bus skaitikliai su galimybe praplėsti jų atliekamas funkcijas nusiperkant papildomus įrenginius. Tokių būdų padaromas pagrindas vėliau įdiegti išmaniuosius skaitiklius su visomis jų funkcijomis, taip sutaupant pinigų. Toks skaitiklis ateityje sujungtas su duomenų įrašymo, ir vizualizacijos sistema galės atlikti visas sumaniojo skaitiklio funkcijas. Tokia sistema galės sekti ne tik elektros suvartojimą, bet ir vandens, dujų ar šilumos. Duomenys iš duomenų įrašymo sistemos vartotojui gali būti pateikti įvairiais būdais, pavyzdžiui į personalinį kompiuterį, mobilųjį telefoną ar specialius vizualizacijos įrenginius kurie būtų sumontuoti pastato viduje. Taip pat šie duomenys bus automatiškai perduodami elektros energijos paslaugos tiekėjui.

Įdiegus tokius skaitiklius nebereikės inspektoriams vaikščioti po namus ir tikrinti skaitiklių duomenų. Vartotojui tai irgi labai patogiu, nes duomenys pateikiami paprasta ir suprantama forma, bet kuriuo metu, todėl gerokai anksčiau galės padaryti energijos vartojimo pokyčius. Pateiktos išsamios analizės netgi gali padėti atskleisti kurioje vietoje įvyko gedimas.

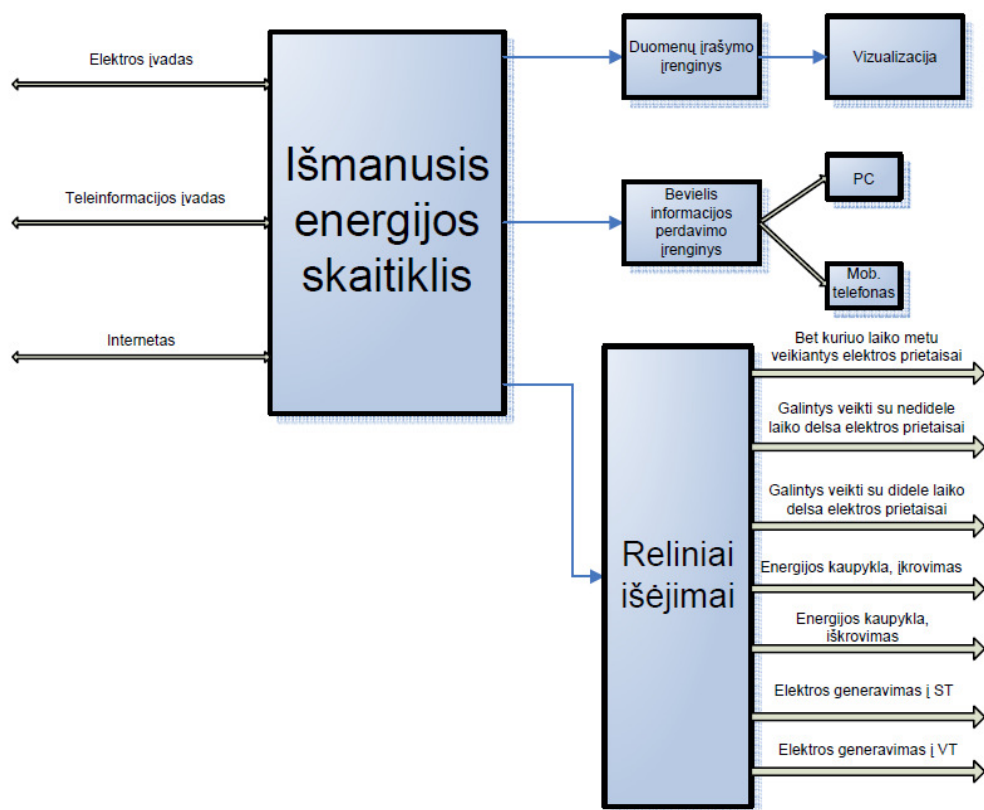
Šie skaitikliai tiks ateityje kai vartotojas galės laisvai rinktis energijos tiekėją. Tiekėjams leis greitai ir nuotoliniu būdu nutraukti elektros energijos tiekimą vartotojui, kai jis neapmokės sąskaitos už sunaudotą elektros energiją.

Toks skaitiklis turės relinius išėjimus, tokiu būdu galės valdyti daug energijos vartojančius įrenginius, tokius kaip skalbimo mašinos, vandens šildytuvai ir pan. Buities prietaisai turės būti padalinti į kelias grupes: akimirksninio elektros pirkimo ir vartojimo grupę, kaip yra dabar įprasta, pavyzdžiui apšvietimas, durų skambutis, kaitlentės. Antrą grupę sudarytų elektros prietaisai, kurių įjungimas ir atjungimas gali būti atidėtas, bet neilgam 20 – 30 minučių tarpui, pavyzdžiui, šaldytuvai. Trečią grupę sudarytų prietaisai, kurių darbas gali būti atidėtas kelioms valandoms, pavyzdžiui, skalbimo mašina, karšto vandens paruošimo boileris ir kt. Atsirastų galimybė šiems įrenginiams naudoti pigesnę elektros energiją. Kadangi bus nuolat palaikomas ryšys su elektros energijos tiekėjais, ir kai tik jis pasiūlys vartotojui tinkamą kainą sumaniojo matavimo sistema įjungs skalbimo mašiną ar vandens šildytuvą. To pasėkoje atsiranda galimybė šiek tiek valdyti pikines apkrovas. Kai elektros poreikavimas yra didžiausias tiekėjai didina kainas, o kai jos poreikavimas mažesnis, kaina kris.

Elektros pirkėjas patirs tam tikrus nepatogumus, kol bus nupirktas pigesnės elektros kiekis. Tuo pačiu jis turės papildomas buto (namo, administracinio pastato) elektros instaliacijos

rekonstrukcijos išlaidas. Reikės sukurti buitinius prietaisus ir sumanųjį elektros skaitiklį apimančią informacinę sistemą. Dėl nedidelio duomenų srauto ir ribotų atstumų tiks bet kuri bevielė sistema (pavyzdžiui, Bluetooth, Wi-Fi ir kt.). Buitinio elektros vartojimo pavyzdys tinka bet kuriai pramonės įmonei, nes galimybių valdyti elektros vartojimą yra visur.

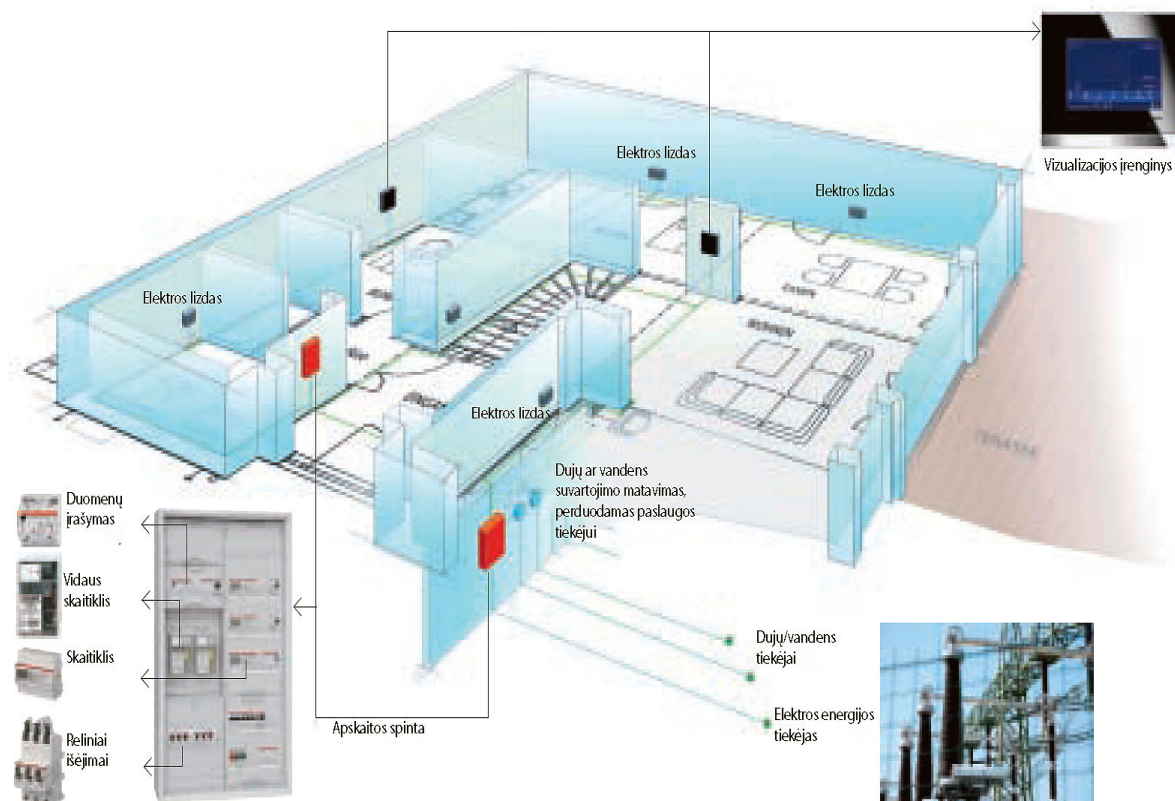
Elektros prekybai organizuoti ir veikti nenutrūkstamai 24 val. per parą automatinio režimu turės būti sukurta mažmeninės prekybos informacinė sistema, apimanti sumaniuosius skaitiklius ir elektros tiekimo (prekybos) įmonių kompiuterius ir veikianti, kaip dabar galvojama 1 minutės dažniu. Tai reiškia, kad elektros kaina mažmeninėje prekyboje būtų nustatoma kiekvieną minutę. Be parodytų užklausų ir atsakymų komutatorių, sistemai funkcionuoti reikės serverių, šakotuvų ir galingo, atsparaus programišių smūgiams ir neteisėtiems veiksams, programinio aprūpinimo. Ypač svarbus saugumo aspektas, nes dar bus labai smalsu vieniems pardavėjams sužinoti kitų pardavėjų paslaptis. Labai svarbus ir prekybos informacinį tinklą prižiūrinčio ir vadovaujančio rinkai organo vaidmuo, nes, kaip rodo inžinerinė patirtis, savaime niekas neveikia, reikia priežiūros.



6.4.1. pav. **Buto (gyvenamojo namo ar administracinio pastato) sumaniojo elektros skaitiklio prijungimo koncepcija**

Elektros tiekimo (prekybos) įmonės savo ruožtu turi turėti nuolat veikiančius informacinius ryšius su elektros perdavimo, skirstymo ir gavybos įmonėmis. Elektros prekybos kontraktų automatinis sudarymas, vykdymas ir, įvykdžius, apskaitimas finansiniais dokumentais galimas tik sukūrus nuolat veikiančią tokios elektros prekybos, vadinkime ją didmenine, sistema.

Sumaniųjų tinklų koncepcija ir elektros prekybos organizavimas turi palengvinti į elektros prekybos sistemą priimti atsinaujinančiųjų energijos šaltinių generuojamą elektros energiją. Šios energijos pagrindinis trūkumas yra jos ir vartotojų poreikių neatitikimas laike. Išėitis – elektros kaupiklių platus taikymas. Galvojama, kad kaupiklių suminė galia turi būti panaši į atsinaujinančiųjų energijos šaltinių, ypač vėjo elektrinių, galią. Atskirą kaupiklį gali turėti net elektros tiekėjas. Tai jam suteiktų konkurencinį pranašumą, nes įgalintų pirkti pigesnę elektrą didesniais kiekiais iš anksto.



6.4.2. pav. Išmanaus skaitiklio sistema sumontuota gyvenamajame name

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [2]

6.5. Informacijos srautų kiekiai tarp sumaniojo elektros skaitiklio ir sumaniųjų buitinių prietaisų

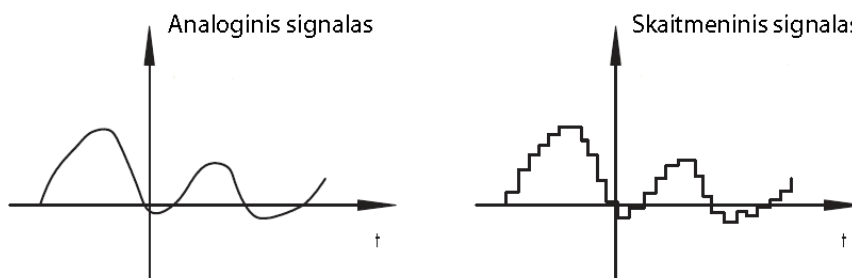
Vartotojų automatizacija suteikia galimybę elektros energijos tiekimo įmonėms rinkti, vertinti ir analizuoti duomenis apie energijos suvartojimą. Tai palengvina tinklo valdymą, taip pat yra galimybė atsiųsti sąskaitas tiesiai į elektroninį paštą ar į mobilųjį telefoną, naudojant dvipusio ryšio įrangą (vartotojas – tiekėjas, tiekėjas – vartotojas). Vartotojų automatizacijos sąvoką apima ir kiekvieno, namų ūkyje esančio elektros prietaiso analizės galimybė. T.y. galima stebėti kiek kiekvienas prietaisais konkrečiu momentu naudoja elektros energijos, galima pasižiūrėti elektros energijos suvartojimo istoriją keletą mėnesių atgal. Taip pat įeina tokios funkcijos kaip apkrovų valdymas, atsižvelgiant į elektros kainą, kurią gamintojai siunčia į vartotojo skaitliuką, tokiu būdu gali būti šildomas vanduo. Kitas pavyzdys, jei kambaryje nėra žmogaus automatiškai išjunginama šviesa.

Kad būtų galimybė įvykdyti šią vartotojo automatizaciją reikia žinoti kokie informacijos srautai bus tarp sumaniojo elektros skaitiklio ir elektrą vartojančių prietaisų, tarp vartotojo ir elektros energijos tiekėjo, bei gamintojo. Žinant šiuos srautus galima rinktis, ar kurti technologijas su kuriomis tai galima padaryti.

Analominio signalo keitimas į skaitmeninį

Norint išmatuoti elektros energijos imtuvo suvartojamą energiją reikia matuoti srovę, įtampą, o tai yra analoginiai signalai, todėl pirmiausia juos reikia paversti į skaitmeninį signalą ir tik tuomet žinosime kiek informacijos reikia perduoti konkrečiam dydžiui.

Analoginiam signalas yra nuolatinis, o skaitmeninis suskaidytas į atskiras dalis (6.5.1. pav.)



6.5.1. pav. Analoginis ir skaitmeninis signalas

Skaitmeninis signalas gali turėti tik dvi reikšmes taip arba ne, tai labai mažas informacijos kiekis palyginti su analoginiu signalu. Toks informacijos kiekis sudaro vieną bitą, norint perduoti daugiau informacijos reikia naudoti daugiau bitų, žemiau pateiktoje lentelėje (6.5.1) matyti, kaip nuo bitų skaičiaus priklauso reikšmių skaičius.

6.5.1. lentelė

Bitų skaičiaus ir reikšmių kiekio priklausomybė

Bitų skaičius	Reikšmių kiekis
1	$2^1=2$
2	$2^2=4$
3	$2^3=8$
4	$2^4=16$
8	$2^8=256$
12	$2^{12}=4096$
16	$2^{16}=65536$
20	$2^{20}=1048576$

Analoginio signalo keitimo į skaitmeninį signalą pavyzdys:

Reikia, matuoti srovę intervale nuo 0 A iki 100 A, o tikslumas turi būti 0,001 A. Jei analoginio signalo keitimui į skaitmeninį bus naudojami aštuoni bitai, tai bus įmanomos 256 reikšmės, o tikslumas bus $100/256=0,391$, per mažas, nes reikia, kad būtų 0,001. Norint gauti norimą tikslumą reikia naudoti 17 bitų, $100/1048576=0,000763$. Taigi vieno dydžio perdavimui reikia 17 b.

Informacijos srautų kiekio paskaičiavimas gyvenamajame name

Visi prietaisai ir įrenginiai vartojantys elektros energiją suskirstyti į kelias grupes (6.5.2. lentelė).

6.5.2. lentelė

Elektros prietaisų paskirstymas į grupes

Veikimo atidėjimas negalimas	Galimas trumpas iki 1 val. veikimo atidėjimas	Galimas ilgas veikimo atidėjimas
Apšvietimas Duru skambutis Virdulys Elektrinė viryklė Televizorius Mikrobangų krosnelė kiti	Šaldytuvas Kondicionierius Elektrinis šildymas kiti	Skalbimo mašina Boileris Baseinas kiti

Be lentelėje paminėtų grupių dar reiktų išskirti energijos kaupykla ir atsinaujinančius energijos šaltinius, maža vėjo ir saulės elektrinė.

Duomenų srautas reikalingas įrenginiams kuriems veikimo atidėjimas negalimas.

Norint sekti, vertinti ir analizuoti šiuos prietaisus reikia matuoti tokius dydžius kaip srovė, įtampa, galia, elektros kaina. Taip reikia informacijos apie laiką kurio metu veikė šie prietaisai. Kaip buvo aprašyta ankščiau vienam dydžiui perduoti reikia 17b informacijos. Viso reikia perduoti keturis skirtingus parametrus tai bendras informacijos kiekis x_{11} bus:

$$x_{11} = 5 \cdot 17 = 85b \quad 6.5.1.$$

Perduodant informaciją reikia koduoti, todėl paskaičiuotas informacijos kiekis turi būti dauginamas iš koeficiento kuris lygus 1,5. Tokiu būdu informacijos kiekis reikalingas vienam šios grupės elektros prietaisui yra 130 b.

Grupėje, kurioje įrenginiai turi veikti bet kuriuo laiko momentu yra nuo 10 iki 30 įrenginių, todėl bendras informacijos kiekis X_{11} reikalingas visai šiai grupei yra nuo 1300 b iki 3900 b.

Duomenų srautas reikalingas įrenginiams kuriems veikimo atidėjimas galimas iki 1 valandos.

Į šią grupę patenka dauguma įrenginių, kurie susiję su temperatūra, todėl yra papildomas dar vienas dydis, lyginant su pirmąją grupe, kuri reikia perduoti, tai temperatūra. Todėl vienam prietaisui reikalingas informacijos kiekis padidėja nuo 85b iki 100b, jis padauginamas iš koeficiento, vadinasi bendras informacijos kiekis x_{22} yra 150b.

Šioje grupėje bendras įrenginių skaičius yra 3-6, todėl bendras informacijos kiekis X_{22} reikalingas visai šiai grupei yra nuo 450b iki 900b.

Duomenų srautas reikalingas įrenginiams kuriems galimas ilgas veikimo atidėjimas

Šiems įrenginiams valdyti reikalingas informacijos kiekis yra lygiai toks pat kaip ir tiems įrenginiams kurių veikimas gali būti atidėtas iki vienos valandos. Šioje grupėje paprastai taip pat būna 3-6 elektros energijos vartotojai, todėl bendras informacijos kiekis X_{33} reikalingas visai šiai grupei yra nuo 450b iki 900b.

Be šių grupių dar reikia valdyti vėjo, saulės elektrines, bei energijos kaupyklą. Čia taip pat reikia sekti srovę, įtampą, galią, laiką, reikia valdyti generavimą, kada naudoti savo reikmėms ar krauti energijos kaupyklą, o kada energijos perteklių duoti į elektros tinklą. Visam šiam valdymui dar papildomai reikės apie 600b. Šią informacijos kiekį žymėsime X_{44} .

Bendras informacijos kiekis reikalingas perduoti informacijai apie name naudojamus įrenginius yra:

$$X = X_{11} + X_{22} + X_{33} + X_{44} \quad 6.5.2.$$

$$X = 2800 \text{ — } 6300b$$

Paskaičiuotas informacijos kiekis reikalingas vieną kartą perduoti informacijai iš įrenginių į išmanųjį elektros skaitiklį. Gavęs šią informaciją skaitiklis siunčiuos tuos duomenis atgal su užklausa, ar tikrai jie geri, ir kai gauna patvirtinimą duodamos užduotys įrenginiams. Pavyzdžiui įjungtą skalbimo mašiną, jai tiekiant elektros energiją iš kaupyklos.

Įvertinus visus šiuos faktus, bendras reikalingas informacijos srautas yra 10kb/s — 22,5kb/s. Šį dydį dar galima dauginti rezervacijos koeficiento, bet šiai dienai jį nustatyti ir įvertinti labai sunku.

Jungtinėse Amerikos Valstijose yra skiriamas ypatingai didelis dėmesys sumaniesiems elektros tinklams. JAV mokslininkai yra sudarę lentelę (6.5.3.), kurioje nurodyti reikalingi duomenų srautų kiekiai, delsos laikai, patikimumas ir kiti dalykai.

6.5.3. lentelė

Reikalavimai ryšio sistemoms sumaniajame elektros tinkle

Pritaikymas	Reikalavimai tinklui				
	Duomenų srautas	Delsos laikas	Patikimumas	Saugumas	Atsarginis maitinimas
Pažangi matavimo sistema	10-100 kb/s	2-15 s	99 – 99,99%	Aukštas	Nereikalingas
Elektros energijos pareikalavimo reguliavimas	14-100 kb/s	Nuo 500 ms iki kelių minučių	99 – 99,99%	Aukštas	Nereikalingas
Situacijos sekimas	600-1500 kb/s	20 ms – 200 ms	99,999 – 99,9999%	Aukštas	24 h
Paskirstytojo generavimo ir kaupiklių valdymas	9,6 -56 kb/s	20 ms – 15 s	99 – 99,99%	Aukštas	1 h
Perdavimo valdymas	9,6-56 kb/s	2 s – 5 min	99 – 99,99%	Aukštas	Nereikalingas
Skirstomojo tinklo valdymas	9,6-100 kb/s	100 ms – 2 s	99 – 99,999%	Aukštas	24 – 72 h

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis [19]

6.6. Bluetooth pritaikymas vietiniam informacijos tinklo projektavimui

Pažangiai matavimo sistemai, reikalingi duomenų perdavimo kiekiai nėra labai dideli, o atstumai kuriais reikia perduoti informaciją dažniausiai nesiekia 100 m. Todėl vietinį informacinį tinklą geriausia projektuoti, naudojant belaidės informacijos perdavimo sistemas. Vienas iš galimų variantų tai bluetooth sistemos pritaikymas.

Bluetooth – tai industrinė belaidžių asmeninių tinklų (PAN) specifikacija. Bluetooth suteikia galimybę sujungti ir apsikeisti informacija tarp tokių įrenginių kaip judriojo ryšio telefonai, nešiojami kompiuteriai, personaliniai kompiuteriai, spausdintuvai, skaitmeniniai

fotoaparatai ir kompiuterinių žaidimų pultai saugiais globaliai nelicencijuojamais trumpo nuotolio radijo dažniais. Bluetooth specifikacijos buvo sukurtos ir licencijuotos „Bluetooth Special Interest“ įmonių grupės.

Bluetooth yra radijo ryšio standartas ir ryšių protokolas, kurio pirminis tikslas buvo užtikrinti nedidelį elektros suvartojimą esant nedideliam ryšio atstumui (priklausomai nuo galios klasės: 1 metras, 10 metrų, 100 metrų) didelių sąnaudų nereikalaujančių siųstuvo-imtovo mikroprocesoriaus lustų, įmontuotų kiekviename įrenginyje pagrindu. Bluetooth suteikia įrenginiams galimybę komunikuoti tarpusavyje esant nedideliam atstumui tarp jų. Įrenginiai naudoja radijo ryšio sistemą, todėl tarp jų neturi būti tiesioginio matomumo, esant pakankamam perdavimo galingumui, jie gali būti net skirtingose patalpose. Pagal dabartinį jo pritaikymą matyti, kad jis nesunkiai gali būti panaudotas ir sumaniajame elektros tinkle, informacijos perdavimui tarp sumaniųjų buitinių elektros prietaisų ir sumaniojo elektros skaitiklio. Tiesiogiai sumaniuosius buitinius prietaisus ir sumanųjį elektros skaitiklį reiktų sumontuoti siųstuvo – imtuvo mikroprocesoriaus lustus.

6.6.1. lentelė

Bluetooth suskirstymas į klases

Klasė	Didžiausia leidžiama galia (mW/dBm)	(mW/dBm) Atstumas (apytikslis)
1 klasė	100 mW (20 dBm)	~100 metrų
2 klasė	2.5 mW (4 dBm)	~10 metrų
3 klasė	1 mW (0 dBm)	~1 metrų

Oro sąsaja. Protokolas yra eksploatuojamas nelicencijuojamoje 2.45 GHz ISM juostoje. Siekiant išvengti trukdžių kitiems 2.45 GHz juostoje eksploatuojamiems protokolams, Bluetooth juosta yra paskirstoma į 79 kanalus (kiekvienas po 1 MHz) ir kanalai yra kaitaliojami iki 1600 kartų per sekundę. Bluetooth versijose 1.1 ir 1.2 yra pasiekiamos 723.1 kbit/s spartos. Versijoje 2.0 yra įdiegta Bluetooth padidinta duomenų perdavimo sparta iki 2.1 Mbit/s. Techniškai versijos 2.0 įrenginiai suvartoja daugiau galios, tačiau dėl trigubos spartos sumažėja perdavimo laikas, ir tokiu būdu galios suvartojimas sumažėja ir tampa perpus mažesnis nei 1.x įrenginių (esant tokiai pačiai apkrovai). Taigi, galimi perduoti informacijos kiekiai visiškai tenkintų sumanio elektros tinklo reikalavimus. Tačiau šiuo metu yra labai sunku nusakyti, kokie informacijos kiekiai bus perdavinijami ateityje ir kodėl nenaudoti Wi-Fi sistemos, su kuria galima perduoti dar didesniu informacijos kiekius.

Bluetooth skiriasi nuo Wi-Fi tuo, kad Wi-Fi užtikrina didesnę pralaidumą ir aprėpia didesnius atstumus, tačiau Wi-Fi reikalauja brangesnių aparatinės dalies įrenginių ir didesnės galios suvartojimo. Abiejose technologijose yra naudojamas tas pats dažnių diapazonas, tačiau skirtingi sutankinimo modeliai. Bluetooth gali būti skirtingų aplikacijų pakaitalu, o Wi-Fi yra tikrai vietinių tinklų prieigos pakaitalas. Bluetooth yra dažnai laikomas belaidžiu USB, o Wi-Fi - tai beveik Ethernet'as. Abi technologijos veikia ženkliai mažesniuose juostos pločiuose nei atitinkamos kabelinės sistemos. Tačiau, toks palyginimas nėra visiškai tikslus, kadangi teoriškai į bet kurį Bluetooth įrenginį gali būti įdiegtas kitas Bluetooth įrenginys, skirtingai nuo USB įrenginių.

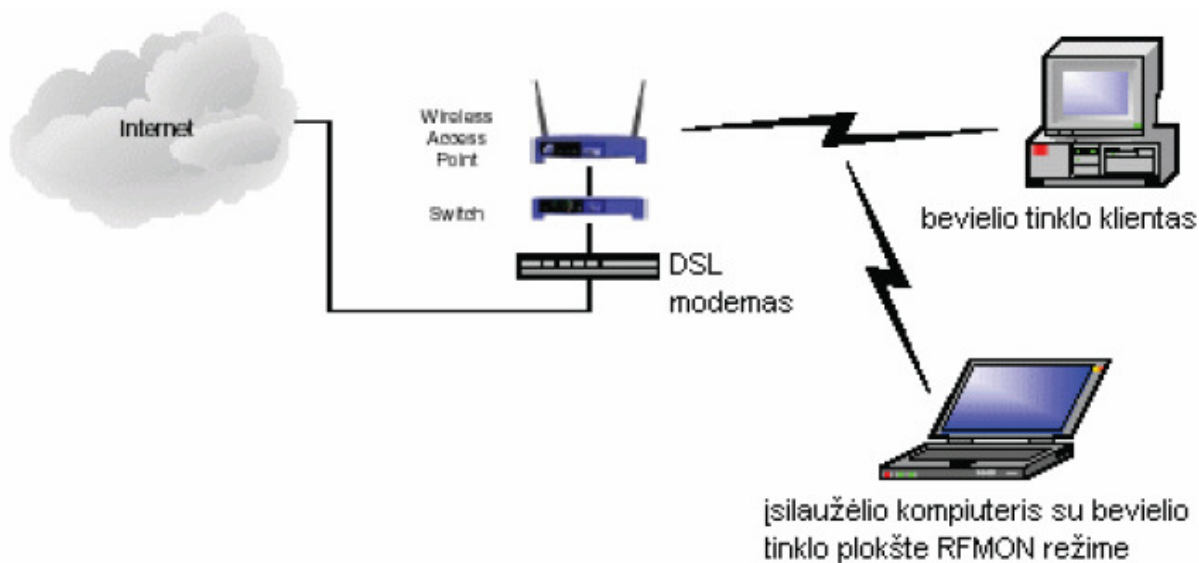
6.7. Informacijos sauga tarp kelių gretimų belaidžių informacinių tinklų

Nuo pat bevielių tinklų atsiradimo, jų apsauga buvo vienas iš opiausių svarbiausių klausimų. Šia tema nuolat kalbama, diskutuojama, šnekama, dėstomos paskaitos, tačiau šiuo metu yra apie pusę visų bevielių tinklų be jokios apsaugos. Todėl įvairūs įsilaužėliai gali įsilaužti į tokį tinklą per atstumą ir nuskaityti jo duomenis. Sumaniajame elektros tinkle būtina užtikrinti reikiamo lygio saugumą, kadangi, bevieliai tinklais perduodama konfidenciali informacija, tokia kaip konkurentų siūloma elektros kaina ir panaši.

Bevielio tinklo saugumui gerinti yra sukurtas jo kodavimas, kuris naudojamas kai kuriuose tinkluose. Tačiau tai neapsaugo 100% bevielio tinklo ir profesionalūs įsilaužėliai gali prisijungti prie tokio tinklo. Norint sumaniuose tinkluose, namo, ar kokios įmonės valdymui naudoti bevelius tinklus, yra būtinas šios problemos sprendimas, todėl pirma aptarsime problemos atsiradimo priežastis ir galimus jos sprendimo būdus.

Bevelis tinklas yra identifikuojamas pagal kelis parametrus: pagal naudojamą radijo kanalą, tinklo pavadinimą (angl. SSID – service set identifier), kurį mato besijungiantys klientai, ir pagal BSSID (angl. Basic Service Set Identifier) adresą, kuris yra lyg įrangos serijos numeris ir paprastomis priemonėmis yra nekeičiamas. Tai yra parametras, analogiškas Ethernet tipo tinkluose esančiam MAC (angl. Media Access Control) adresui. Šiuos parametrus gali matyti tiek tie kurie yra prisijungę prie tinklo, tiek pasyvūs, todėl neaptinkami eterio stebėtojai. Kompiuterių bevielių tinklų specialistas turintis reikiamas priemones ir programinę įrangą gali „klausytis“ visko kas dedasi eteryje (1 pav.). Tai yra perduodami duomenų paketai, klaidų paketai, susijungimo paketai, ir kiti. Yra tik keletas tam tinkamo tinklo kortų su tinkančiais mikroschemų rinkiniais (angl. chipset) turinčius galimybę tai daryti, be to joms reikia specialiai

modifikuotų tvarkyklių (angl. drivers), kurios perveda kortą į specialią eterio pasiklausymo režimą (angl. RFMON, monitor mode) ir leidžia specialiai programinei įrangai gauti svetimus, visai kitoms tinklo kortoms skirtus paketus. Programa pavadinimu „Kismet“ yra viena populiariausių programų bevielių tinklų duomenų srauto stebėjimui, ji veikia UNIX šeimos operacinėse sistemose, kaip dauguma tokio tipo programų. Jos pagalba galima rasti paslėptus tinklus kurie netransliuoja savo vardo (SSID), ryšio kanalo numerių, įvertinti triukšmų lygį, gautų paketų skaičių ir daug kitos informacijos. Programa savo darbo metu į diską įrašinėja viską, ką korta „girdi“ eteryje, tai reiškia, kad įrašomi ne tik nekoduoti paketai, bet tuo pačiu ir koduoti. Į failų surinktus nekoduotus duomenis galima be didelių problemų tuojau pat peržiūrėti su paketų analizatorium „Ethereal“. Windows OS šeimai skirtų programų yra taip pat, tačiau tik kelios gali



6.7.1. pav. **Tipinė bevielio tinklo šnipinėjimo schema**

stebėti tinklo paketus kartais neprisijungus prie bevielio prieigos taško, ir jos yra mokamos. Yra ir kitų programų kurias galima naudoti patogiam bevielių prieigos taškų aptikimui ir signalo stiprumo matavimui. Programos lange yra rodomi rastų tinklų pavadinimai, kanalas ir BSSID, signalo stiprumas. Žinant reikalingą informaciją apie tinklą kurio WEP raktą norima nulaužti t.y. tinklo pavadinimas, prieigos taško BSSID adresas, kanalas ir prisijungusių klientų kortų BSSID adresai (jie nebūtini, bet juos žinant įsilaužėlis greičiau nuskaitys informaciją). Jeigu priimamas signalas yra silpnas, reikalinga kuo kryptingesnė antena, ir kuo jautresnė tinklo plokštė, tam, kad priimant būtų kuo mažiau ryšio klaidų dėl kurių prarandami šiam tikslui labai svarbūs koduoti paketai. Jų reikia surinkti kuo daugiau, nes WEP raktą nulaužiantys algoritmai (realizuoti laužimui skirtose programose) veikia tuo greičiau, kuo daugiau yra surinkta duomenų paketų.

Greitam (10 sek.-5 min.) 64 bitų WEP raktui nulaužti paprastai reikia surinkti apie 200000 paketų, o 128 bitų raktui reikia apie 800000 paketų. Įsilaužimui į bevielį tinklą naudojamos specialios programinės įrangos, į kurios komplektą paprastai įeina kodo laužimo programa, paketų įrašymo ir tinklų identifikavimo programa, tinklo aktyvumo pakėlimo programa (kai tinkle yra per mažas aktyvumas ir dėl to sunku surinkti pageidaujama paketų skaičių). Taigi, reikia kreipti anteną į AP (bevelis prieigos taškas, Access Point), su atitinkamais Parametrais, paleidžiamą programinę įrangą ir laukiame kol bus surinktas reikiamas skaičius paketų.

Saugumo užtikrinimas

Taigi kodavimas nesuteikia pakankamo saugumo lygio jeigu yra susiduriama su įsilaužėliu kurio svarbiausias tikslas yra įsilaužti. Natūraliai kyla klausimas kokias priemones reiktų naudoti, kad užtikrintume beveliu tinklu perduodamą duomenų privatumą. Šiam tikslui reikia sukurti geresnius kodavimo metodus ir juos nuolat gerinti bei atnaujinti. Taip pat reikia naudoti klientų autentifikacijos sistemą, paremtą kintamais kodavimo raktais. Tokiu atveju, jeigu įsilaužėliui ir pavyktų vieną kartą įsilaužti į bevielį tinklą, kitą kartą su tuo pačiu raktu, jau nebeprisijungtų. Saugumo sustiprinimui dar galima, visus duomenis perduodamus beveliu tinklu koduoti dar kartą, su ilgiais 1 mb ar 2mb raktais.

IŠVADOS

1. Sumaniųjų elektros tinklų kūrimas bus ilgalaikės perspektyvos darbas. Reikės vystyti elektros energijos tiekimo tinklą, informacinį tinklą, energijos kaupiklių ir vartotojų elektros imtuvų tiesioginį valdymą realiame laike.

2. Sumanieji elektros tinklai yra „draugiški gamtai“. Visiškai sukūrus sumaniuosius elektros tinklus turėtų ženkliai sumažėti gamtos teršimas gaminant elektros energiją, kadangi nemažą gaminamos elektros dalį sudarys energija iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Gausus energijos kaupiklių naudojimas iki minimumo sumažins pikinių apkrovų valdymui naudojamas elektrines, kurios dažniausiai naudoja iškastinį kurą.

3. Automatizuota mažmeninė ir didmeninė elektros prekyba realiame laike yra įmanoma tik sukūrus sumanųjų elektros tinklą su ypač gera ir lanksčia ryšių infrastruktūra.

4. Gerai išvysčius ryšių infrastruktūrą atsirastų galimybės tinklo vizualizacijai, iš daugybės jutiklių esančių tinkle būtų renkama informacija per sekundę daug kartų ir būtų galima stebėti dinaminį sistemos vaizdą. Kiekvienas jutiklis turės savo koordinates ir bus galima tiksliai žinoti iš kurios vietos gaunama informacija apie kokį nors elektros tinklo parametą.

5. Sumaniojo tinklo automatizaciją ir tam kuriamą ryšių sistemą galima suskirstyti į tris atskiras grupes, kurios būtų skirtos automatizuoti: perdavimo tinklą, skirstomąjį elektros tinklą ir vartotojus.

6. Kompiuterinis valdymas reikalauja paslankių ir greitai veikiančių bei nuo perjungimų gausos nedylančių elektros perjungiklių bei jungtuvų. Tik puslaidininkiniai raktai gali tenkinti šiuos reikalavimus. Platus energetikos elektronikos panaudojimas, pavyzdžiui, jungtuvuose, transformatoriuose ir kt. įrenginiuose, atveria dideles galimybes darbo režimams reguliuoti ir elektros kokybei gerinti.

7. Diegti sumanųjų elektros tinklą reiktų keliais etapais, pradėti nuo pažangios apskaitos infrastruktūros, dvipusių informacijos srautų, nuotolinio komutavimo, vagysčių aptikimo priemonių, centralizuotos valdymo sistemos, standartizuoto technologijų valdymo automatizavimo, greito avarių aptikimo. Sekantis etapas būtų „protingas namas“, automatinis vartotojų apkrovos valdymas, įvairūs mokėjimo planai, dinaminis sistemos valdymas, paskirstytasis generavimas, fazių balansavimas.

8. Sumaniojo elektros tinklo sukūrimas būtų dabartinės centralizuotos energijos tiekimo sistemos decentralizacija, t.y. atskiros elektros tinklo dalys galėtų dirbti vienos atsijungusios nuo didžiosios elektros energijos sistemos.

9. Šiuo metu sumanysis elektros tinklas neįmanomas. Tačiau matomos labai optimistiškos perspektyvos ir tam didžiules lėšas skiria JAV, Europos Sąjunga ir tokie atskiri gigantai kaip: IBM, Siemens, ABB ir kt.

LITERATŪRA

1. The corporate technical journal of the ABB Group, (2009) *ABB Rewiew*. Dornbirn Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH AT-6850 .
2. The corporate technical journal of the ABB Group, (2010) *ABB Rewiew, Smart grid*. Dornbirn Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH AT-6850 .
3. Anjan Bose Washington State University, Smart transmission grid applications and their supporting infrastructure [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2010-09-30]. Prieiga per internetą: <<http://certs.lbl.gov/pdf/smart-transmission-grid.pdf>>
4. Developed for the U.S. Department of Energy Office of Electricity Delivery and Energy Reliability by the National Energy Technology Laboratory, The transmission smart grid imperative [ineraktyvus]. 2009 [žiūrėta 2009-12-11]. Prieiga per internetą: <http://www.netl.doe.gov/smartgrid/referenceshelf/whitepapers/The%20Transmission%20Smart%20Grid%20Imperative_2009_09_29.pdf>
5. Greg Neichen, David Cheng, U.S. Smart grid vendor ecosystem [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2011-04-23]. Prieiga per internetą: <<http://www.energy.gov/media/Smart-Grid-Vendor.pdf>>
6. Don Von Dollen, Electric Power Research Institute, Report to NIST on the smart grid interoperability standards roadmap [interaktyvus]. 2009 [žiūrėta 2010-01-23]. Prieiga per internetą: <http://www.nist.gov/smartgrid/upload/Report_to_NIST_August10_2.pdf>
7. Sharon Allan, Eric Trapp and Anthony “David” Scott, Critical infrastructure protection for the smart grid Enabling high-performance utilities [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2011-03-22]. Prieiga per internetą: <http://www.smartgridnews.com/artman/uploads/1/Smart_Grid_Security_Accenture_POV_1_.pdf>
8. JWG report on standards for smart grids – V1.0 (2011), [ineraktyvus]. [Žiūrėta 2011-05-02]. Prieiga per internetą: <http://www.nbn.be/nl/JWG-smart-grid-report_V1-0.pdf>
9. Nicolas Damour, Deploying lasting solutions for Electrical Vehicle Charging Stations [interaktyvus]. 2011 [Žiūrėta 2011-05-12]. Prieiga per internetą: <http://docbox.etsi.org/Workshop/2011/201104_SMARTGRIDS/07_PILOTPROJECTS/SierraWireless_DAMO_UR_ElectricalVehicleChargingStations.pdf>

10. SilverSpringNetworks, How the Smart Grid Enables Utilities to Integrate Electric Vehicles [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2010-12-11]. Prieiga per internetą: <www.silverspringnet.com/pdfs/SilverSpring-Whitepaper-ElectricVehicles.pdf>
11. SANDIA REPORT, Energy Storage for the Electricity Grid: Benefits and Market Potential Assessment Guide [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2010-09-22]. Prieiga per internetą: <http://www.goodcompanyassociates.com/files/manager/SAND_Sandia_BenefitsAndMarketGuide_FINAL_Feb.pdf>
12. U.S. Department of Energy, The smart grid: an introduction [interaktyvus]. 2009 [žiūrėta 2009-10-11]. Prieiga per internetą: <http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf>
13. Egidijus Kazanavičius, Pranas Kanapeckas, Antanas Mikuckas (2008), *Kompiuterių elementai*. Kaunas: „Technologija“.
14. Edmundas Isevičius (2007), *Oro kondicionavimas*. Kaunas: „Technologija“
15. Casimer DeCusatis (2002), *Handbook of fiber optic data communication*. China.
16. S. Štaras (2004), *Optinės elektronikos įtaisai*. Vilnius: “Technika”
17. Lietuvos laisvosios rinkos institutas, Energetikos politika: priemonės galimybės ir kryptys [interaktyvus]. 2005 [žiūrėta 2009-11-15] <[http://www.lsta.lt/files/studijos /Studija1.pdf](http://www.lsta.lt/files/studijos/Studija1.pdf)>
18. T.A. Short (2004), *Electric power distribution handbook*. New York.
19. Department of energy, Communications requirements of smart grid technologies [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2010-12-28]. Prieiga per internetą: <http://www.gc.energy.gov/documents/Smart_Grid_Communications_Requirements_Report_10-05-2010.pdf>