

Jaunbūvējamo daudzdzīvokļu māju elektroapgādes sistēmu slodzes noteikšana un aizsardzības aparātu izvēle

Martins Budahs, *Distribution Network*, Edvins Vanzovichs, *Riga Technical University*, Mareks Zviedritis, *Distribution Network*

Kopsavilkums. Elektriskajām slodzēm, to noteikšanai veltīts liels daudzums darbu. Taču vairums slodzes noteikšanas metožu un atbilstošo koeficientu vērtību atrastas pirms daudziem gadiem un ir novecojušas, piem., dzīvojamo ēku elektroapgādē. Šai laikā būtiski mainījusies ne vien slodžu vērtība, bet arī to raksturs - tādējādi atstājot ietekmi uz aprēķinu metodiku un izmantojamo koeficientu vērtībām.

Latvenergo Sadales tīklu darbinieki veikuši plašu 24 daudzstāvu iestāžu un daudzdzīvokļu dzīvojamo ēku slodžu apsekošanu vairāku gadu garumā. Darba rezultāti noformēti dienesta instrukcijas veidā. Dotais raksts turpina uzsāktu tēmu un veltīts aprēķinu metodikas uzlabošanai. Sevišķa vērība veltīta saistībai ar esošajām slodžu aprēķina metodēm, koeficientu fizikālajai interpretācijai un iespējamo izmaiņu diapazona raksturojumam.

Darba rezultātā izstrādāta aplēses slodžu noteikšanas metodika daudzdzīvokļu mājām, biroju ēkām, daudzdzīvokļu mājām ar birojiem un/vai veikaliem apakšstāvos, modificējot sakārtoto diagrammu metodi.

Parādīta slodžu nevienlaicības koeficienta g fizikālā jēga, tā saistība ar palaidēs, pārslodzes un maksimuma koeficientiem, konstruētas līknes tā noteikšanai un izmantošanas metodika.

Pamatota dzīvokļu un ēku ievadu aizsardzības aparātu izvēle, tās saistība aplēses slodzēm un pīkslodzēm (galotņu slodzēm)

Izstrādātā metodika paredzēta projektētājiem un inženiertehniskajiem darbiniekiem, kas saistīti ar daudzdzīvokļu dzīvojamo ēku ekspluatāciju un kontroli.

Atslēgas vārdi: elektroapgāde, elektriskās slodzes, aizsardzības aparāti

I. IEVADS

Elektriskajām slodzēm, to noteikšanai, kā arī zemsprieguma elektroapgādes līniju aizsardzībai veltīts liels daudzums darbu [1-4]. Taču vairums slodzes noteikšanas metožu un atbilstošo koeficientu vērtību atrastas vairāk nekā pirms 20 gadiem un ir novecojušas, piem., dzīvojamo ēku elektroapgādē. Šai laikā būtiski mainījusies ne vien slodžu vērtība, bet arī to raksturs - tādējādi atstājot ietekmi uz aprēķinu metodiku.

Latvenergo Sadales tīklu darbinieki veikuši plašu 24 daudzstāvu iestāžu un daudzdzīvokļu dzīvojamo ēku slodžu apsekošanu vairāku gadu garumā. Darba rezultāti noformēti dienesta instrukcijas veidā [4]. Tā kā instrukcija neparāda rekomendāciju saistību ar esošajām slodžu aprēķina metodēm, nedod koeficientu fizikālo interpretāciju un iespējamo izmaiņu diapazonu, tad tas ievērojami apgrūtina izpratni. Dotais raksts turpina uzsāktu tēmu un mēģina uzlabot metodiku.

II. GALVENO SAĪSINĀJUMU SKAIDROJUMS

Rakstā vārds „slodze” izmantots kā aktīvā jauda pie $\cos\varphi=0.929$.

1) $P_{vid.dz}$ – vidējā dzīvokļa slodze attiecīgajā laika periodā, piem., 30 minūšu laika intervālā vai gadā;

2) $P_{max.dz}$ – dzīvokļa aplēses slodze – lielākā no 30 minūšu ilgām vidējām slodzēm [1] (nosaka vadu silšanu);

3) $P_{piet.dz}$ – slodzes pieteikumā uzrādītā dzīvokļa slodze ;

4) $I_{a.dz}$ – dzīvokļa ievada aizsardzības aparāta nominālā strāva;

5) $P_{vid.m2}$ – vidējā slodze uz kvadrātmetru;

6) $P_{max.m2}$ – aplēses slodze uz kvadrātmetru;

7) $P_{max.iev}$ – aplēses slodze mājas ievadā;

8) $P_{piet.iev}$ – slodzes pieteikumā uzrādītā ēkas slodze ;

9) $I_{a.iev}$ – mājas ievada aizsardzības aparāta nominālā strāva;

10) g – slodzes vienlaicības koeficients;

11) n_{dz} – dzīvokļu skaits;

12) n_{m2} – platība kvadrātmetros;

13) U_{nom} – nominālais spriegums.

III. MAKSIMĀLĀS VIENLAICĪGĀS SLODZES NOTEIKŠANAS METODIKA DAUDZSTĀVU ĒKĀS

Metodika vienlaicīgās slodzes noteikšanai izstrādāta pamatojoties uz veikto mērījumu rezultātiem jaunajās daudzdzīvokļu ēkās. Ik pa pusstundai mērītas atsevišķo dzīvokļu vidējās slodzes un slodzes mājas ievadā. Daudzstāvu ēku tipi sadalīti 3 kategorijās:

- 1) daudzdzīvokļu māja (4 un vairāk dzīvokļi);
- 2) biroju ēka;
- 3) daudzdzīvokļu māja ar birojiem un/vai veikaliem apakšstāvos.

A. Daudzdzīvokļu māja

Saskaņā ar sakārtoto diagrammu metodi [1] vidējās un aplēses slodzes saista vienādība (1), kur $K_{max.dz}$ ir dzīvokļa slodzes grafika nevienmērību ievērojošais maksimuma koeficients:

$$P_{max.dz} = K_{max.dz} \cdot P_{vid.dz} \quad (1)$$

Slodžu apsekojums veikts pa slodžu grupām atkarībā no dzīvokļa pieteiktās slodzes, kura ir faktiski viennozīmīgi

saistīta ar dzīvokļa ievada aizsardzības aparāta nominālo strāvu, kas trīsfāžu ievada gadījumā:

$$P_{\text{piet.dz.}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{a.dz.}} \cdot U_{\text{nom.}} \cdot \cos(\varphi). \quad (2)$$

Ja ievads vienfāzīgs, tad attiecīgi aizvieto $\sqrt{3} \cdot U_{\text{nom.}} \rightarrow U_{\text{nom.faze}}$.

Aptuveni vidējo un aplēses slodžu dati gadījumā, ja dzīvokļu skaits lielāks par 40 doti 1.tabulā.

1. TABULA

TUVINĀTĀS DZĪVOKĻA APLĒSES SLODZES NOTEIKŠANAS VĒRTĪBAS

1	2	3	4	5
$I_{\text{a.dz.}}$, A	16	20	25	32
$P_{\text{piet.dz.}}$, kW/dz.	10.3	12.9	16.1	20.6
$n_{\text{dz.}}$	≥40	≥40	≥40	≥40
$P_{\text{vid.dz.}}$, kW/dz.	1.9	2.4	2.8	3.5
$P_{\text{max.dz.}}$, kW/dz.	2.3	2.8	3.2	3.9

Šajā gadījumā aplēses slodzi mājas ievadā, ņemot vērā, ka $P_{\text{max.dz.}} \rightarrow P_{\text{vid.dz.}}$, aptuveni var noteikt kā:

$$P_{\text{max.iev.}} \approx P_{\text{max.dz.}} \cdot n_{\text{dz.}} \quad (3)$$

Jebkurā gadījumā jāievēro, lai aplēses slodze nebūtu mazāka par vidējo:

$$P_{\text{max.iev.}} \geq P_{\text{vid.dz.}} \cdot n_{\text{dz.}} \quad (4)$$

Lai precīzāk noteiktu aplēses slodzi mājas ievadā, jāņem vērā dzīvokļu ievadu aizsardzības aparātu izvēles īpatnības. Saskaņā ar [2,4] aizsardzības aparāta strāvai jānodrošina divu šādu nevienādību izpilde:

$$I_{\text{a.dz.}} \geq I_{\text{max.dz.}}; \quad (5)$$

$$I_{\text{a.dz.}} \geq \frac{I_{\text{gal.dz.}}}{K_{\text{parsl.}}}, \quad (6)$$

kur $I_{\text{gal.dz.}}$ - galotņu strāva vai pīkstrāva (palaišanas strāva);

$K_{\text{parsl.}}$ - pārslodzes koeficients, kuru atkarībā no palaišanas apstākļiem drošinātājiem parasti pieņem robežās no 1.6÷2.5. Aizsargslēdzīem pārbaudi (6) bieži neveic vispār, pieņemot, ka aizsardzības aparāta termoatkabņa laikstrāvas raksturlielne nodrošina 5-6 kārtīgu palaišanas strāvas plūšanu 8-10 sekundes ilgi (bez nostrādes).

Sakarā ar būtisko dzīvokļu slodzes rakstura izmaiņu šāda pieeja ir nekorekta. Galotņu slodzes kļūst noteicošas. Piem., veļas mazgājamo mašīnu dzinēji, kas strādā reversijas apstākļos ar daudzkārtīgu palaidi u.c. Aizsargslēdžu termoatkabņi, kuru atdzesēšanai nepieciešamas 5-6 minūtes, nepaspēj atdzist. Faktiski pārslodzes koeficients tiecas uz 1.

Lai, bāzējoties uz nevienādību (6), atrastu mājas ievada aplēses jaudu, izsakām galotņu vai pīkstrāvas vērtību caur vidējo strāvu:

$$I_{\text{gal.dz.}} \approx K_{\text{gal.dz.}} \cdot I_{\text{vid.dz.}} \quad (7)$$

Pieņemot līdz 20% lielu rezervi, vienādojumā (6) nevienādības zīmi var aizvietot ar vienādības, kas kopā ar (7) ļauj iegūt:

$$I_{\text{vid.dz.}} = \frac{K_{\text{parsl.}}}{K_{\text{gal.dz.}}} \cdot I_{\text{a.dz.}} \quad (8)$$

No (8) pēc analogijas ar (2) iegūst:

$$P_{\text{vid.dz.}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{vid.dz.}} \cdot U_{\text{nom.}} \cdot \cos(\varphi). \quad (9)$$

Vidējā summārā slodze mājas ievadā:

$$P_{\text{vid.iev.}} = P_{\text{vid.dz.}} \cdot n_{\text{dz.}} \quad (10)$$

Pēc analogijas ar (1), reizinot (10) ar maksimuma koeficientu mājas ievadā iegūst aplēses slodzi ievadā:

$$P_{\text{max.iev.}} = \frac{K_{\text{max.iev.}} \cdot K_{\text{parsl.}}}{K_{\text{gal.dz.}}} \cdot P_{\text{pie.dz.}} \cdot n_{\text{dz.}} = g \cdot P_{\text{pie.dz.}} \cdot n_{\text{dz.}}; \quad (11)$$

Slodzes vienlaicības koeficients g ir tieši proporcionāls pārslodzes koeficientam (tuvs 1), maksimuma koeficientam, kas atbilstoši pētījumiem mainās robežās no 1-2 un apgriezti proporcionāls galaslodžu koeficientam. Ja tā vērtība būtu 5, tad apgrieztā attiecīgi 0.2, ko apliecina eksperimentu dati. Taču veiktie vidējo un aplēses slodžu apsekojumi ļauj tiešā veidā iegūt g vērtību. Šīs vērtības daudzdzīvokļu ēkām ar trīsfāžu (16-32) A ievadaparātiem uz 1 dzīvokli doti 1.att. bet vienas fāzes barošanas gadījumā ar (20 – 32) A ievadaparātiem doti 2. att.

Īpaši jāatzīmē, ka ievadaparāta izvēlē mājas ievadā noteicošais ir (5) tipa noteikums, jo galotņuslodžu ietekme ir niecīga. Tādēļ aplēses slodze (11) ir vienāda ar pieteikto ēkas slodzi $P_{\text{max.iev.}} = P_{\text{pie.iev}}$ un mājas ievadaparāta strāva trīsfāžu gadījumā:

$$I_{\text{a.iev.}} = \frac{P_{\text{max.iev.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{nom.}} \cdot \cos(\varphi)}. \quad (12)$$

Vienfāzes barošanas gadījumā izteiksmē (12)

$$\text{aizvieto } \sqrt{3} \cdot U_{\text{nom.}} \rightarrow U_{\text{nom.faze}}$$

Tālākās **rekomendācijas** dotas biežāk sastopamo **projektēšanas jautājumu risināšanā:**

1) ja projektā norādītas atsevišķu dzīvokļu $P_{\text{max.dz.}}$ un $I_{\text{a.dz.}}$, tad, lai noteiktu slodzi mājas ievadā $P_{\text{max.iev.}}$:

a) tuvinātam aprēķina gadījumam, ja dzīvokļu skaits $n_{\text{dz.}}$ lielāks par 40, izmantojot formulu (3) nosaka visas mājas aplēses slodzi ievadā;

b) precīzam aprēķina gadījumam no līknēm 1. vai 2. att. atbilstoši dzīvokļu skaitam $n_{\text{dz.}}$ un $I_{\text{a.dz.}}$ atrod maksimālās vienlaicīgās slodzes koeficientu g un pēc formulām (2), (11) nosaka aplēses slodzi mājas ievadā;

c) gadījumos, kad projektā paredzētas dažādas dzīvokļu ievada aizsardzības aparātu nominālo strāvu vērtības $I_{\text{a.dz.}}$, tad slodzes vienlaicības koeficientu g atsevišķām strāvas **grupām nosaka pēc kopējā dzīvokļu skaita**. Pēc tam ar formulu (11) nosaka slodzes pa grupām un summējot grupu rezultātus iegūst slodzi mājas ievadā $P_{\text{max.iev.}}$.

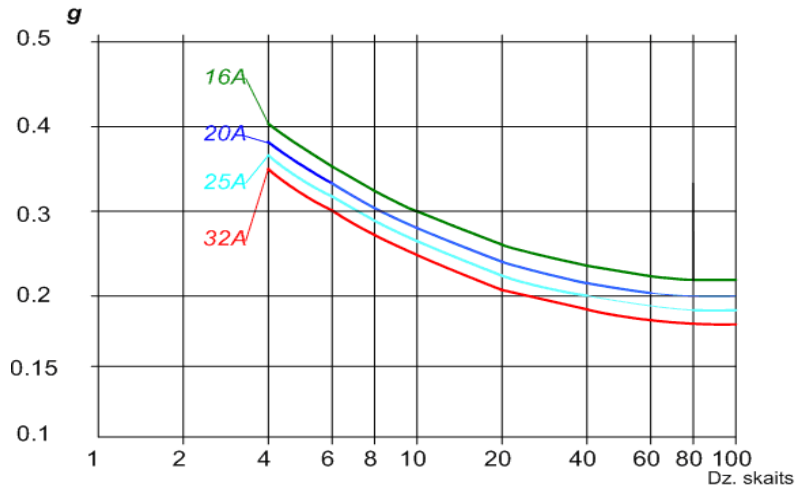
2) ja pieteikumā norādīta aplēses slodze mājas ievadā $P_{\text{max.iev.}}$ un dzīvokļu skaits $n_{\text{dz.}}$, tad, lai noteiktu dzīvokļa $I_{\text{a.dz.}}$:

a) tuvinātam aprēķina gadījumam, ja dzīvokļu skaits lielāks par 40, tad no formulas (3) nosaka $P_{max.dz.}$. Pēc tam no 1. tabulas atrod dzīvokļa $I_{a.dz.}$ lielumu, kas atbilst atļautajai slodzei mājas ievadā;

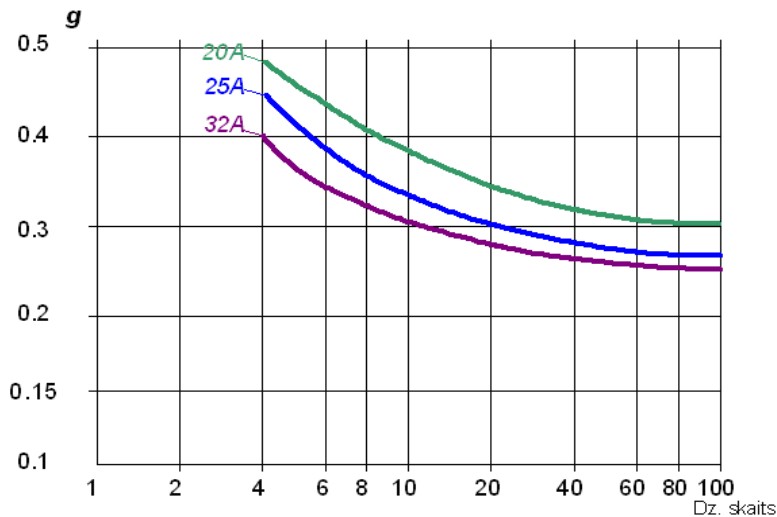
b) precīzām aprēķina gadījumam no līknēm 1. vai 2. att. atbilstoši dzīvokļu skaitam $n_{dz.}$ un $I_{a.dz.}$ atrod maksimālās vienlaicīgās slodzes koeficientu g un pēc formulām (11), (2) atrod maksimālo viena dzīvokļa $I_{adz.}$ lielumu, kas atbilst atļautajai slodzei mājas ievadā.

3) lai pārbaudītu mājas ievada slodzes atbilstību tīkla attīstībai, ja zināms dzīvokļu skaits $n_{dz.}$, tad no izteiksmes (3) nosaka $P_{max.dz.}$, kuru salīdzina ar 1. tabulā norādītajām vērtībām.

Īpaši jāatzīmē, ka 1. att. un 2. att. parādītās līknes izmantojamas tikai daudzdzīvokļu mājām bez elektriskās apkures un karstā ūdens sagatavošanas.



1. att. Maksimālās vienlaicīgās slodzes koeficients daudzdzīvokļu mājām (trīs fāzes 16 – 32 A).



2. att. Maksimālās vienlaicīgās slodzes koeficients daudzdzīvokļu mājām (viena fāze 20 – 32 A)

B. Biroja ēka

Slodzi biroju ēkas ievadā nosaka izmantojot biroju ēkas platību. 2. tabulā parādītas aplēses slodzes uz kvadrātmetru atkarībā no biroju ēkas tipa. Izdala 2 biroju ēkas tipus: zemas noslodzes un augstas noslodzes biroju ēkas. Zemas noslodzes vērtība izmantojama tipveida biroju ēkām, savukārt, augstas noslodzes vērtības biroju ēkām, kurās tiek izmantotas apraides (sakarū, TV, radio u.tml.) iekārtas. Aplēses slodzi biroju ēkas ievadā nosaka pēc 2. tabulas un formulas (13):

$$P_{\max.\text{iev.}} = P_{\max.\text{m}2.\text{bir.}} \cdot n_{\text{m}2}; \quad (13)$$

kur $P_{\max.\text{iev.}}$ – aplēses slodze biroju ēkas ievadā, kW;

$P_{\max.\text{vm}2.\text{bir.}}$ – īpatnējā aplēses slodze uz kvadrātmetru, kW/m²;

$n_{\text{m}2}$ – platība kvadrātmetros.

2. TABULA

BIROJA ĒKU APLĒSES SLODZES NOTEIKŠANAS VĒRTĪBAS

1	2	3
	Zema noslodze	Augsta noslodze
$P_{\max.\text{m}2.\text{bir.}}$ W/m ²	35	60

C. Daudzdzīvokļu māja ar birojiem un/vai veikaliem apakšstāvos

Jāizšķir divi gadījumi:

1) gadījumos, kad ir **zināms dzīvokļu skaits, biroju un/vai veikala telpu platība** aplēses slodzi ēkas ievadā var noteikt summējot dzīvokļu slodzi (2.1. aprakstītā metodika) un biroju slodzi (2.2. metodika). Šo aprēķinu var uzlūkot par precīzo;

2) gadījumos, kad nav zināma precīza biroju un/vai veikala telpu platība, bet ir **zināms kādu platību procentuāli tā aizņems** (piem., biroji/veikali aizņems līdz 20% no kopējās ēkas platības), tad procentuāli palielina dzīvokļu slodzi, kas dota 1. tabulā.

3. TABULA

DAUDZDZĪVOKĻU ĒKAS AR BIROJIEM VAI VEIKALIEM

1	2
$I_{a.dz., A}$	3x16
Biroju vai veikalu īpatsvars	20%
$n_{dz.}$	≥40
$P_{\max.dz.+bir.}$, kW/dz.	2. 6

Tā 3. tabulā norādīta slodze mājai, kurā biroju un/vai veikalu īpatsvars nepārsniedz 20%, pie kam dzīvokļu ievada aizsardzības aparāta nominālā strāva ir 3x16A un dzīvokļu skaits nav mazāks par 40. Aplēses slodzi ēkas ievadā aprēķina, izmantojot izteiksmi (14) un 3. tabulu.

$$P_{\max.\text{iev.}} = P_{\max.\text{dz.+bir.}} \cdot n_{dz.}; \quad (14)$$

kur $P_{\max.\text{iev.}}$ – slodze biroju ēkas ievadā, kW;

$P_{\max.dz.+bir.}$ - dzīvokļa aplēses slodze, ņemot vērā biroju slodzi, kW/dz;

$n_{dz.}$ – dzīvokļu skaits.

IV. SECINĀJUMI

1) Gandrīz divu gadu garumā apsektas 24 daudzstāvu iestāžu un daudzdzīvokļu dzīvojamās mājas, ik pa pusstundai fiksējot to slodzes.

2) Izstrādāta aplēses slodžu noteikšanas metodika daudzdzīvokļu mājām, biroju ēkām, daudzdzīvokļu mājām ar birojiem un/vai veikaliem apakšstāvos, modificējot sakārtoto diagrammu metodi.

3) Pamatota dzīvokļu un ēku ievadu aizsardzības aparātu izvēle.

4) Fizikāli pamatots slodžu nevienlaicības koeficients, sastādītas tā noteikšanas līknes un raksturots izmaiņu diapazons.

5) Metodika nav pielietojama ēkām ar elektrisko apkuri un karstā ūdens sagatavošanu.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Elektroapgāde / J.Gerhards, I.Kozlova, E.Lielpēteris, K.Timmermanis, E.Vanzovičs. – Rīga: Zvaigzne, 1989. - 329 lpp.
- [2] Zemsprieguma elektriskie aparāti / A. Baltiņš, A.Kanbergs, S.Miesniece. – Rīga: Jumava, 2007. - 345 lpp.
- [3] Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.А.Файбисовича. – М.: НЦ ЭМАС, 2005. – 320 с.
- [4] Elektriskie tīkli un sistēmas / A.Vanags. – Rīga: RTU, 2002. – 479 lpp.
- [5] Aizsargslēdži un drošinātāji / K.Timmermanis, 2009. - http://www.eef.rtu.lv/doc/studiju_materiali/020.pdf.
- [6] Metodika maksimālās vienlaicīgās slodzes noteikšanai daudzstāvu ēku elektroapgādei // Instrukтивie materiāli. – Latvenergo, Sadales tīkls, 2009.



Martins Budahs

Engineer degree from the Riga Technical University in 1976, M.Sc.Eng. in 2002. Research and Standard Department Leader, Latvian Distribution Network. Main scientific interests are in the fields of power supply. Address: Smerla str., 1, LV-1006, Riga, Latvia. Phone: +37167728314, Email: Martins.Budahs@latvenergo.lv



Mareks Zviedritis

He received M.Sc.Eng. degree from the Riga Technical University in 2007. Research and Standards Department Engineer, Latvian Distribution Network. Main scientific interests are in the fields of power supply. Address: Smerla str., 1, LV-1006, Riga, Latvia. Phone: +37167728874. Mareks.Zviedritis@latvenergo.lv



Edvins Vanzovichs

Engineer degree from the Riga Technical University in 1969; PhD degree from Belarus University of Technology in 1987; Dr.Sc.Eng. degree from Riga Technical University in 1992. PROFESSOR of Department of Energy Supply in Riga Technical University, faculty of Power and Electrical Engineering. Main scientific interests are in the fields of power supply, relay protection, automation and optimal development of electrical power networks, as well as influence of lightning on these networks.

Address: Kronvalda blv., 1, LV-1010, Riga, Latvia.
Phone: +3717089924,
Fax: +3717089905,
E-mail: vanzovic@eef.rtu.lv

Martins Budahs, Edvins Vanzovichs, Mareks Zviedritis. Electric Supply System Load Determination and Apparatus Choice of Protection for New Many Apartments House.

A large amount of work devoted to electric supply system load determination. But most of the load detection methods and the corresponding coefficient values were found many years ago and are outdated, for example, electric supply system for new many residential house. At this time, changed not only loads the value but also its character - thus leaving the impact on the calculation methodology used and the coefficient values.

Latvenergo Distribution Network staff realized loads survey to a wide range of 24 office buildings and apartment buildings in the over two years. The results presented in the form of official instructions. This paper continues the ongoing theme and dedicated to improving the methodology of calculation. Particular attention paid to the relationship with existing methods of calculating loads, the coefficient physical interpretation and possible changes in the characteristics of the range.

Work up estimates of loads methodology for multi-family homes, office buildings, apartment buildings with offices and / or shop floor, modifying the sorted chart method. Shows the load factor g physical sense, its relationship to start, overload and peak coefficients, designed to determine this curve, and the use of the methodology.

Based of housing and building protective apparatus choice, the correlation with loads and peak loads. The method for design engineers and engineering staff in connection with the operation of apartment buildings and control.

Мартинс Будахс, Эдвинс Ванзовичс, Марекс Звиедритис. Определение нагрузок и защитных аппаратов системы электроснабжения многоквартирных новостроек.

Определению электрических нагрузок посвящено большое количество работ. Но большинство методов определения электрических нагрузок и соответствующие значения коэффициентов были найдены много лет тому назад и устарели, например, в системах электроснабжения многоквартирных новостроек. За это время изменились не только значения нагрузок, но и их характер. Таким образом меняются требования к методике расчета и значениям используемых коэффициентов.

Сотрудники Латвэнерго на протяжении двух лет обследовали нагрузки 24 офисных зданий и многоквартирных жилых домов. Результаты работы представлены в виде ведомственных инструкций. Эта статья является продолжением темы и посвящена совершенствованию методологии расчета. Особое внимание уделяется взаимосвязи с существующими методами расчета нагрузок, толкованию физической сущности коэффициента одновременности нагрузок и возможного диапазона его изменения. Разработана методика определения нагрузок для многоквартирных жилых домов, офисных зданий, жилых домов с офисами и / или магазинами на базе модифицированного метода упорядоченных диаграмм.

Показан физический смысл коэффициента одновременности нагрузки G , его связь с коэффициентами пуска, перегрузки и максимума. Построены кривые для определения коэффициента одновременности нагрузки G .

Обоснован выбор защитных аппаратов системы электроснабжения, их корреляция с расчётными и пиковыми нагрузками. Методы разработаны для проектировщиков и инженерно-технического персонала связанного с эксплуатацией и контролем систем электроснабжения жилых домов.