

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

**Rimvydas Kazlauskas**

**ELKTROS APKROVŲ NUSTATYMO METODŲ  
TYRIMAS**

**Magistro darbas**

**Vadovas**

doc.dr. L.Buivis

**ŠIAULIAI, 2009**

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

**Tvirtinu**

Katedros vedėjas

doc.dr.T.Šimkevičius

2009 06

**ELKTROS APKROVŲ NUSTATYMO METODŲ  
TYRIMAS**

**Magistro darbas**

**Vadovas**

doc.dr.L.Buivis

(parašas)

2009 06

**Recenzentas**

M.Rauchas

(parašas)  
2009 06

**Atliko**

EM-7gr.stud.  
R.Kazlauskas

(parašas)  
2009 06

Kazlauskas R. Electrical load study of methods. Energy engineering master's/scientific leader doc.dr. No. Buivis; University of Technology, Faculty of Electrical Engineering Department. - Šiauliai, 2009.- 54p.

### **SUMMARY**

Current and projected energy load affects not only the number of power lines and their relevant parameters, but due to the network configuration, and economic indicators. Therefore, the selection of network elements, it is important to identify as accurately as possible, creating a network of receivers of electrical load.

Electrical load method must be adapted to industrial, and residential buildings visuomenininiu grid calculations.

Since 1968, our region the most widely used compatible charts load method currently requires a revision. The new insulation material for cables having an impact on the heat transfer and the receiver is used for electric power settings.

This work made loads and loads of graphs of the calculation method of investigation. Selecting the method most often used - "concerted diagrams of electrical load method", consisting of metal-processing companies can network model, which lays down the electricity load. Using the model of an electric load, and sets the "Simaris".

The test results showed that the abundance of technical documentation and the lack of informative, ambiguity, allowing a diversified approach, it is a sound designers work interference.

## TURINYS

1. ĮVADAS.....	8
2. ELEKTROS APKROVOS.....	9
2.1 Išvados .....	10
3. APKROVŲ TYRIMAS .....	11
3.1 Išvados .....	13
4. PAGRINDINĖS ELEKTROS APKROVŲ GRAFIKŲ PRIKLAUSOMYBĖS IR SAVYBĖS .....	14
4.1 Individualūs elektros imtuvų apkrovų grafikai .....	14
4.2 Suminiai elektros apkrovų grafikai .....	16
4.3 Suminių apkrovos grafikų rodikliai .....	17
4.4 Apkrovų grafikų koeficientai .....	18
4.4.1 Išnaudojimo koeficientas $K_{i\dot{s}}$ .....	18
4.4.2 Apkrovos grafiko formos koeficientas $K_{fa}$ .....	19
4.4.3 Maksimumo koeficientas $K_m$ .....	20
4.4.4 Paklausos koeficientas $K_p$ .....	21
4.4.5 Maksimumo nevienalaikiškumo koeficientas $K_{mna}$ .....	21
4.5 Išvados .....	21
5. APKROVŲ NESIMETRIŠKUMO ĮVERTINIMAS .....	22
5.1 Išvados .....	24
6. ELEKTROS APKROVŲ SKAIČIAVIMO METODŲ APŽVALGA .....	25
6.1 Išvados .....	25
7. GAMYBOS ĮMONIŲ APKROVŲ SKAIČIAVIMO METODIKOS .....	25
7.1 Apkrovų nustatymas pagal instaliuojamą galią $P_n$ ir paklausos koeficientą $K_p$ .....	26
7.2 Apkrovų nustatymas pagal vidutinę galią $P_{vid}$ ir grafiko formos koeficientą $K_{fa}$ .....	26
7.3 Apkrovų nustatymas pagal vidutinę galią $P_{vid}$ ir maksimumo koeficientą $K_m$ .....	27
7.4 Apkrovų nustatymas pagal dvinarių formulių metodą.....	27
7.5 Apkrovų nustatymo pagal lyginamojo elektros energijos suvartojimo vienam produkcijos vienetui metodas .....	27
7.6 Apkrovų nustatymo pagal lyginamojo apkrovimo vienam kvadratiniam gamybinio ploto vienetui metodika.....	27
7.8 Išvados .....	30
8. GYVENAMŲJŲ IR VISUOMENINĖS PASKIRTIES PASTATŲ APKROVŲ SKAIČIAVIMO METODIKOS .....	31
8.1 Išvados .....	31
9. KOMPIUTERIZUOTAS APKROVŲ SKAIČIAVIMAS.....	32

9.1 Išvados .....	33
10. LAIDININKŲ PARINKIMAS .....	33
10.1 Išvados .....	34
11. VIRTUALAUS MODELIO PANAUDOJIMAS SKAIČIAVIMO REZULTATŲ TYRIMUI.....	35
11.1 Pramonės įmonės cecho elektros tinklo modelio sudarymas.....	35
11.2 Elektros imtuvų charakteristikos.....	35
11.3 Galios tinklo apkrovų skaičiavimas .....	36
11.4 Elektros imtuvų vardinės srovės ir leistinos kabelio srovės nustatymas .....	42
11.5 Elektros imtuvų vardinės srovės nustatymas su apkrovų skaičiavimo programa.....	44
11.6 Išvados .....	47
12. PRAMONĖS ĮMONĖS CECHO IŠNAUDOJIMO KOEFICIENTO $k_{i\check{s}}$ NUSTATYMAS .....	48
12.1 Išvados .....	52
DARBO IŠVADOS .....	53
LITERATŪRA.....	53

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

<b>Lentelės Nr.</b>	<b>Lentelės antraštė</b>	<b>Puslapis</b>
4.4.1 lentelė	Imtuvų grupių paklausos, naudojimo ir galios koeficientai	21
7.4.1 lentelė	Dvinarių formulių daugikliai	28
7.5.1 lentelė	Lyginamasis elektros energijos suvartojimas vienam gaminių vienetui	29
7.5.2 lentelė	Metinis maksimalaus apkrovimo naudojimas T valandomis įvairiose pramonės šakose	30
11.2.1 lentelė	Elektros imtuvų charakteristika	36
11.3.1 lentelė	Pramonės įmonės cecho apkrovos	38
11.3.2 lentelė	Maksimumo koeficientas $K_{\max}$ kai žinom $k_{i\bar{s}}$	41
11.3.3 lentelė	Skaičiuojamosios apkrovos ir apkrovos srovės	42
11.4.1 lentelė	Elektros įrenginių vardinė srovė ir kabelių leistinoji srovė	43
11.4.2 lentelė	Paskirstymo skydelių skaičiuojamoji srovė ir kabelio leistinoji srovė	45
11.5.1 lentelė	Elektros įrenginių vardinė srovė	45
12.1 lentelė	Išnaudojimo koeficiento $k_{i\bar{s}}$ palyginimas	52

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

<b>Paveikslų Nr.</b>	<b>Paveikslų pavadinimas</b>	<b>Puslapis</b>
2.1 pav.	Elektros energijos suvartojimas šildymui ir vėdinimui (nuo birželio1).	9
4.1.1 pav.	Idealizuotas elektros imtuvo darbo grafikas	14
4.4.1 pav.	Aktyviosios galios apkrovos grafikas.	18
4.4.2 pav.	Aktyviosios galios apkrovos grafikas.	19
4.4.3 pav.	Maksimumo koeficiento kreivės	20
11.5.1 pav.	Paskirstymo skydelio JS-1 principinė skaičiuojamoji schema	46
11.5.2 pav.	Paskirstymo skydelio JS-2 principinė skaičiuojamoji schema	47
11.5.3 pav.	Paskirstymo skydelio JS-3 principinė skaičiuojamoji schema	47
11.5.4 pav.	Paskirstymo skydelio JS-5 principinė skaičiuojamoji schema	47
11.5.5 pav.	Paskirstymo skydelio JS-6 principinė skaičiuojamoji schema	48
11.5.6 pav.	Paskirstymo skydelio JS-7 principinė skaičiuojamoji schema	48
12.1 pav.	Pramonės įmonės „Saulutė“ cecho Nr.1 paros elektros apkrovos grafikas	49
12.2 pav.	Pramonės įmonės „Saulutė“ cecho Nr.2 paros elektros apkrovos grafikas	50
12.3 pav.	Pramonės įmonės „Pušis“ cecho Nr.1 paros elektros apkrovos grafikas	50
12.4 pav.	Pramonės įmonės „Pušis“ cecho Nr.2 paros elektros apkrovos grafikas	51
12.5 pav.	Pramonės įmonės „Švaruoliai“ cecho Nr.1 paros elektros apkrovos grafikas	51
12.6 pav.	Pramonės įmonės „Švaruoliai“ cecho Nr.2 paros elektros apkrovos grafikas	52
12.7 pav.	Pramonės įmonės „Burbulas“ cecho Nr.1 paros elektros apkrovų grafikas	52
12.8 pav.	Pramonės įmonės „Burbulas“ paros elektros apkrovų grafikas	52

## 1. ĮVADAS

Dažniausia elektros tinklo projektavimo darbų priežastis yra padidėjusi suvartojamos elektros energijos galia, dėl to atsirada rekonstrukcijos poreikis arba nauji elektrifikuojami objektai. Esamos ir prognozuojamos elektros energijos apkrovos įtakoja ne tik elektros linijų skaičių bei jų atitinkamus parametrus, bet taip pat turi įtakos elektros tinklo konfigūracijai apskritai ir transformatorinių tankiui.

Pagrindinis ir pats jautriausias parametras projektuojant elektros tinklą yra prognozuojama elektros tinklų apkrova. Todėl yra svarbu nustatyti teisingą elektros energijos vartojimo dinamiką ir tai įvertinti projektavimo eigoje.

Daugelis ateities poreikio prognozių remiasi prielaida, kad elektros apkrovų struktūra keisis nežymiai. Nagrinėjant ekonominiu aspektu, bet kuri sistema turi būti suprojektuota taip, kad daugeliui metų pakaktų esamos suprojektuotos sistemos pajėgumo. Todėl aktualu numatyti apkrovų augimą ir modeliuojant sistemą įvertinti trumpalaikes elektros tinklo perkrovos galimybes bei nustatyti pagrindines tinklo išplėtimo kryptis.

Elektros tinklo funkcionalumas ir nuostolių kiekis jame išryškėja kai yra pikinių apkrovų periodas, kai pilnai dirba elektros tinklo sistemos įrenginiai. Tuo metu patiriami didžiausi energijos nuostoliai tinkle, o be to elektros energija perkama už didžiausią kainą (liberalizuotoje elektros rinkoje), todėl tuo metu patiriamos didžiausios išlaidos. Todėl turi būti atsižvelgta į visus įtampos tinkle kritimus ir išanalizuotas sistemos nuo elektros šaltinio (gali būti transformatorinė) iki tolimiausio apkrovos taško veikimas.

Suminė elektros tinklo apkrova yra nustatoma sudedant kiekvieno elektros vartotojo vartojamąsias galias ir įvertinant elektros tinkle nuostoliais prarandamą elektros energiją. Dėl pernelyg didelio vartotojų kiekio ir jų elektros energijos vartojimo pobūdžio, neįmanoma tiksliai nustatyti elektros energijos poreikio, todėl dažniausiai sistemos apkrovos yra apskaičiuojamos panaudojant statistinius metodus, atsižvelgiant į esamas apkrovas ir prognozes dydžius.

Šiuo metu, jau yra elektros apkrovų nustatymo metodika patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro, 2007 m. gruodžio 27 d. įsakymu Nr. 4-542, kuri skirta gyvenamųjų ir visuomeninės paskirties pastatų elektros apkrovų skaičiavimui. Bet kol kas nėra reglamentuotos metodikos pramonės įmonių laukiamų elektros apkrovų skaičiavimui.

Projektuojant naujas įmones arba cechus, plečiant esamas, parenkant maitinimo linijų skerspjūvius ir kitais atvejais, elektros apkrovas nustatyti yra labai svarbu, nes nuo to priklauso visų elektros sistemos elementų parinkimas ir techniniai-ekonominiai rodikliai: sistemos įrengimo kaina, spalvotųjų metalų (vario, aliuminio) kiekis, elektros energijos nuostoliai, eksploatacinės išlaidos.

Pagrindiniai apkrovų parametrai yra šie:

- Aktyvioji galia  $P$ ;
- Reaktyvioji galia  $Q$ ;
- Srovė  $I$ .



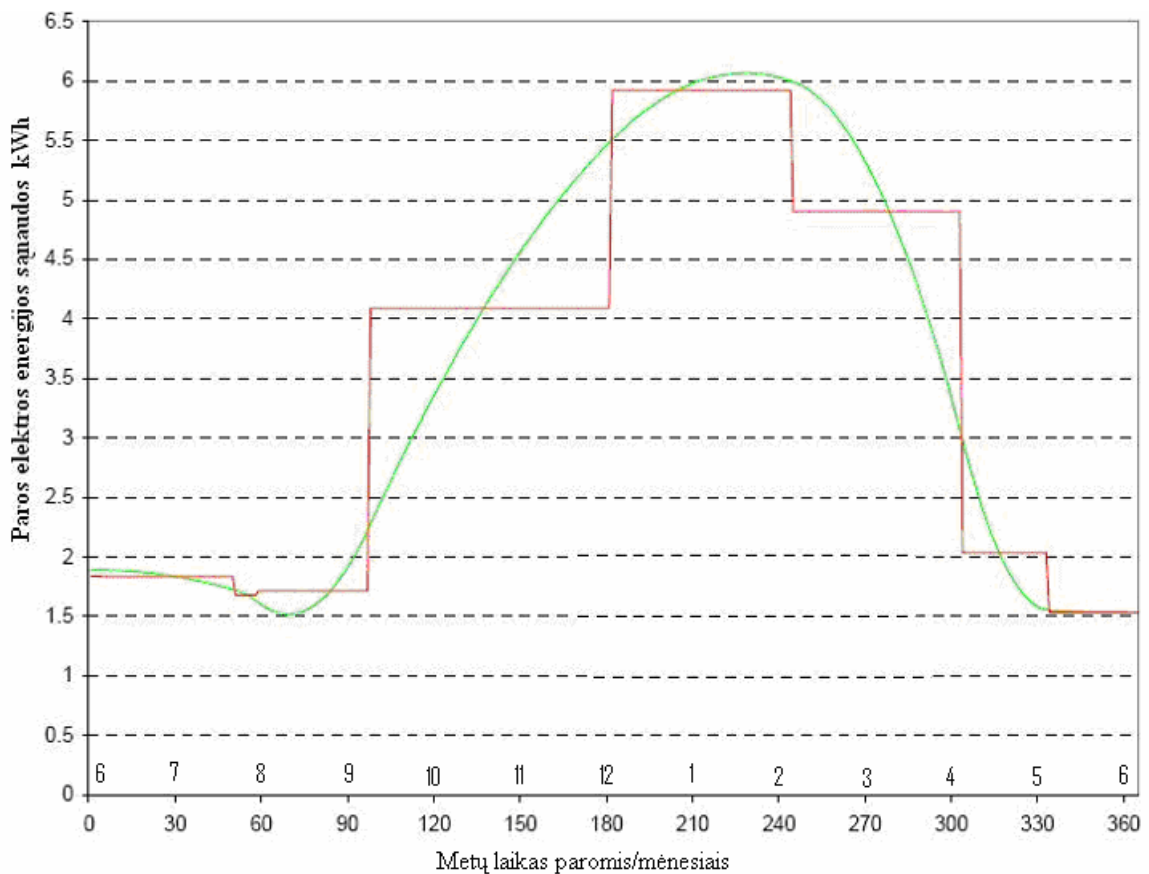
## 2. ELEKTROS APKROVOS

Naujesniuose darbuose siūloma elektros įrenginių sistemą nagrinėti kaip atsitiktinį įvykių srautą su intensyviais savybių pokyčiais. Šios būsenos interpretacijai naudojama matematinė, masinio aptarnavimo sistemos teorija.

Elektros apkrovų tyrinėjimai [22] mini, kad elektros apkrovos nustatymui naudojami savotiški skaičiavimai, pavyzdžiui: trijų ar mažiau elektros imtuvų bendra suminė apkrova gaunama 100% susumavus visų elektros imtuvų galias, o sumuojant didesnę imtuvų skaičių – atitinkamai bendra galia mažinama pagal tam tikrus koeficientus. Pramonės srityje apkrova skaičiuojama sumuojant pirmus 10 kW, kaip 100% instaliuotos galios. Žemės ūkio įmonėms imama pagrindinė 60A apkrova ir pridamas elektros apkrovos 50% skirtumas, tarp 60A ir bendros apkrovos reikšmės.

Skaičiuojamoji elektros apkrova – aktyvioji ir reaktyvioji galia, atitinkanti tokį nekintantį srovės stiprį, kuris ekvivalentus faktiniam laike kintančiam stipriui, neviršijančiam didžiausio leistinojo šiluminio poveikio elektros tinklo elementui.

Austrijoje [15] tyrinėjant elektros energijos vartojimą pastebėta, kad daugiausia elektros energijos suvartojama žiemos mėnesiais (analogija Lietuvai). 2000 m. ištyrus keleta skirtingų Austrijos regionų, sudaryta elektros energijos vidutinė metinė suvartojimo kreivė. (2.1 pav.)



2.1 pav. Elektros energijos suvartojimas šildymui ir vėdinimui (nuo birželio 1).

Kadangi šildymui ir vėdinimui suvartojamas energijos kiekis stipriai įtakoja suminį apkrovos grafiką, be to apšvietimui reikalingos elektros energijos kiekis pats didžiausias žiemos mėnesiais, galima teigti, kad elektros apkrovos maksimumas Lietuvoje taip pat pasiekiamas žiemos laikotarpiu.

Elektros energijos vartojimo tyrinėjimai atlikti ir Skandinavijos šalyse. Švedijos statistikos departamento „Statistic Sweden“ duomenimis per paskutinius 30 metų elektros energijos vartojimas išaugo nuo 9,2 TWh (1970) iki 20,1 (2003), o didžiausias elektros apkrovų augimas pastebėtas 1970-1980 m. Šis elektros energijos poreikio augimas buvo aiškinamas vartotojų skaičiaus padidėjimu, tačiau nėra aiškus šio energijos vartojimo pokytis.

Tuo metu Europos Sąjungoje kuriami vis naujesni prietaisai, kurie naudoja vis mažiau elektros energijos. Buvo masiškai keičiama elektros įranga naujesne tikintis, kad tai sumažins elektros energijos poreikius. Taip pat buvo keičiamos lemputės į mažiau energijos naudojančias lemputes. Tačiau kaip bebūtų keista, elektros energijos poreikis padidėjo.

Elektros paskirstymo skydeliai gali maitinti per 60 elektros energijos imtuvų, todėl išmatuoti kiekvieno imtuvo vartojamąją elektros energiją yra sudėtingas uždavinys ir reikalauja tiesioginių ir netiesioginių elektros energijos matavimo prietaisų. Dažniausiai elektros apskaitos bei saugiklių skydelyje, naudojant vatmetrus, galima išmatuoti tik kelių prietaisų naudojamą elektros energiją.

## **2.1 Išvados**

Elektros apkrovų kitimo laike analizė naudinga, planuojant aprūpinimo elektra sistemas, parenkant ir įvertinant galios valdymo bei energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemones. Ši analizė yra svarbi projektavimo dalis.

### 3. APKROVŲ TYRIMAS

Visuomenei vystantis, energetikos sektorius tampa vis sudėtingesnis ir vis reikšmingesnis. Net trumpam nutrūkus energijos tiekimui, visuomenė yra paralyžiuojama: sustoja gamybinė veikla, sutrinka paslaugų tiekimas, pablogėja gyvenimo kokybė ar net iškyla pavojus gyvybei. Ilgesniam laikui nutrūkus energijos tiekimui, šiuolaikinė visuomenė žlugtų. Sprendimai, kaip plėtoti energetikos sektorių ar atlikti jo rekonstrukciją, yra gyvybiškai svarbūs: neteisingai pasirinkta strategija gali sustabdyti šalies ar regiono ekonominę pažangą, sukelti socialinių ar ekologinių problemų. Elektroenergetinės sistemos funkcionavimo bei plėtros perspektyvas sąlygoja trys pagrindiniai rodikliai: gyventojų skaičiaus kitimo tendencijos ( $G$ ), bendro vidaus produkto pažanga ( $BVP$ ), elektros energijos sąnaudos ( $E$ ) ir su tuo susijusios elektros gamybos apimčių, pajėgumų rekonstrukcijos bei statybos galimybės.

Šie rodikliai kinta laike. Jų stochastinių procesų kaitą, sudarant prognozes, būtina analizuoti tiek laiko, tiek atskirų procesų atžvilgiu.

$$G = f(t); BVP = f(t); E = f(t);$$

$$E = f(G); E = f(BVP); E = f(G, BVP).$$

Esant palyginti stabiliam ekonomikos augimui, energijos poreikio prognozėms rengti galima naudoti:

1) ekstrapoliavimo metodą. Jo esmė yra išanalizuoti jau buvusių elektros apkrovų kitimo tendenciją ir taip nustatyti vienokį ar kitokį dėsnį, kuris turėtų laiko priklausomybės funkciją. Šis metodas dažniausiai naudojamas prognozuoti elektros apkrovas pakankamai trumpiems periodams – nuo vienerių iki trijų metų. Šiuo metodu negalima nustatyti kokią įtaką prognozėms turi ekonominiai veiksniai ar tiesiog kiekvieno vartotojo elektros energijos vartojimo ypatumai. Todėl prognozuojant elektros apkrovas ilgesniems periodams galimos didelės klaidos.

2) simuliacinio metodą, kurio esmė yra išanalizuoti ir nustatyti kiekvieno individualaus elektros energijos vartotojo elektros apkrovų dinamikos dėsnį bei nustatyti tam tikras vartotojų grupes. Žinant šių vartotojų grupių skaičių galima nustatyti apkrovų prognozę. Vartotojų skaičius gali būti paimtas iš įmonės strategijos, kurioje būtų aiškiai apibrėžta numatoma plėtra metų bėgyje. Šis metodas dažniausiai naudojamas ten kur numatomi dideli pokyčiai arba kai prognozavimo periodas ne trumpesnis nei 5 metai.

3) ekonometrinių metodą, kuris nagrinėja koreliaciją tarp elektros apkrovų ir įvairių ekonominių parametrų. Stambūs ekonometriniai modeliai nenaudojami prognozuoti elektros apkrovų mažose teritorijose ar įmonėse, jie daugiau pritaikyti prognozuoti bendras šalies elektros apkrovas.

Įvairūs matematiniai statistiniai metodai, turi teikti tyrėjui galimybę nustatyti būdingus empirinio duomenų kitimo bruožus ir parinkti matematinę funkciją, tiksliausiai aprašančią turimų duomenų kitimo tendencijas. Nėra abejonių, kad tol, kol veiksniai, sąlygojantys ilgalaikes energijos sąnaudų kitimo tendencijas, išlieka nepakitę, šie metodai yra labai patogūs analizei ir leidžia nustatyti

perspektyvius energijos poreikius. Tačiau šiais metodais negalima įvertinti jokių staigių energijos suvartojimo augimo ar mažėjimo pokyčių.

Pastaruojų laikotarpiu reikšmingai pasikeitė ekonomika ir šalies energijos balansas. Šiuo atveju labai svarbu nuodugniai išnagrinėti tas veiklos kryptis, kuriose daugiausia suvartojama energijos, ir tuos veiksnius kurie lemia energijos sąnaudų kitimą.

Priklausomai nuo to, kaip prognozuojami energijos poreikiai, prognozavimui šiuo atveju turėtų būti naudojami tokie veiklos rodikliai, kurie geriausiai apibūdina tuos poreikius lemiančius veiksnius. Lietuvos energetikos institute sukaupta patirtis parodė, kad esant staigiems energijos suvartojimo pokyčiams, poreikio prognozavimui tikslinga taikyti įvairiose šalyse plačiai naudojamus imitacinius modelius.

Modeliai suteikia tyrėjui galimybę, palyginti anksčiau naudotą elektors apkrova, išanalizuoti energijos suvartojimo raidą, įvertinant jas lemiančių veiksnių kitimo tendencijas. Bendra modelio taikymo idėja yra tai, kad, remiantis nuodugnia bazinių metų (arba laikotarpio) energijos sąnaudų ir jas sąlygojančių veiksnių tarpusavio ryšio analize bei šalies ekonomikos tolesnės plėtros įvertinimu, galima nustatyti, kaip keisis įvairių energijos rūšių vartojimas šalyje ir atskirose ūkio šakose. Taigi tyrėjas, turi galimybę gauti atsakymą į klausimą: „Kas bus, jei...?“

Taikant modelius yra galimybė prognozuoti energijos poreikius ūkio šakose dviem aspektais:

- 1) vartotojui patiektos arba galutinės energijos;
- 2) naudingos energijos, kuri suvartojama kokiam nors produktui pagaminti arba paslaugai teikti.

Pastaruojų atveju galima išanalizuoti įvairių energijos rūšių pakeičiamumą ir tiksliau nustatyti galutinės energijos poreikius, įvertinant naujų technologijų efektyvumą. Šis pakeičiamumas nėra skaičiuojamas automatiškai, remiantis atitinkamais elastingumo koeficientais, tačiau, aprašant ekonomikos plėtros scenarijus, galima iširti energijos poreikio struktūros kitimą, atsižvelgiant į tikėtinius technologinius pokyčius ir energijos išteklių pakeičiamumą.

Modeliai konstruojami taip, kad analizuotų energijos poreikius kaip funkciją, aprašančią du svarbius bet kurio šalies ekonomikos plėtros scenarijaus aspektus:

- 1) rodiklių, apibūdinančių esminius socialinės ir ekonominės ūkio plėtros veiksnius, raidą;
- 2) svarbiausių technologinių rodiklių raidą.

Energijos poreikius labai apibendrintai ir supaprastintai galima aprašyti taip:

$$E_{i,j} = G_i \cdot I_{i,j}; \quad (3.1)$$

čia:

$E_{i,j}$  – j-osios energijos (kuro) suvartojimas i-ojoje ūkio šakoje;

$G_i$  – atitinkama ūkio šakos ekonominė arba fizinė veikla;

$I_{i,j}$  – j-osios energijos intensyvumas i-ojoje ūkio šakoje.

Energiją sąlygojantys veiksniai apibūdinami rodikliais, kurie yra susiję su demografiniais pokyčiais, o jų kitimą gerokai lemia bendri šalies ekonomikos augimo tempai. Energija suvartojama

patalpoms šildyti, orui kondicionuoti, karštam vandeniui ruošti, maistui gaminti ir elektros energijos suvartojimas buitiniuose prietaisuose, pramonės įrenginiuose.

Taikant modelius apkrovų nustatymui, pagrindinį dėmesį reikia sutelkti į šiuos etapus:

- Atskirai analizuojami daug elektros energijos naudojantys prietaisai, kiti prietaisai priskiriami vienai ar keletui grupių;

- Nustatomas elektros prietaisų kiekis kiekvienoje grupėje;

- Remiantis vartotojų apklausos duomenimis ar kitu būdu nustatomas kiekvienos prietaisų grupės

darbo laikas (arba panaudojimas kartais) per metus;

- Remiantis elektros prietaisų techniniais pasais, vartotojų apklausos duomenimis ir kita informacija nustatoma, kiek elektros energijos suvartota per metus.

Elektros energijos suvartojimas gali būti modeliuojamas taip:

1) Nustatomos vidutinės vienkartinės  $i$ -ojo prietaiso (grupės) elektros energijos sąnaudos, taikant 10 metų slenkančio vidurkio principą ir tuo būdu įvertinant senų prietaisų pakeitimą naujais, efektyvesniais:

$$e_{vid_i} = \sum_i^{t-10} e_i / 10; \quad (3.2)$$

2) Nustatomos vidutinės metinės  $i$ -ojo prietaiso elektros energijos sąnaudos:

$$e_{m_i} = e_{vid_i} \cdot t_i; \quad (3.3)$$

čia:  $t_i$  – vidutinis prietaiso naudojimas per metus;

3) Nustatomos bendrosios  $i$ -ojo prietaiso (grupės) elektros energijos sąnaudos:

$$E_{m_i} = e_{m_i} \cdot n_i; \quad (3.4)$$

4) Nustatomos bendrosios visų sektoriaus prietaisų elektros energijos sąnaudos:

$$E_{\Sigma} = \sum_i E_{m_i}; \quad (3.5)$$

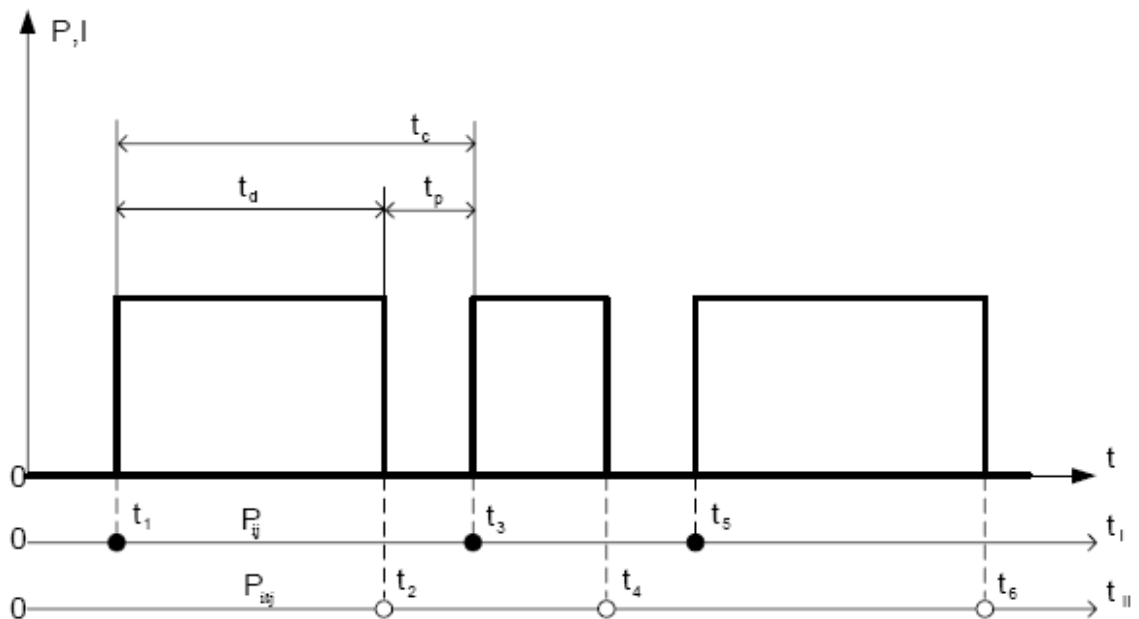
### 3.1 Išvados

Modeliavimo metodo taikymas suteikia tyrėjui galimybę įvertinti įvairių elektros tinklų efektyvumo didinimo įtaką bendrųjų elektros sąnaudų kitimui. Apkrovų prognozės kiekvienoje iš vidutinės/žemos įtampos transformatorių pastočių gali remtis tomis pačiomis prielaidomis, tačiau turi būti detaliau išnagrinėtas prie tam tikrų transformatorių pastočių prijungtų vartotojų kiekis ir jų tipas.

## 4. PAGRINDINĖS ELEKTROS APKROVŲ GRAFIKŲ PRIKLAUSOMYBĖS IR SAVYBĖS

### 4.1 Individualūs elektros imtuvų apkrovų grafikai

Bet kokio objekto suminį elektros apkrovos grafiką sudaro atskirų imtuvų elementarių elektros apkrovų grafikų suma, nes jų dažniausiai būna ne vienas. Tyrinėjant [2, 7, 8, 9, 10] tam tikros paskirties objektų elektros sąnaudų grafikus, galima pastebėti daug bendro tarp elektros imtuvų darbo charakteristikų, nepriklausomai nuo įmonės tipo ar dydžio. Bet kokių elektros imtuvų elektros energijos vartojimo procesas gali būti pavaizduotas paprasčiausiu grafiku – tai vienas paskui kitą sekantys stačiakampiai, išsidėstę abscisių ašyje (4.1 pav.). Grafikai gali būti sudaromi kalendoriniai arba trukmės. Kalendoriniuose grafikuose fiksuojama maksimali apkrovos vertė, tam tikro laiko intervaluose. Apkrovos trukmės grafikai nagrinėja apkrovos augimo pobūdį, maksimalios reikšmės trukmę. Naudojant trukmės grafikus tiksliau galima nustatyti nuostolius elektros tinkle, maksimalias apkrovas, įrenginių išnaudojimo laiką.



4.1.1 pav. Idealizuotas elektros imtuvo darbo grafikas

čia:

$t_d$  – darbo laiko tarpas;

$t_c$  – ciklo laiko tarpas;

$t_p$  – pauzės laiko tarpas;

$P_{ij}, P_{ijs}$  – elektros imtuvo įsijungimo ir išsijungimo srautai.

Remiantis ekvivalentinės srovės ar galios formulėmis, bet kokio elektros imtuvo formos grafiką galima paversti stačiakampio formos grafiku.

Elektros apkrovos grafiko konfigūracija priklauso nuo elektros imtuvo tipo ir nuo dirbančio mechanizmo apkrovos pasipriešinimo charakterio. Pagal elementaraus elektros apkrovos grafiko stabilumo formą galime visus grafikus išskirti į du tipus.

Pirmajam tipui reikėtų priskirti tuos grafikus, kurių darbo periodo grafikas yra stačiakampio arba artimos stačiakampiui formos. Šio tipo elektros imtuvų srovė arba galia išlieka beveik nepakitusi viso darbo ciklo metu. Tokių elektros imtuvų naudojamą galią tam tikru metu yra nesunkiai nuspėti. Į tokių elektros imtuvų skaičių įeina šildymo ir apšvietimo prietaisai bei dalis jėgos imtuvų, turinčių pastovią apkrovą.

Antrajam elektros apkrovų elementarių grafikų tipui priklauso grafikai, gauti dirbant elektros imtuvams, kurių dėka perdirbami nevienodos kilmės produktai ir kuriems būdinga daugiarežiminė darbo eiga. Elektros srovės ir galios grafikas per visą darbinį periodą išsiskiria savitu netolygumu, t.y. srovės arba galios dydį galima laikyti atsitiktiniu dydžiu, siejant su tikimybių teorija, kur atsitiktiniu dydžiu vadinamas dydis, tyrinėjamų rezultate įgyjantis vieną ar kitą dydį, iš anksto nežinant kokį.

Bendros pramoninės paskirties galios elektros imtuvų grupę sudaro siurbliai, ventiliatoriai, kompresoriai, kondicionieriai. Visų minėtų įrenginių varikliai dirba testiniu (ilgu) režimu ir jų elektros apkrovos laiko bėgyje kinta mažai. Tokio pobūdžio apkrovos elektros tinkle tolygiai apkrauna visas fazes. Apkrovų pokyčiai juntami tik paleidžiant minėtų įrenginių elektros variklius. Galios koeficientas esant tokio pobūdžio apkrovoms svyruoja 0,8-0,88. Šiai imtuvų grupei taip pat galima priskirti keliamuosius-transportavimo įrenginius. Keliamųjų-transportavimo įrenginių elektros varikliai dirba kartotiniu-trumpalaikiu režimu, charakteringu dažnais įsijungimais ir išsijungimais. Minėtų imtuvų apkrova laiko bėgyje gali svyruoti nuo tuščiosios eigos iki maksimalios apkrovos, tad ir galios koeficiento reikšmė kinta nuo 0,3 iki 0,85. Kaip ir kitų šios grupės imtuvų keliamųjų-transportavimo įrenginių apkrova fazių atžvilgiu yra simetriška. Šios grupės elektros imtuvai įtampos dažniausiai būna 230-400 V. Elektrinio apšvietimo įrenginiai. Šviestuvuose naudojamos lempos (kaitrinės, liuminescencinės, gyvsidabrinės, halogeninės ir t.t.) yra vienfaziai elektros imtuvai. Trifaziame tinkle apšvietimo apkrovų simetriškumas pasiekiamas tolygiai išskirstant šviestuvus atskiroms fazėms. Paprastai vieno šviesos šaltinio galia būna nedidelė. Apšvietimo apkrova neturi staigių šuolių, tačiau jos dydis gali ryškiai kisti, priklausomai nuo paros ar metų laiko. Kaitrinių lempų galios koeficientas yra artimas vienetui, o dujų išlydžio lempų – 0,6. Dujų išlydžio lempų galios koeficientui padidimui kiekviename šviestuve, kuriame sumontuotos minėtos lempos, numatomi kompensavimo įrenginiai, padidinantys galios koeficientą iki 0,95. Apšvietimo įrenginiai dažniausiai pritaikyti 230 V įtampai, išskyrus tuos atvejus, kai jie naudojami pavojingose patalpose (tuomet naudojama pažeminta įtampa).

Keitikliniai įrenginiai. Šiai grupei priskiriami keitikliniai imtuvai, tiekiantys nuolatinę srovę elektrifikuotam transportui. Kintamoji srovė į nuolatinę keičiama puslaidininkinių lygintuvų pagalba. Keitiklinės pastotės ir jų įrenginiai dažniausiai pritaikyti 6-10 kV įtampai. Tokio pobūdžio elektros imtuvų galios koeficientas svyruoja 0,7-0,8. Šio tipo elektros imtuvų apkrova fazių atžvilgiu dažniausiai

būna simetriška, tačiau išaugus transporto elektros variklių srovei stipriai svyruoja. Keitikliniai įrenginiai taip pat naudojami ir galvanizacijos procese – t.y. metalinių gaminių paviršiaus padengimui plonu nikelio ar chromo sluoksniu.

Pramoniniai (Galios) įrenginiai. Šiai elektros imtuvų grupei priskiriami elektros varikliai, priverčiantys veikti technologines linijas, buitinio aptarnavimo ir bendrojo maitinimo įrenginius. Labiausiai paplitę asinchroniniai 400/230 V, trumpai jungtu rotorium elektros varikliai, kurių vidutinė galia 2-10 kW. Šio tipo elektros imtuvai trifazį elektros tinklą apkrauna simetriškai.

Elektroterminiai įrenginiai. Tai elektros imtuvai elektros energiją paverčiantys į šiluminę energiją.

Šios imtuvų grupės įrenginiai būna vienfaziai arba trifaziai, atitinkamai pritaikyti 230-400 V įtampai. Elektroterminių įrenginių galios koeficientas artimas 1.

#### **4.2 Suminiai elektros apkrovų grafikai**

Suminis elektros apkrovų grafikas gaunamas susumavus kelių individualių (elementarių) apkrovų grafikus, kurie išdėstyti laiko ašyje, ir turi skirtingus darbo periodų grafikus. Suminių apkrovos grafikų forma niekada nepasikartoja. Sudėjus elementarius trūkius grafikus, cecho įvade gaunamas nepertraukiamas elektros apkrovos grafikas su skirtingais žingsniais pagal dydį ir tęstinumą. Elektros srovės įvade kitimo charakteris tampa tikimybe, t.y.  $P = f(t)$  funkcija yra atsitiktinė funkcija.

Jeigu paimtume tam tikro laiko tarpo elektros imtuvų įsijungimo ir išsijungimo momentus, tai atitinkamai gautume du elementariusius minėtų elektros imtuvų įsijungimo ir išsijungimo srautus. Atitinkamų imtuvų elementarūs įsijungimo ir išsijungimo srautai skiriasi vienas nuo kito priklausomai nuo reguliarumo lygio. Daugeliu atvejų kai kuriuos elementariusius įsijungimo ir išsijungimo srautus patogu laikyti reguliariais, t.y. tokiais, kuriuose elektros imtuvų persijungimai vyksta griežtai nustatytais laiko tarpais. Elektros imtuvų darbas veikiamas įvairių veiksnių, dėl kurių sutrinka proceso reguliarumas. Šiuos sutrikimus įtakoja technologiniame procese atsitinkantys nenumatyti veiksniai (kaip pavyzdžiui gamybos įmonėse nepastovus arba nekokybiškos žaliavos kiekis ir t.t.). Didelę sutrikimų dalį sudaro supančios aplinkos parametrai (temperatūra, drėgmė, debesingumas ir t.t.), kurie kinta priklausomai nuo sezoniškumo.

Šalia pakankamai nereguliarių elektros imtuvų persijungimų srautų egzistuoja dar daugiau srautų, turinčių nereguliarių atsitiktinį charakterį. Tokių įsijungimų srautų pavyzdžiu gali būti automatinis vandentiekis, vandens šildytuvai, ventiliatoriai ir t.t. prijungtų imtuvų galią. Projektuojant elektros tinklą būtina žinoti įmonės, miesto, regiono elektros energijos vartojimo charakteristiką nustatytame laiko periode. Tokia charakteristika ir yra elektrinės apkrovos grafikas, kuris charakterizuoja elektros energijos sąnaudų kitimą laiko bėgyje, išreikštą galios vienetais arba procentais nuo maksimalios galios.

Išskiriami paros, sezono ir metiniai apkrovos grafikai. Paros grafikai sudaromi aktyviosios ir reaktyviosios energijos apskaitos ar kt. prietaisais fiksuojant valandines ar pusvalandines objektų



apkrovas. Kaip jau minėta, priklausomai nuo gamybos ypatumų, elektros imtuvų tipo, bei jų darbo režimų kiekviena skirtingos paskirties imtuvų grupė turi savitą (individualų) apkrovos grafiką.

### 4.3 Suminių apkrovos grafikų rodikliai

Priklausomai nuo projektavimo stadijos ir turimos informacijos apie būsimus elektros energijos vartotojus yra nustatinėjamos tokios elektros apkrovos, padedančios parinkti tinklo elementus:

1. Maksimalioji (skaičiuojamoji) apkrova ( $P_m$ ,  $Q_m$ ,  $I_m$ ), naudojama elektros energijos tiekimo sistemos elementams parinkti pagal išilimą ir skaičiuojant maksimalius įtampos ir galios nuostolius, transformatorių galiai parinkti, apsaugos įrenginiams skaičiuoti.

Esant ilgalaikiai apkrovai per betkokį laiko tarpą  $t$ , pradėto skaičiuoti nuo  $t_0$ , laidininko išilimas nustatomas:

$$\tau_t = \tau_y (1 - e^{-\frac{t}{T}}) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T}}; \quad (4.3.1)$$

čia:

$\tau_0$  – laidininko temperatūra momentu  $t_0$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau_t$  – laidininko temperatūra momentu  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau_y$  – laidininko temperatūra sukeliama elektros apkrovos,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T$  – laidininkų išilimo laiko pastovioji.

Maksimalios apkrovos – tai apkrovos, didžiausios iš galimų vidutinių verčių per tam tikrą laiko tarpą. Maksimaliają apkrova priimta laikyti didžiausią apkrovą, kuri tęsiasi pusę valandos.

Ši apkrova naudojama laidų ir kabelių skerspjūviams parinkti, įtampos ir galios nuostoliams linijose nustatyti, transformatorių galiai parinkti, apsaugos įrenginiams skaičiuoti.

2. Vidutinė apkrova – (aktyvioji ir reaktyvioji,  $P_{vid}$ ,  $Q_{vid}$ ) per labiausiai apkrautą pamainą apkrova.

Vieno imtuvo vidutinė aktyvioji arba reaktyvioji galia skaičiuojama tam tikram laiko intervalui. Grupės imtuvų vidutinė aktyvioji arba reaktyvioji galia yra lygi atskirų imtuvų, sudarančių tą grupę, aktyviųjų (reaktyviųjų) galių sumai:

$$P_{vid} = \sum_{i=1}^n P_{vid,i}; \quad (4.3.2)$$

$$Q_{vid} = \sum_{i=1}^n q_{vid,i}, \quad (4.3.3)$$

$$I_{vid} = \frac{\sqrt{P_{vid}^2 + Q_{vid}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (4.3.4)$$

čia:

$U_n$  – vardinė įtampa,

$I_{vid}$  – vidutinė srovė.

Nagrinėjant energijos perdavimo sistemos ar atskirų jos elementų išilimą, kuris priklauso nuo nuostolių dydžio, naudojamos vidutinės kvadratinės (ekvivalentinės) apkrovos:  $I_e$ ,  $P_e$ ,  $Q_e$ . Ekvivalentinė reaktyvioji galia skaičiuojama, kai reikia įvertinti elektros energijos nuostolių sumažėjimo efektą, naudojant reaktyviosios galios kompensavimo priemones.

3. Pikinė maksimalioji apkrova – tai trumpalaikė apkrova  $P_{\max}$  atsirandanti periodiškai paleidžiant elektros variklius, dirbant suvirinimo agregatams, lankinėms krosnims. Ši apkrova reikalinga skaičiuojant įtampos svyravimus, apsaugos įrenginius ir pan.

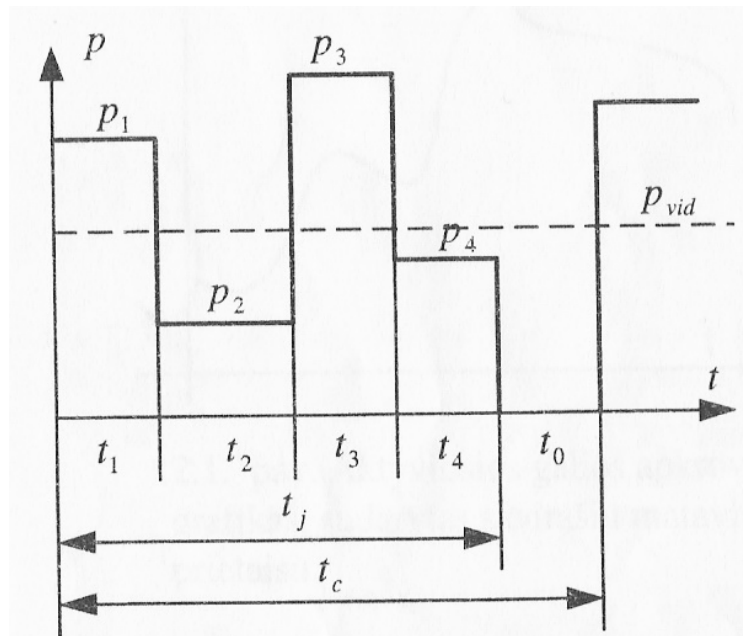
4. Skaičiuojamoji apkrova – tai galia, atitinkanti tokį nekintantį srovės stiprį, kuris ekvivalentus faktiniam laike kintančiam stipriui, neviršijančiam didžiausio leistinojo šiluminio poveikio elektros tinklo elementui.

#### 4.4 Apkrovų grafikų koeficientai

Skaičiuojant apkrovas yra naudojami koeficientai, apibūdinantys elektros energijos imtuvų darbo režimus, pagal galią arba laiką. Koeficientai gaunami tiriant vartotojų bei įvairių elektros įrenginių ilgametį apkrovos kitimą ir dažniausiai yra pateikiami lentelėse.

##### 4.4.1 Išnaudojimo koeficientas $K_{i\delta}$

Atskiro imtuvo arba imtuvų grupės vidutinės aktyviosios arba reaktyviosios galios santykis su vardine (instaliuota) galia. Turint apkrovos grafiką (4.1.1 pav.), galima surasti vidutinę aktyviają galią duotam darbo ciklui ar pamainai ir apskaičiuoti aktyviosios galios išnaudojimo koeficientą  $k_{i\delta}$  vienam imtuvui.



4.4.1 pav. Aktyviosios galios apkrovos grafikas.

Atskiro imtuvo:

$$k_{is} = \frac{P_{vid}}{P_n}. \quad (4.4.1.1)$$

Imtuvų grupės:

$$K_{is} = \frac{P_{vid}}{P_n} = \frac{\sum_1^n k_{is} P_n}{\sum_1^n P_n}. \quad (4.4.1.2)$$

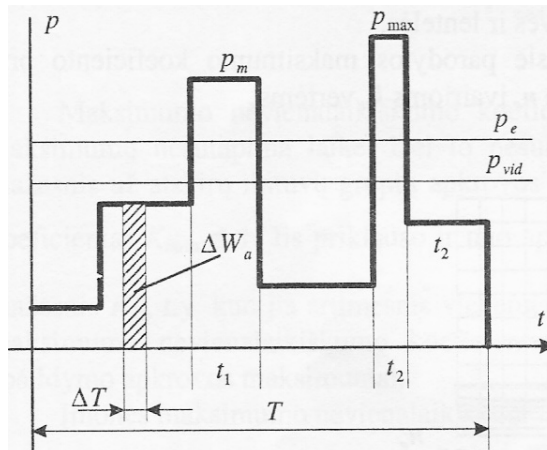
Atskiro imtuvo (pagal apkrovos grafiką):

$$k_{is} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3 + P_4 t_4}{P_n (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_0)} = \frac{\sum P_i t_i}{P_n \sum t_i}. \quad (4.4.1.3)$$

#### 4.4.2 Apkrovos grafiko formos koeficientas Kfa

Imtuvo arba imtuvų grupės vidutinės kvadratinės srovės arba galios santykis su vidutine srove arba galia per tą patį laiko tarpą. Grafiko formos koeficientas charakterizuoja apkrovos grafiko netolygumą. Koeficientas bus minimalus (lygus 1), kai apkrova bus pastovi.

Grafiko formos koeficientą galima surasti pagal aktyviosios arba reaktyviosios energijos skaitiklių rodmenis. 7.2.1 paveiksle užbrūkšniuotas plotelis – tai per elementarų laiko tarpą  $\Delta T$  sunaudota aktyvioji energija  $\Delta W_a$ .



4.4.2 pav. Aktyviosios galios apkrovos grafikas.

Kai visas apkrovos grafikas, kurio trukmė  $T$ , padalintas į  $m$  vienodų intervalų, ekvivalentinė galia per laiką  $T$ :

$$P_e = \sqrt{\frac{1}{m} \cdot \sum_1^m P^2}. \quad (4.4.2.1)$$

Kadangi  $P = \frac{\Delta W_a}{\Delta T}$ , o  $P_{vid} = \frac{W_a}{T} = \frac{W_a}{m \cdot \Delta T}$ , tai grafiko formos koeficientas bus:

Atskiro imtuvo:

$$k_{fa} = \frac{P_e}{P_{vid}}. \quad (4.4.2.2)$$

Imtuvų grupės:

$$K_{fa} = \frac{P_e}{P_{vid}}. \quad (4.4.2.3)$$

Atskiro imtuvo (pagal apkrovos grafiką):

$$K_{fa} = \sqrt{m} \cdot \frac{\sqrt{\sum_1^m (\Delta W_a)^2}}{W_a}. \quad (4.4.2.4)$$

### 4.4.3 Maksimumo koeficientas $K_m$

Maksimalios skaičiuojamosios apkrovos santykis su vidutine apkrova per tiriamąjį laikotarpį – per labiausiai apkrautą pamainą. Šis koeficientas dažniausiai naudojamas grupiniams grafikams. Koeficientas nustatomas pagal kreives ir priklauso nuo grupės naudojimo koeficiento ir imtuvų skaičiaus.

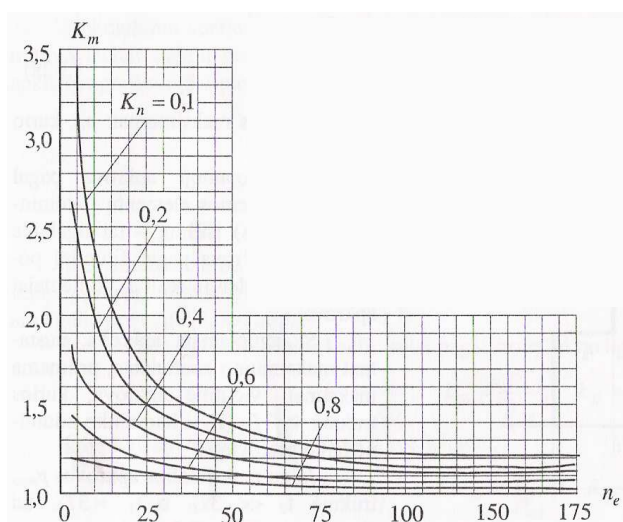
$$K_m = \frac{P_{sk}}{P_{vid}}. \quad (4.4.3.1)$$

4.4.2 paveiksle pateiktame apkrovos grafike, pavaizduoti aiškūs apkrovos maksimumai:  $p_m$ , kurio trukmė  $t_1$  ir  $p_{max}$ , kurio trukmė  $t_2$ . Skaičiuojamąją apkrovą, nustatant maksimumo koeficientą, priimama maksimali vidutinė apkrova, kurios trukmė  $\geq 3 T_0$  ( $T_0$  – laidininko šiluminė laiko pastovioji). Jei  $t_2 \ll 3T_0$ , o  $t_1 \approx 3T_0$ , tai  $P_{sk} = p_m$ .

Maksimumo koeficientas priklauso nuo efektyviojo imtuvų skaičiaus  $n_{efekt}$  (vienodo režimo ir galios imtuvų skaičiaus (teorinio), kuris sudaro tokią pat skaičiuojamąją apkrovą kaip realūs skirtingo režimo ir įvairios galios imtuvai):

$$n_{ef} = \frac{\left( \sum_1^n P_n \right)^2}{\sum_1^n P_n^2}. \quad (4.4.3.2)$$

Maksimumo koeficientas priklauso ir nuo naudojimo koeficiento  $K_n$ . Maksimumo koeficientui surasti naudojamos kreivės ir lentelės (4.4.3 pav.).



4.4.3 pav. Maksimumo koeficiento kreivės

#### 4.4.4 Paklausos koeficientas $K_p$

Tai grupinių apkrovos grafikų koeficientas. Jis lygus maksimalios skaičiuojamosios apkrovos (galios arba srovės) santykiui su vardine (įrengtąja) grupės imtuvų galia arba srove.

$$K_{pa} = \frac{P_{sk}}{P_n} = K_{na} \cdot K_{ma} \quad (4.4.4.1)$$

Paklausos koeficientai įvairioms imtuvų grupėms ir technologiniams procesams nustatomi eksperimentais ir pateikiami lentelėse.

#### 4.4.5 Maksimumo nevienalaikiškumo koeficientas $K_{mna}$

Tai elektros tiekimo sistemos mazgo skaičiuojamosios apkrovos santykis su vienodų imtuvų grupių, priklausančių tam mazgui, skaičiuojamųjų apkrovų suma:

$$K_{mna} = \frac{P_{sk.mazg}}{\sum_1^n P_{sk}} \quad (4.4.4.2)$$

Maksimumo nevienalaikiškumo koeficientas naudojamas elektros tiekimo sistemos mazgo apkrovoms skaičiuoti, kai mazgo apkrova nustatoma sumuojant atskirų imtuvų grupių skaičiuojamąsias apkrovas, t.y. orientaciniams skaičiavimams.

4.4.1 lentelėje pateikti kai kurių imtuvų grupių paklausos, naudojimo ir galios koeficientai.

4.4.1 lentelė

**Imtuvų grupių paklausos, naudojimo ir galios koeficientai**

Imtuvų grupė	$K_p$	$K_{i\check{s}}$	$\cos \varphi$
Metalo apdirbimo staklės	0,14-0,25	0,1-0,15	0,5-0,6
Cechų kranai	0,15-0,3	0,1	0,5
Ventiliatoriai	0,65-0,85	0,6-0,7	0,8-0,85
Suvirinimo transformatoriai	0,35-0,5	0,1-0,2	0,4-0,5

#### 4.5 Išvados

Elektros apkrovų grafikai sudaromi įvairaus lygio elektros energijos vartotojams: atskiram pastatui arba cechui, vartotojo transformatorinei pastotei, visai įmonei, miestui ar regionui. Remiantis darbo ir išėginių parų grafikais bei įvertinus metų laikus galima sudarinėti metinius grafikus, nustatyti pagrindinius grafikų rodiklius. Kuo tolygesnis apkrovos grafikas, tuo geriau išnaudojami elektros tinklai ir prietaisai, ir tuo paprasčiau valdyti energetinę sistemą.

Kiekviena pramonės šaka turi skirtingus, tik tai šakai būdingus apkrovos grafikus, kurie priklauso nuo technologinio proceso ypatumų.

## 5. APKROVŲ NESIMETRIŠKUMO ĮVERTINIMAS

Vystantis visuomenei, energetikos sektorius tampa vis reikšmingesnis ir sudėtingesnis. Projektuojant naujas įmones ar cechus, plečiant esamus ar atliekant rekonstrukciją reikėtų prisiminti projektuotojų tarpe jau primirštus dalykus. Kiekvienoje pramonės ar kitos šakos įmonėje yra vienfazių elektros imtuvų, kurie gali saudaryti nuo 30 iki 70 % visos elektros apkrovos. Labai svarbu šią apkrovą simetriškai paskirstyti trifaziame elektros tinkle. Tačiau net ir tiksliai paskirsčius elektros apkrovas ne visada galima išvengti apkrovų nesimetriškumo, dėl apkrovos tikimybinio pobūdžio.

Nesimetrijos lygio įvertinimui [9] įvedamas įtampos nesimetriškumo koeficientas.

$$e_U = \frac{U_2}{U_{l,n}}; \quad (5.1)$$

čia:

$U_2$  – atvirkštinės sekos įtampa, V;

$U_{l,n}$  – vardinė linijinė įtampa, V.

Šis koeficientas neturėtų viršyti 2 %.

Nesimetrijos lygio įvertinimui rekomenduojama įvertinti ir disbalanso lygį:

$$e_0 = \frac{U_0}{U_{f,n}}; \quad (5.2)$$

čia:

$U_0$  – nulinės sekos įtampa, V;

$U_{f,n}$  – vardinė fazinė įtampa, V.

Šis koeficientas taip pat neturi viršyti 2 %.

Šių koeficientų nustatymui veikiančiuose elektros tinkluose būtina išmatuoti kelių dienų bėgyje (žiemą ir vasarą) apkrovos maksimumą ir minimumą fazinių ir linijinių įtampų.

Pagal matavimo duomenis galima nustatyti atvirkštinės ir nulinės sekos įtampas.

$$X = \frac{U_{AB} - U_{AC} + U_{BC}}{2U_{AB}}; \quad (5.3)$$

$$Y = \sqrt{U_{BC}^2 - X^2}; \quad (5.4)$$

$$U_2' = -U_{AB} / 2 + Y / \sqrt{3}; \quad (5.5)$$

$$U_2'' = (-U_{AB} + 2X) / 2\sqrt{3}; \quad (5.6)$$

Atvirkštinės sekos įtampa:

$$U_2 = \sqrt{(U_2')^2 + (U_2'')^2}; \quad (5.6)$$

čia:

$X, Y$  – pagalbinės reikšmės;

$U_2'$  – tikroji atvirkštinės sekos įtampos reikšmė, V;

$U_2''$  – menamoji atvirkštinės sekos įtampos reikšmė, V.

Panašiai apskaičiuojama ir nulinės sekos įtampa.

$$X_0 = \frac{U_{AB}^2 - U_A^2 + U_B^2}{2U_{AB}}; \quad (5.6)$$

$$Y_0 = \sqrt{U_B^2 - X_0^2}; \quad (5.7)$$

$$U_0' = (U_{AB} + X) / 3 - X_0; \quad (5.8)$$

$$U_0'' = Y / 3 - Y_0; \quad (5.9)$$

Nulinės sekos įtampa:

$$U_0 = \sqrt{(U_0')^2 + (U_0'')^2}; \quad (5.10)$$

čia:

$X_0, Y_0$  – pagalbinės reikšmės;

$U_0'$  – tikroji nulinės sekos įtampos reikšmė, V;

$U_0''$  – menamoji nulinės sekos įtampos reikšmė, V.

Srovės nesimetriškumo koeficientas, % nustatomas pagal išraišką:

$$e_I = \frac{I_{\max} - I_{vid}}{I_{vid}} \cdot 100. \quad (5.11)$$

čia:

$I_{\max}$  – daugiausiai apkrautos fazės maksimali srovės reikšmė, A;

$I_{vid}$  – visų fazių aritmetinė vidutinė srovės reikšmė, A.

Tyrimais nustatyta, kai įtampos nesimetriškumo koeficientas siekia 4 % , asinchroninių elektros variklių tarnavimo laikas sutrumpėja du kartus, lyginant su tarnavimo laiku simetriniame režime. Nesimetrijos koeficientui siekiant 10 % ir daugiau, transformatorių izoliacijos tarnavimo laikas sutrumpėja 16 %.

Tiriant apkrovų grafikus buvo nustatyta, kad elektros tinkluose nesimetriškumo koeficientas pasiekia net 20 %. Artejanč link pastočių šynų, šis koeficientas ženkliai mažėja.

Svarbu yra ir tai, kad kai apkrova yra tiesinė ir simetrinė, nuliniu laidu srovė neteka. Todėl daugelyje šalių, tuo tarpu ir Lietuvoje, leidžiama naudoti kabelius, kurių „N“ laidininkas yra mažesnio arba tokio pat skerspjūvio.

Nesimetriškumą elektros tinkluose iki 1000 V lemia nevienodas fazių apkrovimas elektros tinkle, tikimybių pobūdis, kuris nusako elektro imtuvų ir apšvietimo sukuriama elektros apkrovą. Dėl įtampos ir srovės nesimetriškumo atsiranda papildomų galios nuostolių, sutrumpėja elektros įrangos, laidų ir transformatorių eksploatavimo laikas.

### **5.1 Išvados**

Neįvertintas nesimetriškumas gali sukelti esminių klaidų parenkant elektros kabelius. Net ir tiksliai paskirsčius elektros apkrovas ne visada galima išvengti apkrovų nesimetriškumo. Projektuojant elektros tinklus negalima pamiršti šio faktoriaus. Todėl projektuotojas nustatydamas skaičiuojamą įrenginio ar skydo srovę į formulę turėtų įtraukti ir nesimetriškumo koeficientą.



## 6. ELEKTROS APKROVŲ SKAIČIAVIMO METODŲ APŽVALGA

Apkrovų nustatymas vienas iš atsakingiausių elektros tinklų ir sistemų projektavimo etapų. Nustačius per dideles skaičiuojamasias apkrovas išauga investicijos į projekto įgyvendinimą, o nustačius per mažas – perkrovus elektros tinklo elementus sukuriama sąlyga avarinės situacijos susidarymui. Teisingai nustatytos elektros apkrovos leidžia sukurti racionalias elektros tiekimo sistemas ir tinkamai jas eksploatuoti. Nustatant elektros apkrovas reikalingos ne tik visų, prijungiamų prie elektros tinklo, imtuvų galios, bet ir jų kitimas laiko bėgyje, kuris dažnai yra atsitiktinis.

Bendrai visus [1, 10] metodus galima išskirti į dvi grupes:

1. Pirmajai metodų grupei priskiriami metodai, kurių pagalba nustatinėjama elektros tinklo taško apkrova kai žinomas elektros imtuvų, jungiamų prie šio taško, kiekis bei jų charakteristikos. Šiuo atveju elektros apkrova priimama kaip atsitiktinis dydis, su tam tikra tikimybe įgyjantis vienokią ar kitokią reikšmę.

2. Antrajai grupei priskiriami metodai, kurie suteikia galimybę nustatyti skaičiuojamąją apkrovą nepriklausomai nuo prijungtų prie reikiamo elektros tinklo taško elektros imtuvų skaičiaus. Skaičiuojamoji apkrova šiuo atveju nustatoma pagal santykinę elektros galią, tenkančią pramoninės ar gyvenamosios paskirties ploto vienetui arba pagal santykinę elektros energijos sąnaudas produkcijos vienetui pagaminti. Šie metodai naudojami kai trūksta reikiamos informacijos apie vartotojų kiekį, galią bei darbo režimus.

### 6.1 Išvados

Norint apskaičiuoti darbo režimą, būtina turėti atitinkamos apkrovos tikimybių reikšmes. Jeigu parinksime labai mažas tikimybes, visa tai atitiks labai dideles elektros apkrovos reikšmes, kurios elektros pastotėje realiai nepasieks tokio dydžio. Dėl to bus nepakankamai apkrauta elektros linija bei transformatorius. Pasirinkus didelės tikimybės reikšmes gali būti atvirkščiai – elektros perdavimo linijos ir transformatorius perkraunami.

## 7. GAMYBOS ĮMONIŲ APKROVŲ SKAIČIAVIMO METODIKOS

### 7.1 Apkrovų nustatymas pagal instaliuojamą galią $P_n$ ir paklausos koeficientą $K_p$

Žemos įtampos šinose elektros imtuvų grupės vartojama aktyvioji skaičiuojamoji galia:

$$P_{sk} = K_{pa} \cdot P_n. \quad (7.1.1)$$

Reaktyvioji skaičiuojamoji galia:

$$Q_{sk} = P_{sk} \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (7.1.2)$$

Pilnutinė galia:

$$S_{sk} = \sqrt{P_{sk}^2 + Q_{sk}^2} = \frac{P_{sk}}{\cos \varphi}. \quad (7.1.3)$$

Bendras visų grupių paklausos koeficientas:

$$K_{pa} = \frac{P_{sk}}{P_n}. \quad (7.1.4)$$

Bendras galios koeficientas  $\cos \varphi$ , randamas suskaičiavus  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_{sk}}{P_{sk}}$ .

### 7.2 Apkrovų nustatymas pagal vidutinę galią $P_{vid}$ ir grafiko formos koeficientą $K_{fa}$

Grupės imtuvų aktyvioji skaičiuojamoji galia:

$$P_{sk} = K_{fa} \cdot P_{vid}. \quad (7.2.1)$$

Reaktyvioji skaičiuojamoji galia:

$$Q_{sk} = P_{sk} \cdot \operatorname{tg} \varphi = K_{fr} \cdot Q_{vid}. \quad (7.2.2)$$

Pilnutinė skaičiuojamoji galia:

$$S_{sk} = \sqrt{P_{sk}^2 + Q_{sk}^2}. \quad (7.2.3)$$

Skaičiuojant apkrovą priimama, kad skaičiuojamoji apkrova yra lygi ekvivalentinei ( $P_{sk}=P_e$  ir  $Q_{sk}=Q_e$ ), nes  $K_{fa} = \frac{P_e}{P_{vid}}$ . Tokia prielaida teisinga, pavyzdžiui, kartotinio trumpalaikio darbo režimo imtuvų grupėms. Skaičiavimams formos koeficientas priimamas  $K_{fa}=1,0 \div 1,2$ .

Vidutinė galia apskaičiuojama pagal naudojimo koeficientą:

$$P_{vid} = K_{na} \cdot P_n. \quad (8.2.4)$$

### 7.3 Apkrovų nustatymas pagal vidutinę galią $P_{vid}$ ir maksimumo koeficientą $K_m$

Skaičiuojamoji aktyvioji galia:

$$P_{sk} = K_{ma} \cdot P_{vid} \quad (7.3.1)$$

Reaktyvioji galia:

$$Q_{sk} = K_{mr} \cdot Q_{vid} = P_{sk} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (7.3.2)$$

Maksimumo koeficientas randamas iš kreivių (4 pav.) arba lentelių.

Imtuvams, kurių apkrova kinta nedaug,  $K_m=1$ , tada  $P_{sk}=P_{vid}$ .

### 7.4 Apkrovų nustatymas pagal dvinarių formulių metodą

Šis metodas taikomas apkrovoms skaičiuoti metalo apdirbimo, metalurgijos bei chemijos pramonėje.

Elektros imtuvų grupei reikiamas galingumas nustatomas taip:

$$P = cP_{n1} + bP_n \quad (7.4.1)$$

Skaičiuojamoji srovė:

$$I_{sk} = c_1P_{n1} + b_1P_n \quad (7.4.2)$$

čia:

$P_{n1}$  – kelių ( $n_1$ ) galingiausių tos grupės elektros imtuvų įrengtasis galingumas, kW;

$P_n$  – visų grupės elektros imtuvų įrengtasis galingumas, kW;

$c$ ,  $b$ ,  $c_1$  ir  $b_1$  – dvinarių formulių daugikliai, priklausantieji nuo darbo režimo (7.4.1 lentelė);

$n_1$  – galingiausių elektros imtuvų skaičius (7.4.1 lentelė).

7.4.1 lentelė

Dvinarių formulių daugikliai

Imtuvai	Daugikliai				$n_1$	$\cos \varphi$
	$c$	$b$	$c_1$	$b_1$		
Individualinė metalo apdirbimo staklių pavarų:						
a) metalo karšto apdirbimo cechai, kai gamyba serijinė ir srovinė .....	0,5	0,26	1,17	0,61	5	0,65
b) metalo šalto apdirbimo cechai, kai gamyba stambi serijinė ir srovinė .....	0,5	0,14	1,5	0,42	5	0,5
c) metalo šalto apdirbimo cechai, kai gamyba smulki serijinė ir individualinė .....	0,4	0,14	1,2	0,42	5	0,5
Nuolat veikia ventiliatoriai, siurbiai, transmisijos .....	0,25	0,65	0,18	1,24	5	0,8
Transporto pavarų:						
a) pavieniui dirbantieji transporteriai .....	0,1	0,4	0,81	0,81	5	0,75
b) sublokuotai dirbantieji transporteriai .....	0,2	0,6	0,4	1,22	5	0,75
Elektriniai kranai:						
a) katilinių, mechaninių bei surinkimo cechų .....	0,2	0,06	0,6	0,18	3	0,5
b) liejyklų .....	0,3	0,09	0,9	0,27	3	0,5

## 7.5 Apkrovų nustatymo pagal lyginamojo elektros energijos suvartojimo vienam produkcijos vienetui metodas

Šis elektrinių apkrovimų skaičiavimo metodas taikomas, kai reikia apytiksliai nustatyti transformatorinių galingumus ar maitinančių kabelių skerspjūvius. Žinant lyginamąjį elektros energijos suvartojimą vienam produkcijos vienetui, randamas visai įmonei reikalingas galingumas:

$$P = \frac{aE}{T} \quad (7.5.1)$$

čia:

$a$  – lyginamasis elektros energijos suvartojimas vienam produkcijos vienetui, kW;

$E$  – metinė įmonės gamybos apimtis gaminių vienetais;

$T$  – metinis įmonės maksimalaus apkrovimo naudojimas valandomis.

7.5.1 lentelė

Lyginamasis elektros energijos suvartojimas vienam gaminių vienetui .

Pramonė ir gaminiai	Gaminių kiekis	Elektros energijos suvartojimas kWh
<b>1. Lengvoji pramonė</b>		
Verpalai (be taurinimo) .....	1 t	40
Audiniai .....	1 mln. ataudų	50—80
Taurinti verpalai .....	1 t	130—320
Dažytų siūlų verpalai .....	„ „	235
Sukti siūlai .....	„ „	40
Gatava vilna verpimui .....	„ „	3000
Vulkanizuota ir paprasta avalynė .....	1000 porų	400
<b>2. Popieriaus-celiuliozės pramonė</b>		
Gatavas popierius .....	1 t	400—800
Pilkas kartonas .....	„ „	100
Elektrokartonas .....	„ „	1400
Celiuliozė .....	„ „	60—250
Medienos tyrė .....	„ „	1000
<b>3. Chemijos pramonė</b>		
Sieros rūgštis .....	„ „	70—120
Amoniakas .....	„ „	300—2300
Gesintos kalkės .....	„ „	2500
Gumos gaminiai .....	„ „	250—400
Deguonis .....	1 m <sup>3</sup>	2—2,5
<b>4. Statybos pramonė</b>		
Gelžbetonis masinėms statyboms .....	1000 m <sup>3</sup>	9500—15000
Gelžbetonis azūrinėms konstrukcijoms .....	„ „	7000—8500
<b>5. Grunto suplovimas pylimams</b>		
a) smėlis .....	1 m <sup>3</sup>	3—5
b) priemolis .....	„ „	4—9
c) molis .....	„ „	10—20
<b>6. Miško medžiagos suplovimas</b>		
a) iki 50 000 m <sup>3</sup> metinės gamybos lentpiūvėse .....	„ „	15—17
b) daugiau kaip 50 000 m <sup>3</sup> metinės gamybos lentpiūvėse .....	„ „	20

Metinis maksimalaus apkrovimo naudojimas  $T$  valandomis įvairiose pramonės šakose.

1. Elektros apšvietimas	
Vienos pamainos įmonėse .....	410
Dviejų pamainų įmonėse .....	2200
Trijų pamainų įmonėse .....	4100
Įmonių išorinis apšvietimas .....	3600
2. Jėgos įrengimai	
Metalurgijos pramonėje .....	6500
Chemijos pramonėje .....	5800
Mašinų gamybos pramonėje .....	4400
Popieriaus pramonėje .....	5500
Maisto pramonėje .....	5000
Poligrafijos pramonėje .....	3000
Tekstilės pramonėje .....	4500
Avalynės pramonėje .....	3000
Medžio apdirbimo pramonėje .....	2500

### 7.6 Apkrovų nustatymo pagal lyginamojo apkrovimo vienam kvadratiniam gamybinio ploto vienetui metodika

Šis metodas taikomas tik elektros apšvietimo galingumui nustatyti. Jis naudojamas tuo atveju, kai nereikia didelio tikslumo. Šiuo metodu nustatomas bendras lempų galingumas tiesiog, neskaičiuojant:

- 1) Parenkamas apšvietumas ir šviestuvų tipas;
- 2) Pagal patalpos plotą ir skaičiuojamąjį šviestuvų aukštį nustatomas lyginamasis galingumas, o jį padauginus iš patalpos ploto gaunamas ieškomasis apšvietimo galingumas visai patalpai.

Lyginamieji galingumai yra pateikiami lentelėse, kuriose nurodoma: šviestuvo aukštis, patalpos plotas, apšvietumas, lubų atspindžio koeficientas, sienų atspindžio koeficientas, darbo paviršiaus ar grindų atspindžio koeficientas.

Skaičiuojant apkrovas elektros energijos tiekimo ir paskirstymo scheme jos yra nustatomos schemas mazguose. Skaičiuoti pradedama nuo žemiausių schemas grandžių tokia seka:

1. Atskirų imtuvų iki 1000 V įtampos skaičiuojamųjų apkrovų nustatymas. Tos skaičiuojamosios apkrovos būtinos renkant laidų arba kabelių, kuriais maitinami atskiri imtuvai, skerspjuvį ir komutacinę bei apsaugos aparatūrą.

2. Grupės imtuvų arba atskirų galingų imtuvų, jungiamų tiesiai prie skirstomojo punkto šynų arba maitinančiosios magistralės, iki 1000 V įtampos skaičiuojamųjų apkrovų nustatymas. Skaičiuojamosios apkrovos būtinos laidų arba kabelių, radialinės linijos ar skirstomosios magistralės skerspjuviui skaičiuoti ir aparatūrai, kuria imtuvų grupė arba atskiri imtuvai jungiami prie skirstomojo punkto šynų arba maitinančiosios magistralės, parinkti.

3. Transformatorinės pastotės žemos įtampos (0,4 kV) šynų bendros skaičiuojamosios apkrovos, kurią sudaro atskiri imtuvai arba skirstomieji punktai, nustatymas. Skaičiuojamosios apkrovos būtinos norint parinkti transformatorių skaičių ir galią, šynų ar pagrindinės magistralės skerspjuvį bei pastotės žemos įtampos aparatus.

### **7.8 Išvados**

Pramonės įmonių elektros apkrovos gali būti skaičiuojamos aprašytomis metodikomis. Tačiau, reikia įvertinti individualius nagrinėjamos pramonės šakos rodiklius. Apkrovų grafikai gali labai skirtis nuo sudarytų tipinių grafikų., pagal kuriuos buvo nustatyta dauguma skaičiavimui reikalingų koeficientų. Apkrovų nustatymo metodika pasirenkamas pagal reikalaujamą skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo tikslumą.

## 8. GYVENAMŪJŲ IR VISUOMENINĖS PASKIRTIES PASTATŲ APKROVŲ SKAIČIAVIMO METODIKOS

Skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodika nustato minimalius reikalavimus gyvenamųjų ir visuomeninės paskirties pastatų ar patalpų elektros tinklų skaičiuojamosioms elektros apkrovoms apskaičiuoti.

Metodika taikoma projektuojant naujus, rekonstruojant ar kapitališkai remontuojant esamus gyvenamuosius ir visuomeninės paskirties pastatus ar patalpas bei esamus elektros tinklus, taip pat rengiant teritorijų planavimo dokumentus. Metodikos taikymas turi užtikrinti elektros energijos tiekimo patikimumą ir elektros energijos tiekėjų teikiamų paslaugų kokybės reikalavimus.

Skaičiuojamajai elektros apkrovai nustatyti naudojama jau anksčiau minėta metodika pagal instaliuotąją galią  $P_n$  ir paklausos koeficientą  $k_p$ .

$$P_{sk} = k_p \cdot \sum P_n ; \quad (7.5.1)$$

čia:

$k_p$  – paklausos koeficientas;

$P_n$  – įrengtoji galia;

$P_{sk}$  – skaičiuojamoji galia.

Apšvietimo įrenginių, kištukų lizdų, liftų, elektrinių viryklių, buitinių oro kondicionierių paklausos koeficiento reikšmės priklauso nuo prie elektros linijos prijungtų imtuvų kiekio.

Skaičiuojamosios elektros gyvenamųjų pastatų karšto ir šalto vandens cirkuliaciniams siurbliams, ventiliatoriams, šildymo prietaisams ir kitiems elektros imtuvams, nustatomos susumavus visų šių elektros imtuvų instaliuotas galias ir jų sumą padauginus iš koeficiento 1.

Skaičiuojamosios elektros apkrovos pateiktos taikant prielaidą, kad butai yra iki 70 m<sup>2</sup>, o vienbučiai gyvenamieji namai – iki 200 m<sup>2</sup> bendro ploto ir juose įrengti buitinių vartotojų dažniausia vartojami elektros energijos imtuvai. Skaičiuojamąją elektros apkrovą kiekvienam padidintam bendro ploto vienetui gyvenamiesiems pastatams su dujinėmis viryklėmis reikia padidinti 1 %, su elektrinėmis viryklėmis ir (ar) momentiniais vandens šildytuvais – 0,5 %. Projektuotojas turi įvertinti visus patalpose ar pastatuose projektuojamus elektros energijos imtuvus ir apskaičiuoti pastato elektros apkrovą.

Elektros įrenginių paklausos koeficientai yra nurodyti Lietuvos Respublikos ūkio ministro, 2007m. gruodžio 27d. Įsakymu Nr. 4-542 patvirtintoje skaičiuojamųjų elektros apkrovų metodikoje.

### 8.1 Išvados

Nustatant gyvenamųjų ir visuomeninės paskirties pastatų elektros apkrovas, projektuotojų darbą labai palengvina Lietuvos Respublikos ūkio ministro, 2007m. gruodžio 27d. įsakymu Nr. 4 – 542, patvirtinta skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodika. Ši metodika pateikia atnaujintą apkrovų skaičiavimo algoritmą, kuris atitinka būtent šių dienų elektros apkrovas. Tokia metodika yra reikalinga ir įmonių elektros apkrovų nustatymui.

## 9. KOMPIUTERIZUOTAS APKROVŲ SKAIČIAVIMAS

Šiuolaikiniai projektuotojai ir studentai apkrovų nustatymui vis dažniau naudojami 10/0,4kV elektros paskirstymo tinklo projektavimui skirtomis programomis. Tai yra ideali elektros tinklo projektavimo priemonė, reikalaujanti minimalių pradinių duomenų.

Programos siūlo šias funkcijas:

- automatinis visų elektros tinklo komponentų parinkimas;
- vizualinis selektyvumo įvertinimas, atsižvelgiant į apsaugos prietaisų veikimo pradžios charakteristikas;
- grafinis elektros tinklo schemos braižymas/koregavimas;
- jungimas šynolaidžiais bei elektros energijos paskirstymas kabeliais pastatuose;
- laisvas tinklo konfigūracijos parinkimas arba tiesiog tinklo konfigūracija be apribojimų.

Išnaudojant šių programų galimybes skirstomojo elektros tinklo projektavimas komercinės, pramoninės bei administracinės paskirties pastatuose dabar dar lengvesnis, greitesnis ir saugesnis.

Darbą lengvina:

- Elektros tinklo parametrai parenkami automatiškai, įvedant minimalų kiekį duomenų.
- Išsamios techninės žinios apie produktus ar sistemas nėra reikalingos.
- Pakeitimai lengvai įgyvendinami projektavimo ir įdiegimo procesuose.
- Išsamus duomenų pateikimas.

Darbą greitina:

- Tikslūs rezultatai pateikiami per minimalų laiką.
- Spartus ir patikimas skaičiavimų vykdymas.
- Greitas pritaikomumas keičiantis įrangai ar plečiant sistemą.
- Spartus ir efektyvus automatinis komponentų ir jų dydžių parinkimas.
- Automatiškai prieinama integruota produktų duomenų bazė.

Darbo saugumas:

- Tinklas projektuojamas pagal pripažintas technines taisykles ir standartus (IEC).
- Automatinis projekto tikrinimas ir pranešimai apie nukrypimus nuo standartų.
- Apsaugos prietaisų srovės kreivių pateikimas selektyvumui įvertinti.
- Keičiami apsaugos prietaisų nustatymai, informacijos pateikimas apie galių balansą pasikeitimą.
- Maksimalus projektavimo lygis ir kaštų patikimumas.

### 9.1 Išvados

Pastaruoju metu daugelis skaičiavimo darbų yra pateikiama įvairioms kompiuterinėms programoms, tačiau žmogaus įtakos išvengti neįmanoma ("Simaris"). Darbo kokybė priklauso nuo projektuotojo patirties ir sugebėjimų.



## 10. LAIDININKŲ PARINKIMAS

Projektuose parenkant laidininkų skerspjūvį reikia atsižvelgti [4, 7] į tai kad:

1. Bet kurios paskirties laidininkai turi atitikti jų riboto leistino išilimo reikalavimus, veikdami ne tik įprastiniu, bet ir remonto, avariniu ar poavariniu režimu.

2. Laidininkų išilimas turi būti tikrinamas pagal didžiausią vidutinę pusvalandžio trukmės srovę.

$$I_{ilg} = I_{tr} \cdot \frac{\sqrt{PI}}{0.875}. \quad (10.1)$$

čia:

$I_{tr}$  - trumpalaikio kartotinio darbo režimo srovė, A;

$I_{ilg}$  - ilgalaikio darbo režimo srovė, A;

$PI$  – pakartotinio įjungimo koeficientas, %.

3. Esant trumpalaikiam kartotinam ar trumpalaikiam darbo režimams, skaičiuojamąją srovę, parenkant laidininkų skerspjūvį reikia laikyti ilgalaikio veikimo srovę. Taip pat laidininkų paklojimo būdą ir minimalius laidininkų skerspjūvius reglamentuotus EIT. Statinio vidaus elektros tinkluose, įvykus trumpam jungimui, laidininkų elektromagnetinė sąveika ir mechaninės deformacijos gana nežymios, jas kompensuoja laidininkų izoliacijos plastiškumas ir mechaninis atsparumas. Trumpo jungimo atvejai praktikoje būna ne dažnai, dėmesį reikėtų atkreipti į galingų elektros įrenginių paleidimo momentus, nes atvirai ir per daug laisvai įtvirtinti (netinkamai įtvirtinti) kabeliai deformuojasi ir laikui bėgant gali būti pažeista izoliacija.

Reikia numatyti ir nurodyti kur galima, o kur negalima naudoti monolitinius ar daugiavielius laidininkus. Parenkant laidininkus judančiuose konstrukcijose, neįvertinti laidininkų maksimalūs lenkimo kampai ir lankstymo dažnis ir dažniausiai visai užmirštama. Ypač lankstūs kabeliai, kataloguose dar vadinami „super lankstūs“, gana brangūs, dėl šios priežasties ne retai, montuotojų pakeičiami paprastais. Todėl vykdant projektinę priežiūrą, reikia atidžiau kreipti dėmesį į atitiktas deklaracijas. Projektuose reikia atidžiau parinkti kabelius pagal jų naudojimo paskirtį. Neprojektuoti paslėptai montuojamų daugiavielių kabelių, nebent būtų nurodyta galimybė juos keisti. Būna atveju, kai priimami sprendimai montuoti monolitinius kabelius PVC vamzdžiuose, montuojant paslėptai tinke. Aiškinamajame rašte nurodoma galimybė pakeisti. Praktika rodo, kad galimybė tik teorinė, tai padaryti neįmanoma. Taupant darbą ir medžiagas reikia kabelius kloti tvirtinant apkabomis ir vėliau užtinkuojant. Šiuo atveju turime geresnį šilumos nuvedimą ir didesnę leistiną kabelio apkrovos srovę.

Kai kabeliai klojami montažiniuose loviuose ar kopėtėlėmis, reikėtų projektuojant atkreipti dėmesį į parenkamų montavimo elementų plotį ir kabelių kiekį, kad išvengianti jų persipynimo ir klojimo vienas ant kito.

Pagrindinę laidininkų izoliaciją priešgaisrinio atžvilgiu reikia parinkti kad:

1. nesukeltų gaisro;
2. neskatintų gaisro;
3. ribotų gaisro plitimą;
4. kilus gaisrui, būtų galimybė imtis veiksmų ir atlikti gelbėjimo darbus.

Pagrindinės laidininkų izoliacijos gaminamos iš PVC dangos. Didesnio skerspjūvio kabeliuose naudojamas polietilenas, guma su įvairiais degumą mažinančiais priedais ir t.t.. Antrasis papildomas izoliacijos sluoksnis būna labai skirtingas, priklausomai nuo instaliacijos paskirties ir gaminimo technologijos.

Taisyklės nurodo: „palėpių patalpose ant degių paviršių montuoti kabelius naudojant nedegų paklotą, arba nedegiuose vamzdeliuose, arba nedegiu kabeliu“, pastarųjų dviejų paskirtis, esant gaisrui, užtikrinti energijos tiekimą nustatytą laiką technologiniams ir gaisro gesinimo, gaisro kontrolės įrenginiams nepagrįsti. Praktika rodo, kad tikimybė kilti gaisrui kabelio viduryje yra be galo nedidelė. Izoliacijos defektai dažniausiai pastebimi tinkamai eksploatuojant elektros tinklus. Statistikos duomenimis gaisrai dažniausiai kyla nuo netvarkingų elektros įrenginių prastai eksploatuojamų elektros įrangos sujungimų. Priešgaisrinio atžvilgiu reikėtų pastebėti, kad skirtumo nėra, kada kils gaisras už kelių ar keliolikos minučių. Laidininkų perkaitimo prevencija turi būti vykdoma apsaugų pagalba. Suprojektuotuose elektros tinkluose nedegiais kabeliais, dažniausiai pačios nesaugiausios vietos paliekamos nepalaikančios degimo (sujungimų ir paskirstymų dėžutės). Projektuose dažniausiai užmirštama nurodyti polietilenu izoliacija padengtų kabelių padengimas degimą nepalaikančia danga.

Ekonominiu požiūriu varinius dešimties kvadratinį mm skersmens kabelius rekomendacija keisti didesnio skerspjūvio aliuminio kabeliais, taip sutaupoma net iki 60 % medžiagoms skirtų lėšų.

### **10.1 Išvados**

Prenkant elektros kabelius svarbu žinoti ne vien ilgalaikę leistinąją kabelio srovę, bet kaip matome yra dar daugybė kitų kabelio parinkimo rodiklių. Nemaža dalis šių laikų projektuotojų tai yra primiršę, tad būtina tai priminti.

## 11. VIRTUALAUS MODELIO PANAUDOJIMAS SKAIČIAVIMO REZULTATŲ TYRIMUI

### 11.1 Pramonės įmonės cecho elektros tinklo modelio sudarymas

Tinklų schemas gali būti radialinės, bei magistralinės. Radialinės schemas, tai schemas kur nuo maitinimo šaltinio arba pastotės nuvedamos linijos kurios maitina pavienius galingus arba grupinius paskirstymo punktus, kurie maitina smulkius vartotojus atskiromis linijomis. Radialinės schemas užtikrina didelį elektros tiekimo patikimumą, jose lengva pritaikyti automatikos elementus, tačiau jos reikalauja didelių kapitalinių lėšų.

Magistralinės schemas paprastai naudojamos kai yra vienodas apkrovos pasiskirstymas cecho plote. Esant magistralinėms schemoms, išpildžius jas šynolaidžiais, labai lengva perkelti elektros vartotojus. Tokių schemų trūkumas yra tai, kad sugedus magistralei yra atjungiami visi iš jos maitinami vartotojai. Magistralinės schemas gali būti išpildytos šinomis arba išpildyta kabeliais.

Įvertinant radialinių ir magistralinių tinklų savybes paprastai yra naudojami mišrūs tinklai, kuriose panaudojami abiejų tinklų projektavimo principai.

Sudaromas elektros tinklo modelis, kur transformatorius maitina pagrindinį cecho paskirstymo skydą. Prie jo prijungiami 7 įrenginių paskirstymo skydeliai.

### 11.2 Elektros imtuvų charakteristikos

Visų cecho elektros imtuvų charakteristikas pateikiamos 11.2.1 lentelėje.

11.2.1 lentelė

**Elektros imtuvų charakteristika**

Eil. nr.	Imtuvo pavadinimas	Imtuvų skaičius n, vnt	$P_n$ , kW	Maitinimo įtampa, V	Imtuvo parametrai			
					$\eta$ , %	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$K_p = I_p / I_{no}$ , A
1	Suvirinimo transformatorius	1	11,07	400	0,79	0,82	0,7	-
2	Užgalandymo staklės	1	3	400	0,82	0,83	0,67	6,5
3	Presas (Litastroj)	1	33	400	0,82	0,83	0,67	6
4	Presas (Galdabini)	1	37	400	0,81	0,85	0,61	6
5	Presų šaldymo įrenginys (Čileris)	1	16	400	0,76	0,81	0,72	6,5
6	Metalo lenkimo staklės (Rater)	1	22	400	0,81	0,85	0,61	6,5
7	Giljotininės žirkklės	1	7.5	400	0,87	0,75	0,88	6
8	Giljotininės žirkklės	1	14	400	0,87	0,75	0,88	6
9	40t. hidraulinis presas	2	8	400	0,82	0,83	0,67	6

10	63t. hidraulinis presas	1	11	400	0,8 2	0,8 3	0,6 7	6
11	Vertikalios gręžimo staklės	1	3	400	0,8 1	0,8 5	0,6 1	6,5
12	10t. mechaninis presas	1	2	400	0,8 2	0,8 3	0,6 7	6
13	100t. presas	2	12	400	0,8 2	0,8 3	0,6 7	6
14	160t. mechaninis presas	1	20	400	0,8 2	0,8 3	0,6 7	6
15	Rampų pakilimo mechanizmas	3	3	400	0,8 1	0,7 9	0,7 7	5
16	Kompresorius	1	30	400	0,8 6	0,8 3	0,6 7	6,7
17	Hidraulinės lenkimo staklės	1	7,5	400	0,8 2	0,8 3	0,6 7	6,5
18	Apkirtimo presas	1	3	400	0,8 2	0,8 3	0,6 7	6,5
19	Taškinių suvirinimo aparatas	1	25	400	0,7 9	0,8 2	0,7	-
20	Kontaktinio suvirinimo aparatas	1	8	400	0,7 9	0,8 2	0,7	-
21	Tiltinis kranas	1	3	400	0,8 1	0,7 9	0,7 7	5,5
		1	1,5	400	0,7 6	0,8 1	0,7 2	5
		1	0,75	400	0,7 1	0,6 9	1,0 4	4,5
22	Ventiliatorius	2	3	400	0,8 1	0,7 9	0,7 7	5,5
23	Oro šildytuvas	1	6	400	0,9	0,9 5	0,3 3	-
24	Trifazis kištukinis lizdas	6	3	400	0,8 2	0,8 3	0,6 7	4
25	Vienfazis kištukinis lizdas	15	2	230	0,8 2	0,8 3	0,6 7	4

### 11.3 Galios tinklo apkrovų skaičiavimas

Apkrovos nustatomos pradedant nuo žemiausių schemos grandžių. Pirmiausia jos nustatomos atskiru imtuvų, nes tai būtina parenkant laidų ar kabelių, kuriais jie maitinami, skerspjūvį ir komutacinę, bei apsauginę aparatūrą. Toliau seka grupės imtuvų, jungiamų prie skirstomojo punkto šynų, skaičiuojamųjų apkrovų nustatymas. Tai būtina, kad galima būtų linijos laidų ar kabelių, apsaugos ir komutacinės aparatūros parinkimui. Galiausiai suskaičiuojama įvadinio skirstomojo punkto, kuris maitina visus kitus skirstomuosius punktus, apkrova, taip pat parenkamas įvadinis kabelis, komutaciniai ir apsaugos aparatai, kompensacijos įrenginys, maitinančio cechą transformatoriaus galia.

Šio cecho apkrovų skaičiavimui naudojamas sutvarkytųjų diagramų metodas, kuris yra vienas iš dažniausiai naudojamų metodų pramonės įmonių cechų elektrinėms apkrovoms skaičiuoti. Jis yra

taikomas, kai žinomos visų imtuvų vardinės galios ir jų išdėstymo planas. Kiekvieno skirstomojo punkto elektros imtuvai grupuojami pagal išnaudojimo faktoriaus vertę.

Įrenginiais prijungiami prie arčiausiai esančių skirstomųjų punktų, išdėstymas ir prijungimas matosi galios tinklo brėžinyje.

Visiems elektros imtuvams iš žinyno parenkamas  $k_{i\bar{s}}$  – elektros imtuvų išnaudojimo koeficientas,  $\cos\varphi$  - galios koeficientas, iš kurio vėliau sužinom  $\operatorname{tg}\varphi$ .

Imtuvų grupėms apskaičiuojama suminė aktyvi galia ( $\sum_1^n P_n$ ), taip pat vidutinė aktyvi ( $P_{vid}$ ) bei reaktyvi ( $Q_{vid}$ ) galios.

$$\sum_1^n P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{nm}. \quad (11.3.1)$$

$$P_{vid.} = k_{i\bar{s}} \cdot \sum_1^n P_n. \quad (11.3.2)$$

$$Q_{vid.} = P_{vid.} \cdot \operatorname{tg}\varphi. \quad (11.3.3)$$

čia:

$\sum_1^n P_n$  -suminė aktyvi galia (kW).

$P_{vid}$  - vidutinė aktyvi galia (kW).

$Q_{vid}$  - vidutinė reaktyvi galia (kVar).

$k_{i\bar{s}}$  - išnaudojimo koeficientas, randamas iš žinyų.

11.3.1 lentelė

### Pramonės įmonės cecho apkrovos

Maitinimo mazgų ir imtuvų grupių pavadinimas	Elektros įrenginių skaičius. n	Nustatyta galia esant ilgalaikiam darbo režimui		Išnaudojimo koeficientas. $k_{i\bar{s}}$	Galios koeficientas. $\cos\varphi$ , $\operatorname{tg}\varphi$	Vidutinė galia per maksimaliai apkrautą pamainą	
		Vieno elektros imtuvo galia. $P_n$ , kW	Bendra imtuvų grupės galia. $\sum_1^n P_n$ , kW			Aktyvi galia. $P_{vid}$ , kW	Reaktyvi galia. $Q_{vid}$ , kvar
<b>Skirstomasis punktas SP-1-1</b>							
Suvirinimo transformatorius	1	11,07	11,07	0,25	0,4/2,29	2,77	6,34
Užgalandymo staklės	1	3	3	0,25	0,7/1,02	0,75	0,77
Tiltinis kranas	3	0,75÷3	2,1	0,35	0,5/1,73	0,74	1,27

Trifazis kištukinis lizdas	1	3	3	0,1	0,5/1,73	0,3	0,52
Vienfazis kištukinis lizdas	3	2	6	0,1	0,5/1,73	0,6	1,04
Viso:	9	0,75÷3	25,17	0,21	0,52/1,63	5,16	9,94

## Skirstomasis punktas SP-1-2

Presas (Litastroj)	1	33	33	0,6	0,5/1,73	19,80	13,27
Presas (Galdabini)	1	37	37	0,6	0,5/1,73	22,20	14,87
Presų šaldymo įrenginys (Čileris)	1	16	16	0,7	0,5/1,73	11,20	8,06
Giljotina	1	7,5	7,5	0,2	0,6/1,33	1,50	1,32
Giljotina	1	14	14	0,2	0,6/1,33	2,80	2,46
Metalo lenkimo staklės	1	22	22	0,2	0,5/1,73	4,40	2,68
Viso:	6	7,5÷37	129,5	0,42	0,53/1,6	61,90	42,46

## Skirstomasis punktas SP-1-3

40t. hidraulinis presas	2	8	16	0,5	0,65/1,17	8,00	5,36
63t. hidraulinis presas	1	9	9	0,5	0,65/1,17	4,50	3,02
Vertikolios gręžimo staklės	1	1,5	1,5	0,17	0,65/1,17	0,51	0,31
Trifazis kištukinis lizdas	1	3	3	0,1	0,5/1,73	0,30	0,52
Vienfazis kištukinis lizdas	3	2	6	0,1	0,5/1,73	0,20	1,04
Viso:	8	2÷20	49	0,31	0,6/1,33	19,26	10,25

## Skirstomasis punktas SP-1-4

10t. mechaninis presas	1	2	2	0,5	0,65/1,17	1,00	0,67
100t. presas	2	12	24	0,5	0,65/1,17	12,00	8,04
160t mechaninis presas	1	20	20	0,5	0,65/1,17	10,00	6,7
Trifazis kištukinis lizdas	2	3	12	0,1	0,5/1,73	1,20	2,1
Vienfazis kištukinis lizdas	3	2	6	0,1	0,5/1,73	0,60	1,04
Viso:	7	2÷20	64	0,34	0,48/1,83	24,80	18,55

## Skirstomasis punktas SP-1-5

Rampų pakilimo mechanizmas	3	1	3	0,13	$\frac{0,5}{1,73}$	0,39	0,3
Hidraulinės lenkimo staklės	1	7,5	7,5	0,17	$\frac{0,65}{1,17}$	1,28	1,5
Apkirtimo presas	1	3	3	0,16	$\frac{0,6}{1,33}$	0,48	0,64
Trifazis kištukinis lizdas	1	3	3	0,1	$\frac{0,5}{1,73}$	0,3	0,52
Vienfazis kištukinis lizdas	3	2	6	0,1	$\frac{0,5}{1,73}$	0,6	1,04
Viso:	9	1÷7,5	22,5	0,13	$\frac{0,57}{1,44}$	3,05	4
<b>Skirstomasis punktas SP-1-6</b>							
Kompresorius	1	30	30	0,7	$\frac{0,8}{0,75}$	21,00	14,07
Trifazis kištukinis lizdas	1	3	3	0,1	$\frac{0,5}{1,73}$	0,30	0,52
Vienfazis kištukinis lizdas	3	2	6	0,1	$\frac{0,5}{1,73}$	0,60	1,04
Viso:	5	2÷30	39	0,3	$\frac{0,65}{1,17}$	21,90	15,63
<b>Skirstomasis punktas SP-1-7</b>							
Taškinio suvirinimo aparatas	1	25	25	0,25	$\frac{0,4}{2,29}$	6,25	4,38
Kontaktinio suvirinimo aparatas	1	8	8	0,25	$\frac{0,4}{2,29}$	2	1,4
Ventiliatorius	2	3	6	0,65	$\frac{0,8}{0,75}$	3,9	2,73
Oro šildytuvas	1	6	6	0,8	$\frac{0,9}{0,48}$	4,80	1,58
Viso:	5	3÷25	29,64	0,49	$\frac{0,81}{0,72}$	11,31	10,09
<b>Viso įmonės cecho galios apkrovos</b>							
Viso:	47	0,75÷30	358,81	0,31	$\frac{0,55}{1,52}$	111,23	110,92

Kiekvienam skirstomajam punktui (SP) nustatoma skaičiuojamosios aktyvi, reaktyvi, pilnoji galios ir apkrovos srovės.

Parenkama sąlyga efektinio skaičiaus  $N_{ef}$  skaičiavimui.

Apskaičiuojamas skaičius m:

$$m = \frac{P_{n,max}}{P_{n,min}}. \quad (11.3.5)$$

čia:

$P_{n,max}$  - didžiausia įrenginio nominali aktyvioji galia, kW;

$P_{n,min}$  - mažiausia įrenginio nominali aktyvioji galia, kW .

Kadangi  $n \geq 5$ ,  $m \geq 3$ ,  $k_{i\bar{s}} \geq 0,2$ ,  $P_n \neq const.$ , tai

$$N_{ef} = \frac{2 \cdot \sum_1^n P_n}{P_{n,max}}; \quad (11.3.6)$$

Kadangi  $N_{ef} > n$ , tuomet  $N_{ef} = n$ ;

Apskaičiuojamas SP-1-2 vidutinis išnaudojimo koeficientas ( $k_{i\bar{s}}$ ).

$$k_{i\bar{s}} = \frac{\sum_1^n P_{vid}}{\sum_1^n P_n}. \quad (11.3.7)$$

Lentelėje 11.3.2 surandamas maksimumo koeficientas ( $K_{maks}$ ):

11.3.2 lentelė

Elektros imtuvų skaičius n	Maksimumo koeficientas K max kai žinom k iš									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2,00	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,10	1,04
7	2,88	2,48	2,10	1,80	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,40	1,30	1,20	1,08	1,04
9	2,56	2,20	1,90	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,10	1,84	1,60	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
20	1,84	1,65	1,50	1,34	1,24	1,20	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,40	1,28	1,21	1,17	1,14	1,10	1,06	1,03
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,10	1,05	1,03
40	1,50	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,02
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,14	1,11	1,10	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02
140	1,17	1,15	1,11	1,08	1,06	1,06	1,06	1,05	1,02	1,02
200	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
240	1,14	1,11	1,08	1,07	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
300	1,12	1,10	1,07	1,06	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	1,01



Maksimumo koeficientas ( $K_{maks}$ ):

$$K_{maks} = f(N_{ef}, k_{i\check{s}}); \quad (11.3.8)$$

Apskaičiuojamos SP-1-2 skaičiuojamosios galios ir apkrovos srovė.

$$P_{sk.SP} = K_{maks} \cdot \sum_1^n P_{vid}; \quad (11.3.9)$$

Kadangi  $N_{ef} \leq 10$ , tai:

$$Q_{sk.SP-1-2} = 1.1 \cdot Q_{vid}; \quad (11.3.10)$$

$$S_{sk.SP} = \sqrt{P_{sk.SP-1-2}^2 + Q_{sk.SP-1-2}^2}; \quad (11.3.11)$$

$$I_{sk.SP} = \frac{S_{sk.SP-1-2}}{\sqrt{3} \cdot U_n}. \quad (11.3.12)$$

Skaičiavimo rezultatai pateikiami 11.3.3 lentelėje.

11.3.3 lentelė

**Skaičiuojamosios apkrovos ir apkrovos srovės**

Skaičius m ( $\frac{P_{n,max}}{P_{n,min}}$ )	Elektros įrenginių efektinių skaičius $N_{ef}$	Maksimumo faktorius $K_{maks}$	Skaičiuojamosios galios			Skaičiuojamoji srovė $I_{sk}$ , A
			Aktyvioji $P_{sk}$ , kW	Reaktyvioji $Q_{sk}$ , kvar	Pilnoji $S_{sk}$ , kVA	
<b>Skirstomasis punktas SP-1-1</b>						
m>3	9	1,9	9,8	10,93	14,22	20,52
<b>Skirstomasis punktas SP-1-2</b>						
m>3	6	1,51	93,47	46,71	104,49	150,82
<b>Skirstomasis punktas SP-1-3</b>						
m>3	6	1,66	31,97	11,28	33,9	48,93
<b>Skirstomasis punktas SP-1-4</b>						
m>3	6	1,58	39,18	20,41	44,18	63,76
<b>Skirstomasis punktas SP-1-5</b>						
m>3	9	2,2	6,71	4,4	8,02	11,57
<b>Skirstomasis punktas SP-1-6</b>						
m>3	5	1,41	30,88	16,83	35,17	50,76
<b>Skirstomasis punktas SP-1-7</b>						
m>3	5	1,29	14,59	11,1	18,33	26,45
<b>Viso cecho galios tinklas</b>						
m>3	46	1,16	129,03	122,01	177,56	256,29

### 11.4 Elektros imtuvų vardinės srovės ir leistinos kabelio srovės nustatymas

Apskaičiuojama kiekvieno elektros imtuvo vardinė srovė ilgalaikio darbo metu.

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta} \quad (11.4.1)$$

čia:

$U_n$  - vardinė įtampa (  $U_n = 400$  V).

$I_n$  - elektros įrenginio vardinė srovė ilgalaikio darbo metu (A).

$\eta$  - naudingumo koeficientas.

Iš EIT pagal įrenginio ilgalaikio darbo srovę parenkamas kabelio skerspjūvio plotas.

Parinkus kabelį nustatoma leistinoji kabelio srovė:

$$I_{kab.leist} = k_{pak1} \cdot k_{pak2} \cdot I_{kab} \quad (11.4.2)$$

čia:

$k_{pak1}$  - koeficientas nusakantis kabelio paklojimo būdą ( vamzdyje  $k_{pak1} = 0,9$ ; lovyje  $k_{pak1} = 0,85$  ).

$k_{pak2}$  - koeficientas įvertinantis paklotų kabelių skaičių viename vamzdyje ( jei 1 kabelis  $k_{pak2} = 1$ , jei du ir daugiau  $k_{pak2} = 0,9$  ).

$I_{kab.leist}$  - leistina kabelio srovė ( A ).

$I_{kab}$  - leistina kabelio srovė neįvertinus paklojimo būdo ir kabelių skaičiaus viename lovyje ( A ).

Įvertinus šiuos koeficientus, nustatoma leistina kabelio ilgalaikė srovė  $I_{kab.leist}$ . ( A ).

Patikrinamas kabelio parinkimas. Turi būti išpildyta ši sąlyga:

Gauti rezultatai ir duomenys surašomi į 11.4.1 lentelę.

11.4.1 lentelė

**Elektros įrenginių vardinė srovė ir kabelių leistinoji srovė**

Elektr.	Įrenginio pavadinimas	$P_n$ , kW	$U_n$ , kV	$\cos \varphi$	$\eta$ , %	$I_n$ , A	Kabelio tipas	$I_{kabelio}$ , A	$k_{pak1}$	$k_{pak2}$	$I_{kab.leist}$	Ilgis, m
1	Suvirinimo transformatoriai	11,07	0,4	0,82	0,79	24,67	NYM-J 5x4	41	0,9	0,94	34,69	10
2	Užgalandymo staklės	3		0,83	0,82	6,36	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,9	24,3	10
3	Presas (Litastroj)	33		0,83	0,82	69,98	NYM-J 5x10	80	0,9	0,92	66,24	10

4	Presas (Galdabini)	37	0,85	0,81	77,57	NYM-J 5x10	80	0,9	0,91	65,52	10
5	Presų šaldymo įrenginys (Čileris)	16	0,81	0,76	37,51	NYM-J 5x4	41	0,9	0,9	33,21	10
6	Metalo lenkimo staklės (Rater)	22	0,85	0,81	46,12	NYM-J 5x6	50	0,9	0,92	41,4	10
7	Giljotininės žirkklės	7,5	0,75	0,87	16,59	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
8	Giljotininės žirkklės	14	0,75	0,87	30,97	NYM-J 5x4	41	0,9	0,9	33,21	10
9	40t. hidraulinis presas	8	0,83	0,82	16,97	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
10	63t. hidraulinis presas	11	0,83	0,82	23,33	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
11	Vertikalios gręžimo staklės	3	0,85	0,81	6,29	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
12	10t. mechaninis presas	2	0,83	0,82	4,24	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
13	100t. presas	12	0,83	0,82	25,45	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
14	160t. mechaninis presas	20	0,83	0,82	42,41	NYM-J 5x6	50	0,9	0,91	40,95	10
15	Rampų pakilimo mechanizmas	3	0,79	0,81	6,77	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,94	25,38	10
16	Kompresorius	30	0,83	0,86	60,66	NYM-J 5x10	80	0,9	1	72	10
17	Hidraulinės lenkimo staklės	7,5	0,83	0,82	15,91	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,9	24,3	10
18	Tiltinis kranas	3	0,79	0,81	6,77	NYM-J 5x2,5	30	0,9	1	27	10
		1,5	0,81	0,76	3,52	NYM-J 5x2,5	30	0,9	1	27	
		0,75	0,69	0,71	2,21	NYM-J 5x2,5	30	0,9	1	27	
19	Apkirtimo presas	3	0,82	0,83	6,36	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
20	Taškinių suvirinimo aparatas	25	0,82	0,79	55,70	NYM-J 5x10	80	0,9	0,91	65,52	10
21	Kontaktinio suvirinimo aparatas	8	0,82	0,79	17,82	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
22	Ventiliatorius	3	0,79	0,81	6,77	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
23	Oro šildytuvai	6	0,95	0,9	10,13	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
24	Trifazis kištukinis lizdas	3	0,83	0,82	6,36	NYM-J 5x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10
25	Vienfazis kištukinis lizdas	2	0,83	0,82	4,24	NYM-J 3x2,5	30	0,9	0,91	24,57	10

## Paskirstymo skydelių skaičiuojamoji srovė ir kabelio leistinoji srovė

Maitinimo mazgas	$I_{sk}$ , A	$U_n$ , kV	Kabelio tipas	$I_{kab}$ , A	$k_{pak1}$	$k_{pak2}$	$I_{kab.leist}$	Ilgis, m
SP-1-1	20,52	0,4	NYM-J 5x4	41	0,85	0,9	31,37	10
SP-1-2	150,82		NYM-J 5x50	215		0,9	164,48	10
SP-1-3	48,93		NYM-J 5x10	80		0,9	61,20	10
SP-1-4	63,76		NYM-J 5x16	100		0,9	76,50	10
SP-1-5	11,57		NYM-J 5x4	41		0,9	31,37	10
SP-1-6	50,76		NYM-J 5x10	80		0,9	61,20	10
SP-1-7	26,45		NYM-J 5x6	50		0,9	38,25	10

## 11.5 Elektros imtuvų vardinės srovės nustatymas su apkrovų skaičiavimo programa

Projektavimo programoma „Simaris“ atlikame skaičiavimus.

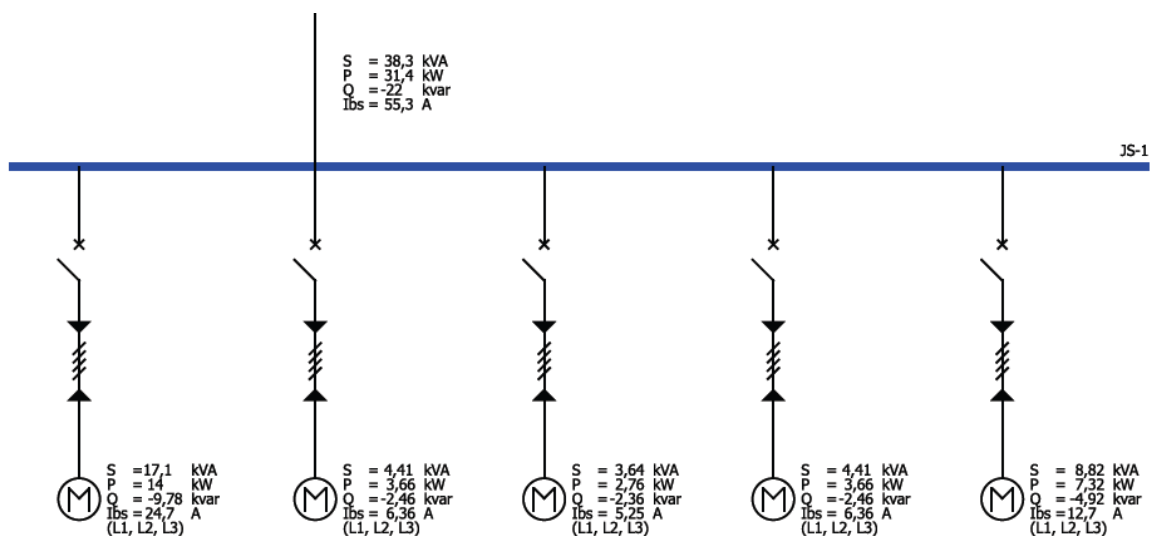
11.5.1 lentelė

## Elektros įrenginių vardinė srovė

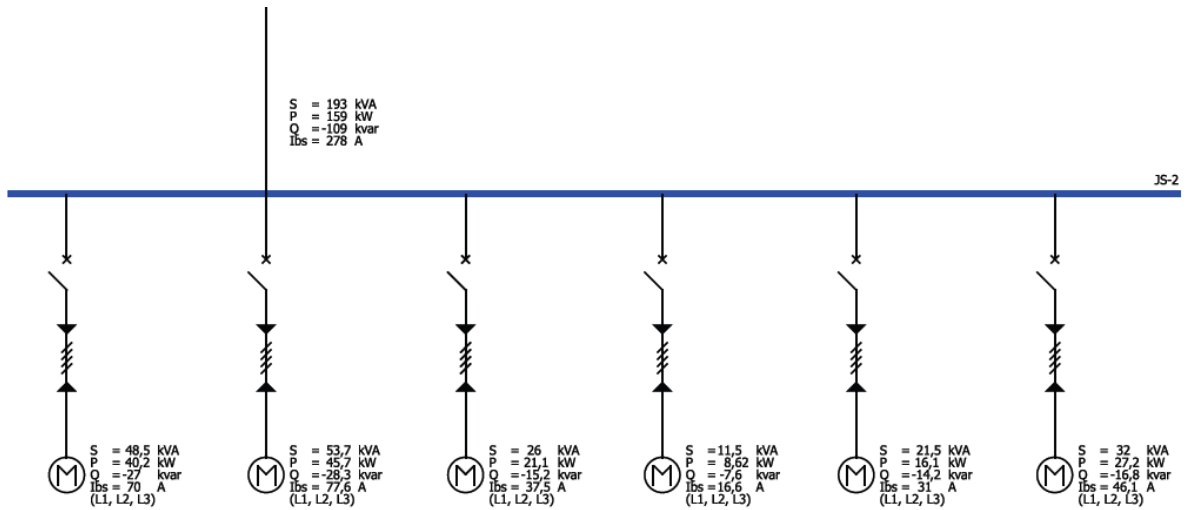
Eil. nr.	Įrenginio pavadinimas	$P_n$ , kW	$U_n$ , kV	$\cos\varphi$	$\eta$ , %	$I_n$ , A (sud.diagr. metod.)	$I_n$ , A (progr. „simaris“.)
1	Suvirinimo transformatorius	11,07	0,4	0,82	0,79	24,67	24,7
2	Užgalandymo staklės	3		0,83	0,82	6,36	6,4
3	Presas (Litastroj)	33		0,83	0,82	69,98	70,0
4	Presas (Galdabini)	37		0,85	0,81	77,57	77,6
5	Presų šaldymo įrenginys (Čileris)	16		0,81	0,76	37,51	37,5
6	Metalo lenkimo staklės (Rater)	22		0,85	0,81	46,12	46,1
7	Giljotininės žirklys	7,5		0,75	0,87	16,59	16,6
8	Giljotininės žirklys	14		0,75	0,87	30,97	31,0
9	40t. hidraulinis presas	8		0,83	0,82	16,97	17,0
10	63t. hidraulinis presas	11		0,83	0,82	23,33	23,3
11	Vertikalios gręžimo staklės	3		0,85	0,81	6,29	6,3
12	10t. mechaninis presas	2		0,83	0,82	4,24	4,2
13	100t. presas	12		0,83	0,82	25,45	25,5
14	160t. mechaninis presas	20		0,83	0,82	42,41	42,4

1 5	Rampų pakilimo mechanizmas	3		0,79	0,81	6,77	6,8
1 6	Kompresorius	30		0,83	0,86	60,66	60,7
1 7	Hidraulinės lenkimo staklės	7,5		0,83	0,82	15,91	15,9
1 8	Tiltinis kranas	3		0,79	0,81	6,77	6,8
		1,5		0,81	0,76	3,52	3,5
		0,75		0,69	0,71	2,21	2,2
1 9	Apkirtimo presas	3		0,82	0,83	6,36	6,4
2 0	Taškinio suvirinimo aparatas	25		0,82	0,79	55,70	55,7
2 1	Kontaktinio suvirinimo aparatas	8		0,82	0,79	17,82	17,8
2 2	Ventiliatorius	3		0,79	0,81	6,77	6,8
2 3	Oro šildytuvas	6		0,95	0,9	10,13	10,1
2 4	Trifazis kištukinis lizdas	3		0,83	0,82	6,36	6,4
2 5	Vienfazis kištukinis lizd.	2		0,83	0,82	4,24	4,2

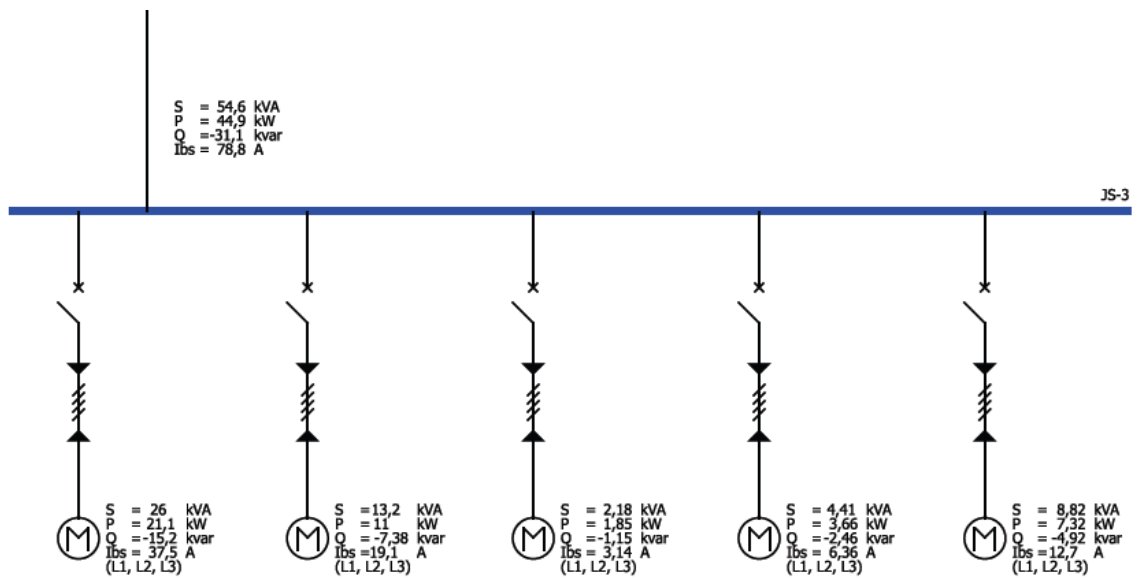
Paveikslėliuose pateikiamos paskirstymo skydelių principinės skaičiuojamosios schemas.



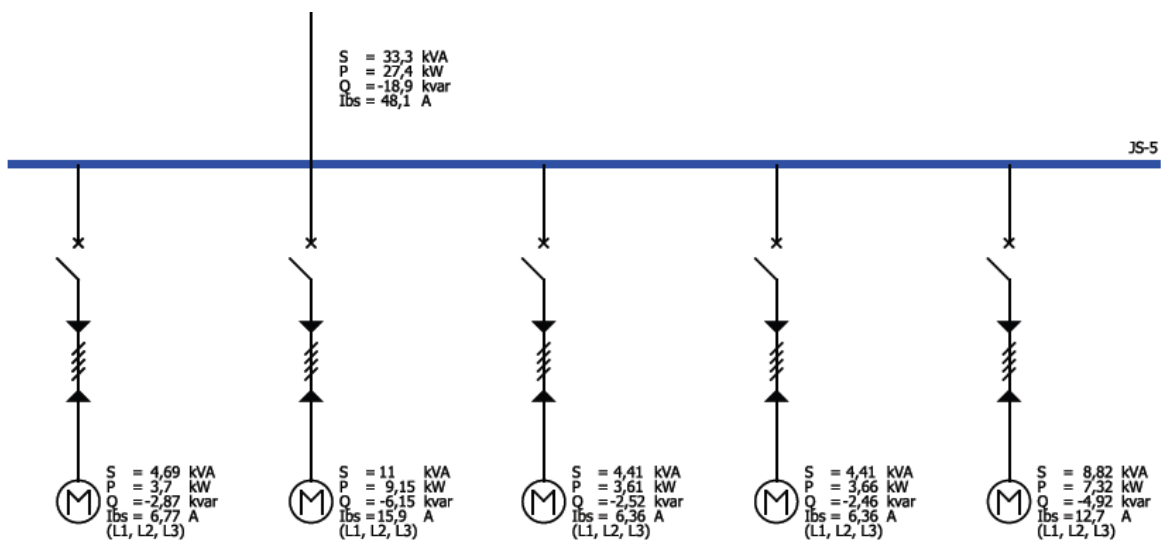
11.5.1 pav. Paskirstymo skydelio JS-1 principinė skaičiuojamoji schema



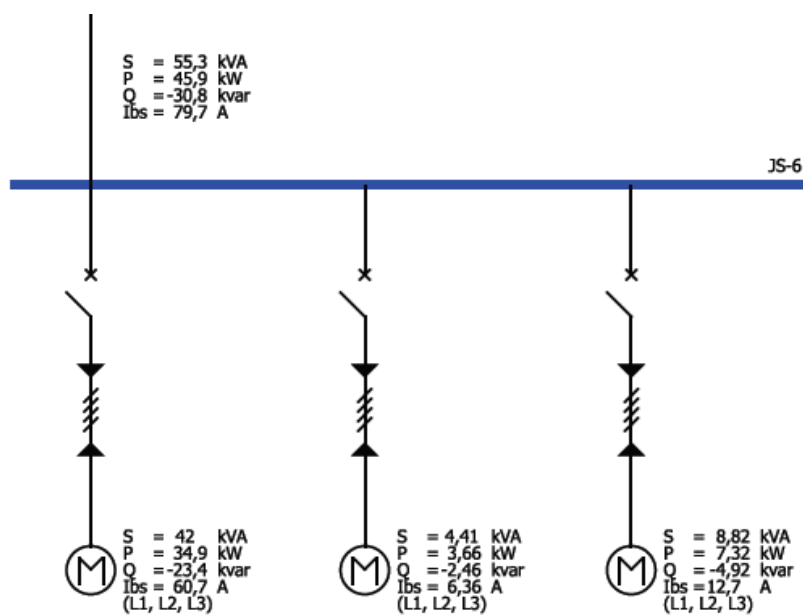
11.5.2 pav. Paskirstymo skydelio JS-2 principinė skaičiuojamoji schema



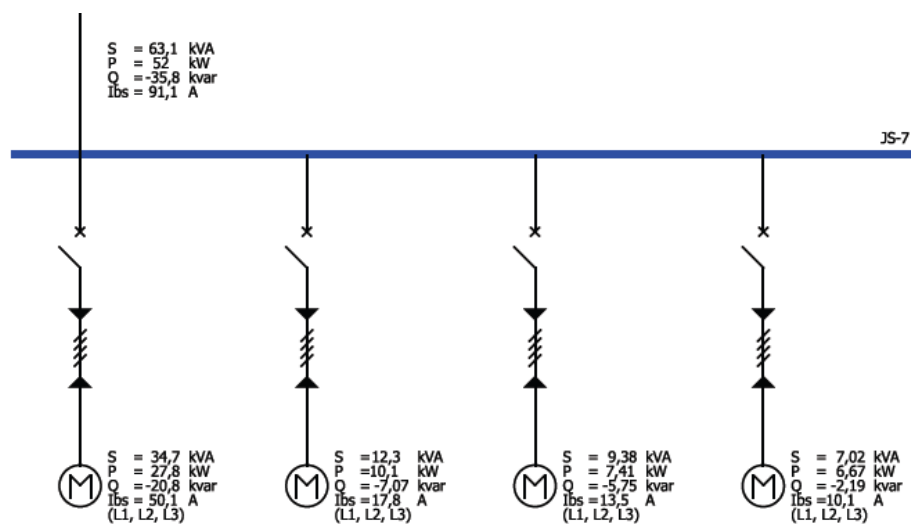
11.5.3 pav. Paskirstymo skydelio JS-3 principinė skaičiuojamoji schema



11.5.4 pav. Paskirstymo skydelio JS-5 principinė skaičiuojamoji schema



11.5.5 pav. Paskirstymo skydelio JS-6 principinė skaičiuojamoji schema



11.5.6 pav. Paskirstymo skydelio JS-7 principinė skaičiuojamoji schema

## 11.6 Išvados

Projektavimo programoma atlikus skaičiavimus, naudojant tuos pačius išeities duomenis, rezultatai vardinei įrengimo srovei ir kabelių leistinai srovei nustatyti sutampa su suderintų diagramų metodo gautais rezultatais. Šių programų trūkumas tas, kad nėra galimybės įvertinti paskirstymo skydelių išnaudojimo koeficiento. Suskaičiuojama maksimali galia.

## 12. PRAMONĖS ĮMONĖS CECHO IŠNAUDOJIMO KOEFICIENTO $k_{i\check{s}}$ NUSTATYMAS

Su elektroniniu trifaziu elektros skaitikliu buvo registruojamos pramonės įmonių cechu elektros apkrovos paros bėgyje. Tai truko tris mėnesius (spalio, lapkričio ir gruodžio). Elektros apkrovos dydis registruotas kas valandą. Remiantis gautais duomenimis buvo sudaryti cechų paros apkrovų grafikai. Iš grafikų nustatyti cechų išnaudojimo koeficientai.

$$k_{i\check{s}} = \frac{\sum_1^n P_{vid}}{\sum_1^n P_n}$$

Pramonės įmonių cechų grafikai pateikti 12.1-12.8 paveiksluose.



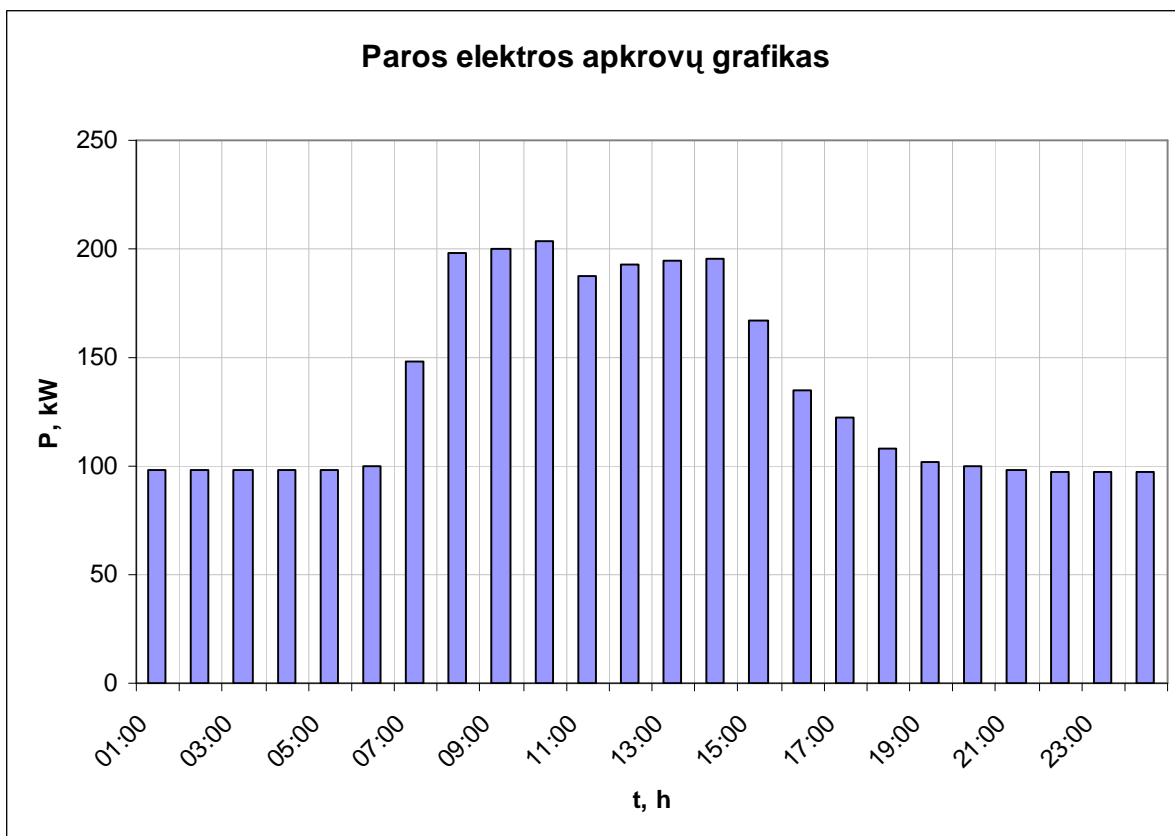
12.1 pav. Pramonės įmonės „Saulutė“ cecho Nr.1 paros elektros apkrovos grafikas





12.2 pav. Pramonės įmonės „Saulutė“ cecho Nr.2 paros elektros apkrovos grafikas

Pramonės įmonės „Saulutė“ savo abiejuose cechuose užsima metalo apdirbimu. Cecham nustatytas išnaudojimo koeficientas 0,37-0,61.



12.3 pav. Pramonės įmonės „Pušis“ cecho Nr.1 paros elektros apkrovos grafikas



12.4 pav. Pramonės įmonės „Pušis“ cecho Nr.2 paros elektros apkrovos grafikas

Pramonės įmonės „Pušis“ savo abiejuose cechuose užsima medžio apdirbimu. Cecham nustatytas išnaudojimo koeficientas 0,56-0,66.



12.5 pav. Pramonės įmonės „Švaruoliai“ cecho Nr.1 paros elektros apkrovos grafikas



12.6 pav. Pramonės įmonės „Švaruoliai“ cecho Nr.2 paros elektros apkrovos grafikas

Pramonės įmonės „Švaruoliai“ savo abiejuose cechuose užsima gumos perdirbimu. Cecham nustatytas išnaudojimo koeficientas 0,88-0,90.



12.7 pav. Pramonės įmonės „Burbulas“ cecho Nr.1 paros elektros apkrovų grafikas



12.8 pav. Pramonės įmonės „Burbulas“ paros elektros apkrovų grafikas

Pramonės įmonės „Burbulas“ savo abiejuose cechuose užsima plastiko plastikinių dirbinių gamyba. Cecham nustatytas išnaudojimo koeficientas 0,91-0,94.

Nustatyti išnaudojimo koeficientais palyginami su [10] žinyne nurodomais koeficientais.

12.1 lentelė

**Išnaudojimo koeficiento kiš palyginimas**

Pramonės įmonė	$k_{i\check{s}}$ (nustat.)	$k_{i\check{s}}$ (žinyne [10])
„Saulutė“	0,37-0,61	0,2-0,5
„Pušis“	0,88-0,90	0,3-0,65
„Švaruoliai“	0,56-0,66	0,3-0,6
„Burbulas“	0,91-0,94	0,4-0,85

### 12.1 Išvados

Nuolatinis kaitos procesas ir technologijų raida lemia tai, kad elektros įrengimų apkrovų skaičiavimo metodikoms keliami vis aukštesni reikalavimai. Be to, būtina atsižvelgti ir į gamybos ciklo technologinius procesus, kintantį įrenginių naudojimą. Įvertinus metodikas ryškėja poreikis atnaujinti duomenis pramonės elektros įrenginių žinynuose, numatyti pataisos koeficientus ir apibendrinti metodikų tobulinimo kryptis.

## DARBO IŠVADOS

Elektros įrenginių apkrovos yra pagrindinis parametras, nuo kurio nustatymo prasideda elektros tiekimo ir vartojimo tinklų projektavimas. Pasikeitusi vartotojo naudojamų elektros įrenginių struktūra turi įtakos nusistovėjusioms skaičiuojamųjų arba laukiamų elektros apkrovų nustatymo metodikoms.

Šio darbo tikslas buvo iširti praktikoje naudojamų elektros apkrovų nustatymo metodikų tinkamumą ir pateikti tam tikras rekomendacijas jų priartinimui prie šių dienų sąlygų.

1. Elektros apkrovų kitimo laike analizė naudinga, planuojant aprūpinimo elektra sistemas, parenkant ir įvertinant galios valdymo bei energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemones. Ši analizė yra svarbi projektavimo dalis.

2. Kitas svarbus projektavimo faktoriais yra įtampos ir srovės nesimetriškumo įvertimas. Jis galimas net ir tiksliai paskirsčius elektros apkrovas. Projektuotojas, nustatydamas skaičiuojamąją įrenginio ar skydo srovę, į formulę turėtų įtraukti ir nesimetriškumo koeficientą.

3. Pramonės įmonių elektros apkrovos gali būti skaičiuojamos darbe aprašytais metodikomis. Tam, kad skaičiavimai būtų atlikti kuo tiksliau, reikia įvertinti individualius nagrinėjamos pramonės šakos rodiklius. Pastebėta, kad apkrovų grafikai gali labai skirtis nuo žinynuose patekiamų tipinių grafikų. Pagal juos buvo nustatoma dauguma skaičiavimui reikalingų koeficientų. Apkrovų nustatymo metodika pasirenkama pagal reikalaujamą skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo tikslumą.

4. Nustatant gyvenamųjų ir visuomeninės paskirties pastatų elektros apkrovas, projektuotojų darbą labai palengvina Lietuvos Respublikos ūkio ministro, 2007m. gruodžio 27d. įsakymu Nr. 4 – 542, patvirtinta skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodika. Ši metodika pateikia atnaujintą apkrovų skaičiavimo algoritmą, kuris atitinka būtent šių dienų elektros apkrovas. Tokia metodika yra reikalinga ir įmonių elektros apkrovų nustatymui.

5. Pastaruoju metu daugelis skaičiavimo darbų yra pateikiama įvairioms kompiuterinėms programoms, tačiau žmogaus įtakos išvengti neįmanoma (“Simaris”). Darbo kokybė priklauso nuo projektuotojo patirties ir sugebėjimų. Dažnai akcentuojama, kad projektuotojas turi gebėti kritiškai įvertinti elektros tinklo funkcionalumą, apkrovų pobūdį, parenkamų elementų ekonomiškumą kainos atžvilgiu.

6. Nuolatinis kaitos procesas ir technologijų raida lemia tai, kad elektros įrengimų apkrovų skaičiavimo metodikoms keliami vis aukštesni reikalavimai. Be to, būtina atsižvelgti ir į gamybos ciklo technologinius procesus, kintantį įrenginių naudojimą. Įvertinus metodikas ryškėja poreikis atnaujinti duomenis pramonės elektros įrenginių žinynuose, numatyti pataisos koeficientus ir apibendrinti metodikų tobulinimo kryptis.

**LITERATŪRA**

1. J.Šliogeris, V.Kvedaras. Elektros tinklai. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2001, 100 p.
2. Šatas, J., (2003). Įmonių elektros įrenginiai ir tinklai, Klaipėda: Klaipėdos Universitetas, 219 p.
3. G.Poliakovas. Elektrinių pastočių ir elektros tiekimo linijų įrengimas. Vilnius: Mintis 1973, 360 p.
4. Elektros įrenginių įrengimo taisyklės, (2007). Norminis teisės aktas. Vilnius: Leidybos centras, 460 p.
5. V. Meškauskas. Pramoninės elektrotechnikos žinynas. Vilnius, 1962, 384 p.
6. Bačauskas, A. Elektros tinklų projektavimas ir eksploatacija. Vilnius 1983, 180 p.
7. Б.Ю.Князевский. Электроснабжение и электрооборудование промышленных предприятий и цехов. Москва 1971, 374 p.
8. Э.М.Ристхейн. Электроснабжение промышленных установок. Москва 1981, 339 p.
9. И.К.Тульчин, Г.И.Нудлер. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. Москва 1990, 479 p.
10. А.А.Федорова. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Москва 1973, 490 p.
11. Липкин, Б. Ю., (1990). Электроснабжение промышленных предприятий и установок, Москва, 363 p.
12. Кузнецов В.С. Электроснабжение и электроосвещение городов. Минск: Вышэйшая школа, 1989, 136 p.
13. Будзко И.А, Зуль. И.М. Электроснабжение сельского хозяйства. Москва: Агропромиздат, 1990, 496 p.
14. DI Dr. Karin Stieldorf, DI Helga Juri. Energieverbrauch in Wohn- u. Bürogebäuden. Institut für
15. Energiewirtschaft. Technische Universität Wien:2000, 197 p.
16. Б. Д. Жохов, Б. Годгельф. Указание по расчету электрических нагрузок РТМ 36.18.32.4-92. ВНИПИ Тяжпромэлектропроект: № 359-92
17. Барановский А.И. Хозяйственный расчет энергетических объединений. Москва: 1990, 395 p.
18. Атабеков В. Б. Городские электрические сети (Справочник) Москва: 1987, 463 p.
19. Иделчик В. И. Электрические системы и сети Москва: 1989, 368 p.
20. Идельчик В.И Электрические системы и сети : учебник для студентов электроэнергетических специальностей Москва : 1989, 512p.
21. И.Г. Карапетян. Справочник по проектированию электрических сетей. – ЭНАС, 2006, 487 p.
22. Е.А. Конюхова. Электроснабжение объектов. – Академия, 2004, 358 p.