

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Vytautas Kildišis

**KABELIŲ LINIJŲ INVESTICINIŲ IR EKSPLOATACINIŲ
KAŠTŲ OPTIMIZAVIMO TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Vytautas Šiožinys

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

**ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA**

**KABELIŲ LINIJŲ INVESTICINIŲ IR EKSPLOATACINIŲ
KAŠTŲ OPTIMIZAVIMO TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Elektros energetikos inžinerija (621H63003)

Vadovas

Doc. dr. Vytautas Šiožinys

2016.05.23

Recenzentas

Doc. dr. I. Konstantinavičiūtė

2016.05.27

Projektą atliko

Vytautas Kildišis

2016.05.23

KAUNAS, 2016

Kildišis, Vytautas. Kabelių linijų investicinių ir eksploatacinių kaštų optimizavimo tyrimas. Magistrinio darbo baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Vytautas Šiožinys; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2016. 49 psl.

SANTRAUKA

Magistrinio darbo „Kabelių linijų investicinių ir eksploatacinių kaštų optimizavimo tyrimas“ užduotis – išnagrinėti įvairius tyrimo metodus, kurie įgalintų sumažinti energijos praradimus perdavimo tinkluose. Gautų tyrimų metodų rezultatai ir išvados galėtų lemti ne tik investicijų, bet ir eksploatacijos išlaidų sumažėjimą, taip pat sumažėtų eksploatacinės išlaidos už energijos išteklius.

Projektuojant kabelines linijas dauguma projektuotojų vadovaujasi seniai galiojančia ir laiko patikrinta metodika, o apie kabelio skerspjūvio parinkimą, minimizuojant statybos kaštus ir skaičiuojant energijos perdavimo nuostolius per tam tikrą jo eksploatacijos laiką, neatsižvelgia.

Mano darbo metu atlikti skaičiavimai rodo, kad įmanoma pasiekti daug mažesnius energijos praradimus perdavimo tinkluose, parinkus optimalaus skerspjūvio laidininką.

Eksperimentinis tyrimas parodė, kad indukuotos įtampos atsiradimas kabelio ekrane priklauso nuo ekrano skerspjūvio ir kabelio gysloje tekančios srovės, todėl reikalauja atidžiai parinkti kabelį su optimaliu kabelio ekrano skerspjūviu.

Matematiniai metodai parodė, kaip atsitiktinio įtampos kritimo dydis ir atsitiktinio apkrovos dydžio kitimas gali įtakoti energijos kokybei.

Reikšminiai žodžiai: indukuota įtampa; kabelio ekranas; kabelio gysloje tekanti srovė;

Kildišis, Vytautas. Final project title Cable line capital and operational expenses optimization.

Final project of *Master degree* / supervisor doc. dr. Vytautas Šiožinys; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electric Power Systems

Kaunas, 2016. 49 psl.

SUMMARY

Target objective of the master thesis „*Cable line capital and operational expenses optimization*“ is to analyze different kinds of survey methods which would enable to reduce the loss of energy in network transmission. The results and conclusions may decide not only the reduction of investment but also the cost of exploitation as well as its energy resources.

The plan and design of cable lines is usually carried out by traditional and long acknowledged methods which does not take into the account the selection of cable cross section minimizing the cost of construction and counting the loss of energy transmission in a certain exploitation time.

The research results show that it is possible to achieve less energy in the transmission network by selecting optimal cross section conductor.

The experiment showed that the occurrence of induced voltage in the cable screen depends on the cross section of screen and the current which flows in a cable, thus it requires to select a cable with its optimal screen cross section.

The mathematical methods showed how the amount of drop of the accidental voltage and the change in the amount of accidental load may influence the quality of energy.

Key words: induced voltage; cable screen; cable current;



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Vytautas Kildišis

(Studento vardas, pavardė)

621H63003

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Kabelių linijų investicinių ir eksploatacinių kaštų optimizavimo tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. gegužės 23 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Vytauto Kildišio**, baigiamasis projektas tema „Kabelių linijų investicinių ir eksploatacinių kaštų optimizavimo tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

ĮVADAS.....	8
1. TECHNINIAI ASPEKTAI.....	8
2. EKONOMINIAI ASPEKTAI.....	8
3. KABELINĖS LINIJOS.....	9
4. LINIJŲ IR KABELIŲ PARINKIMAS, ATSTOJAMOSIOS SCHEMOS IR PARAMETRAI.....	9
5. LAIDININKŲ PARINKIMAS.....	11
6. ELEKTROS ENERGIJOS POREIKIŲ NUSTATYMAS.....	14
7. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS.....	24
8. EKONOMIŠKO LAIDININKO SKERSPJŪVIO PARINKIMAS.....	33
9. ATSITIKTINIO ĮTAMPOS KRITIMO DYDŽIO ĮTAKA ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMUI.....	38
10. ATSITIKTINIO APKROVOS DYDŽIO KITIMO ĮTAKA ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMUI.....	39
11. ĮTAMPOS KRITIMO TIKIMYBĖS DAŽNIO ĮTAKA ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMUI.....	39
12. ĮTAMPOS NUOKRYPIO DAŽNUMO ĮTAKA ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMUI.....	41
13. ELEKTROS KABELIO APKROVOS ATSITIKTINIO TANKIO PASKIRSTYMO ĮTAKA ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMUI.....	42
IŠVADOS.....	48
INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS.....	49
PRIEDAI.....	50-67

ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS

3.1 pav. Alyvos pripildyto aukštosios įtampos trigyslio kabelio konstrukcija	9
4.1 pav. Elektros linijos atstojamoji schema	9
4.2 pav. Elektros linijos supaprastinta ekvivalentinė schema	11
7.1 pav. 1-ojo bandymo schema	24
7.2 pav. Ekranu srovės charakteristikos. Bandomojo laidininko skerspjūvis 16,0mm ²	25
7.3 pav. 1- ojo Nr.1A bandymo schema	26
7.4 pav. Ekranu srovės charakteristikos. Bandomojo laidininko skerspjūvis 2,5 mm ²	27
7.5 pav. Ekranu srovės charakteristikos. Bandomojo laidininko skerspjūvis 4,0 mm ²	28
7.6 pav. Ekranu srovės charakteristikos. Bandomojo laidininko skerspjūvis 6,0 mm ²	29
7.7 pav. 2 - ojo bandymo schema	29
7.8 pav. Ekranu srovės charakteristikos. Laidininko skerspjūvis 16 mm ²	30
7.9 pav. 3- ojo bandymo schema	31
7.10 pav. Ekranu srovė - laidininko skerspjūvis 32 mm ²	32
8.1 pav. Ekonominiai srovės intervalai 6 kV kabeliui su PVC izoliacija	33
8.2 pav. Ekonominis srovės tankis variniam kabeliui nuo maksimalių valandų skaičiaus	35
8.3 pav. Ekonominis srovės tankis aliumininiam kabeliui nuo maksimalių valandų skaičiaus	36
8.4 pav. Bendrosios trigyslio varinio kabelio išlaidos nuo skerspjūvio	37
9.1 pav. Tankio paskirstymo grafikas	38
13.1 pav. Nepriklausomi atsitiktiniai srovės dydžiai n = 2	43
13.2 pav. Nepriklausomi atsitiktiniai srovės dydžiai n = 3	45
13.3 pav. Elektros maitinimo schema	47

LENTELIŲ SĄRAŠAS

5.1 lentelė. Techniniai – ekonominiai aukštos įtampos elektros perdavimo linijų rodikliai	12
5.2 lentelė. Maksimalios apkrovos trukmė T_{max} , priklausomai nuo vartotojo rūšies, val.	13
6.1.lentelė. Santykinės orientacinės skaičiuojamosios elektros apkrovos visuomeninės paskirties pastatams	14
6.2 lentelė. Visuomeninės paskirties ir gyvenamųjų pastatų maksimumų nesutapimo koeficientai K_{max}	15
6.3 lentelė. Ekonominiai srovės tankiai	16
6.4 lentelė. 10 kV kabelių techniniai duomenys	18
6.5 lentelė. Rezultatų lentelė	20
6.6 lentelė. 10 kV trigyslis kabelis aliuminio gyslomis	22
6.7 lentelė. Elektros linijos santykinė 1 km reaktyvioji varža	24
7.1 lentelė. 1 - ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 16 mm ²	25
7.2 lentelė. 1 - ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 2,5 mm ²	26
7.3 lentelė. 1 - ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 4,0 mm ²	27
7.4 lentelė. 1 - ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 6,0 mm ²	28
7.5 lentelė. 2 - ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 16 mm ²	29
7.6 lentelė. 3 - ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 32 mm ²	31
8.1 lentelė . Ekonomiškasis srovės tankis	34

KABELIŲ LINIJŲ INVESTICINIŲ IR EKSPLOATACINIŲ KAŠTŲ OPTIMIZAVIMO TYRIMAS

CABLE LINE CAPITAL AND OPERATIONAL EXPENSES OPTIMIZATION

ĮVADAS

Optimali energetikos sistema yra tokia, kuri patikimai tiekia vartotojui energijos paslaugas mažiausiomis išlaidomis. Išlaidų dydis priklauso nuo daugelio aspektų, ir vienas iš jų yra tiesiogiai susijęs su energijos kainų augimu. Tuo remiasi tradiciniai kabelio parinkimo skaičiavimo metodai.

Mano darbo tikslas buvo nustatyti, ar galimi nauji skaičiavimo metodai, kurie galėtų prisidėti prie energijos paslaugų vartotojams išlaidų mažinimo.

Dabar panaudojami atsinaujinantys energijos išteklių, leisiantys užtikrinti apsirūpinimą energija ateities kartoms. Jie užtikrins energijos tiekimo patikimumą ateityje. Pradėjus naudoti atsinaujinančius energijos išteklius atsirado didelis poreikis naujus generuojamus šaltinius, t.y. vėjo, saulės, biomasės ir atliekų deginimo elektrines, prijungti į skirstomąjį tinklą ir perdavimo tinklą. Šį procesą apsunkina elektros tinklo bei kabelių ir oro linijų pralaidumo srovei apribojimas.

Parenkant kabelį labai svarbus tiek techninis, tiek ekonominis šio parinkimo pagrindimas. Tiksliai apskaičiuotas ir ekonomiškai parinkimas prisidės prie išlaidų mažinimo, patikimumo ir inovacinės veiklos proceso plėtros bei inovacinio potencialo augimo; sukurs galimybę tiksliai modeliuoti elektros tinklus ir apskaičiuoti, kokį maksimalų galingumą gali perduoti elektros linijos, kad būtų išvengiama papildomų investicijų į naujus elektros tinklus.

1. TECHNINIAI ASPEKTAI

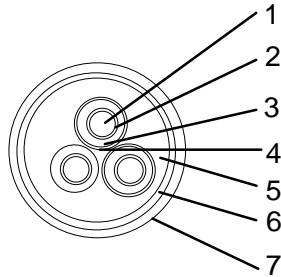
Elektros perdavimas oro linijomis yra laikomas paprastesniu techniniu sprendimu nei kabelinės linijos tiesimas. Elektros perdavimo oro linijų techniniai parametrai yra parenkami atsižvelgiant į vietovės klimatinės sąlygas: maksimalias ir minimalias temperatūras, vėjo greičius, apšalo zonas. Taikant atitinkamus saugumo faktorius, EP OL avarijų tikimybė yra maža. Kabelių linijose klaidų ar avarijų tikimybė taip pat yra maža. Įvykus avarijai orinėje linijoje, paprastai elektros tiekimas gali būti atnaujinamas per vieną, dvi dienas. Kabelinėje linijoje avarijos vietos identifikavimas ir avarijos likvidavimas bei elektros tiekimo linijoje atnaujinimas gali trukti nuo dviejų savaitių iki kelių mėnesių (LITGRID AB pateikta informacija parengta Sweco Lietuva, 2010).

2. EKONOMINIAI ASPEKTAI

Standartinė dvigrandės aukštos įtampos EP OL kaina yra 300 – 400 tūkst. EUR/km, tikėtinas tarnavimo laikas – 50 - 70 metų (LITGRID AB pateikta informacija parengta Sweco Lietuva, 2010). Standartinė aukštos įtampos EP požeminio kabelio vieno kilometro kaina gali būti 15-25 kartų didesnė nei EP oro linijos 1 km kaina. Tikėtinas eksploataavimo (tarnavimo) laikas – 40 metų (LITGRID AB pateikta informacija, parengta SWECO Lietuva, 2010).

3. KABELINĖS LINIJOS

Kabelinės linijos gali būti vieno arba dviejų kabelių. Plačiausiai kabeliai naudojami 0,4 ir 10 kV įtampose, rečiau aukštesnėse. Aukštos įtampos kabelis turi gana sudėtingą konstrukciją, dažnai jis būna užpildytas alyva. Pastaruoju metu vis plačiau naudojami kabeliai su sausa polietileno izoliacija. Aukštos įtampos kabeliai yra brangesni už oro linijas, jų remontas ir gedimų paieška sudėtingi, todėl naudojami palyginti retai. Aukšto slėgio alyva pripildyto kabelio pjūvis parodytas 3.1 paveiksle:



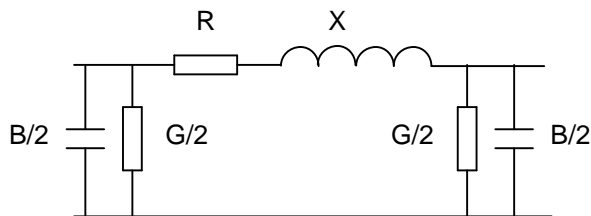
3.1 pav. Alyvos pripildyto aukštosios įtampos trigyslio kabelio konstrukcija: 1- kabelio srovėlaidis - gysla; 2 - ekranas iš pusiau laidaus popieriaus; 3- izoliacija iš kabelinio popieriaus; 4- izoliacijos ekranas iš varinės juostos ir pusiau laidaus popieriaus; 5 - alyva; 6 - plieno vamzdis; 7 - antikorozinė danga.

4. LINIJŲ IR KABELIŲ PARINKIMAS, ATSTOJAMOSIOS SCHEMAS IR PARAMETRAI

Pagrindinis parametras, pagal kurį parenkama linija arba kabelis, yra leistina srovė. Šie parametrai parenkami pagal specialias lenteles.

Toliau reikalinga tikrinti liniją pagal įtampos nuostolius. Tam reikalinga nustatyti jos atstojamosios schemas parametrus.

Trifazių linijų parametrai yra paskirstyti pagal ilgį, tačiau schemose, kai linijų ilgis < 300 km, jie vaizduojami kaip sutelkti parametrai. Paprastai skaičiavimams sudaroma 4.1 paveiksle parodyta pavidalo Π schema:



4.1 pav. Elektros linijos atstojamoji schema

Aktyvioji linijos varža R priklauso nuo laido medžiagos, skerspjūvio ir ilgio. Prie $f=50$ Hz R galima prilyginti ominei varžai ir paviršiaus efekto galima nevertinti. Varža skaičiuojama:

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S}; \quad (4.1)$$

Čia l - laido ilgis metrais; S - skerspjūvis mm^2 ; γ - lyginamasis elektrinis laidumas $\frac{\text{S}\cdot\text{m}}{\text{mm}^2}$, variui ≈ 57 , aliuminiui ≈ 34 .

Žinynuose paprastai duodama linijos 1km varža, kuri matuojama Ω/km . Jei norima įvertinti laido varžos kitimą nuo temperatūros, tai atliekama pagal formulę:

$$R = R_0(1 + k(t - 20)); \quad (4.2)$$

čia R_0 - varža prie 20°C ; k - temperatūrinis varžos koeficientas Al lygus $0,004 \text{ 1/S}$; t - laidininko temperatūra.

Reaktyvioji laidininko varža X priklauso nuo srovės kitimo greičio. Kintamoji srovė, tekanti laidu, sukuria magnetinį lauką. Laukas sukuria laide saviindukcijos EVJ. Jos pasipriešinimas srovei vadinamas indukcinė varža. Trifazėje sistemoje kiekvieno laido saviindukcijos EVJ sukuria visų fazių magnetinius laukus. Todėl saviindukcijos EVJ dydis priklauso nuo laidų tarpusavio išsidėstymo. Jei laidai išdėstyti simetriškai, tai visų laidų X bus vienoda.

Trifazės oro linijos laido induktyvioji 1 km varža X , Ω/km , esant pramoniniam dažniui 50 Hz ir laidui iš spalvotųjų metalų (vienfazės dvilaidės linijos induktyvioji varža skaičiuojama taip pat, tik formulėje koeficientas 0,1445 keičiamas į 0,29):

$$X = 0,14451g \frac{D_{\text{vid}}}{R_{\text{ekv}}} + 0,0157; \quad (4.3)$$

čia D_{vid} - vidutinis atstumas tarp laidų $D_{\text{vid}} = \sqrt[3]{D_{\text{ab}} \cdot D_{\text{bc}} \cdot D_{\text{ac}}}$; R_{ekv} - ekvivalentinis laido spindulys (aliumininių- plieninių AC laidų $R_{\text{ekv}} = 0,95 \text{ r}$; aliumininių A laidų $R_{\text{ekv}} = 0,85 \text{ r}$ kur r - laidininko spindulys.

Orinių linijų varžos, priklausomai nuo atstumų tarp laidų, pateikiamos specialiose lentelėse.

Tipinės oro linijų varžų X reikšmės:

0.4 kV 0,3 Ω/km ;
 6 - 10 kV 0,33 Ω/km ;
 20 - 110 kV 0,4 Ω/km ;
 220 KV 0,45 Ω/km ;

Tipinės kabelių varžų X reikšmės:

0.4 kV 0,06 Ω/km ;
 6 - 10 kV 0,08 Ω/km ;
 20 kV 0,11 Ω/km ;
 35 KV 0,12 Ω/km ;

Aktyvinis laidumas G yra sąlygojamas aktyviosios galios nuostolių tuščiosios eigos metu, t.y. koronos vainikinio išlydžio arba dielektrinių nuostolių kabelyje. Vainikinis išlydis priklauso nuo oro sąlygų ir įtampos (330kV ACO - 300 $\Delta P_k = 0,8 - 5,7\text{kW}/\text{km}$), jam sumažinti linijos faziniai laidai sudaromi iš kelių laidininkų, taip sumažėja elektrinio lauko stiprumas laidininko paviršiuje. Aktyvinis laidumas:

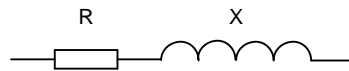
$$G = \frac{\Delta P_k}{U^2}; \quad (4.4)$$

Talpinis laidumas B atsiranda dėl elektrostatinio lauko orinėse linijose ir dielektrinės slinkties srovių kabeliuose. Laidumas priklauso nuo laidų išsidėstymo ir geometrinių matmenų. Skaičiuojant simetrinius režimus naudojama formulė:

$$B = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{vid}}{R_{ekv}}} \cdot 10^{-6} \text{ S/m.} \quad (4.5)$$

Kabelinių linijų laidumas B didesnis už oro linijų, jo reikšmė priklauso nuo kabelio konstrukcijos ir pateikiama žinyuose.

Atsižvelgiant į schemų ypatumus, daugeliu atvejų talpinių srovių nepaisoma ir atstojamoji schema 4.2 paveiksle supaprastinama iki dviejų elementų:



4.2 pav. Elektros linijos supaprastinta ekvivalentinė schema

Kabeliams dažnai nepaisoma induktyvumo X, ir atstojamojoje schemoje lieka vien R.

5. LAIDININKŲ PARINKIMAS

Elektros linijų skerspjūvius nusako jomis tekančių srovių dydis. Todėl skerspjūviai visada parenkami pirmiausia apskaičiuotus linijomis tekančias sroves.

Linijos apkrovai galima parinkti skerspjūvį F, kai turėsime minimalias sąnaudas linijai nutiesti ir jai eksploatuoti. Šiuo atveju geriausias skerspjūvis yra: $F = 150 \text{ mm}^2$. Linijų laidų skerspjūvių parinkimas pagal skaičiuojamųjų sąnaudų minimumą vadinamas skerspjūvių parinkimu pagal ekonomiškumą arba ekonominį kriterijų.

Skerspjūvių parinkimas pagal ekonomiškumą. Kai yra parinkta linijos konstrukcija ir apskaičiuota apkrova, geriausią linijos skerspjūvį būtų galima apskaičiuoti, žinant analitinę linijos kainos ir energijos nuostolių priklausomybę nuo jo. Jeigu parinktume tiesinę linijos kainos priklausomybę nuo skerspjūvio, tada skaičiuojamąsias linijos įrengimo ir eksploatacijos sąnaudas būtų galima išreikšti taip:

$$J = P (K_0 + K_{\sim} F) + 3 \frac{I^2 \tau \rho b}{F}; \quad (5.1)$$

Čia: K_0 ir K_{\sim} - pastovi linijos ilgio vieneto kainos dedamoji, nepriklausanti nuo skerspjūvio ir kintama, priklausanti nuo jo;

I – maksimali linija tekanti srovė;

τ – maksimali galios nuostolių trukmė per metus;

ρ – lyginamoji laidininko varža;

b – elektros energijos nuostolių kaina;

P – kapitalinių įdėjimų ir linijos atskaitymų koeficientas.

Geriausias skerspjūvis bus iš ekstremumo sąlygos:

$$\frac{\partial J}{\partial F} = 0. \quad (5.2)$$

Iš (5.1) formulės ir (5.2) lygties gausime:

$$F_{opt.} = \sqrt{\frac{3I^2 \tau \rho b}{p \cdot K_{\sim}}}. \quad (5.3)$$

Taip parinktas skerspjūvis yra vadinamas ekonomišku. Lyginamoji šio skerspjūvio srovė vadinama srovės tankiu:

$$J = \frac{I}{F_{opt.}}; \quad (5.4)$$

Kadangi gaminamų laidų skerspjūviai yra standartizuoti, negalima parinkti gautųjų optimalių skerspjūvių, tenka parinkti artimiausią standartinį. Kaip matyti iš optimalaus skerspjūvio išraiškos (5.3) skerspjūvis priklauso nuo kintamos kainos dedamosios (K_{\sim}) ir darbo režimo (τ), todėl ir ekonominis srovės tankis yra skirtingas įvairių konstrukcijų linijoms ir priklauso nuo jų darbo intensyvumo bei laidiklio medžiagos. Rekomenduojami ekonominiai srovės tankiai varinių ir aliumininių laidiklių oro kabelinėse linijose pateikti 6.3 lentelėje. Šie tankiai tinka visų įtampų elektros linijoms, nes jie nepriklauso nuo įtampos. Tai teisinga, jeigu kintamoji linijos kainos dedamoji nepriklauso nuo įtampos. Ši priklausomybė iš tikrųjų yra, bet, kad nereikėtų įvesti daug ekonominio srovės tankio reikšmių, ji paneigiama. Reikia pažymėti, kad kitose šalyse dėl išaugusios elektros energijos kainos šiuo metu naudojami keliskart mažesni ekonominiai srovės tankiai. Ekonomiškiausiems standartiniams linijų laidų skerspjūviams parinkti yra naudojami ir ekonomiškų apkrovų intervalai. Pastarieji rodo, kokiam apkrovų kitimo intervale yra geriausia naudoti vieno ar kito standartinio skerspjūvio laidus. Ekonomiškų apkrovų intervalų ribos apskaičiuojamos, naudojantis gretimų standartinių skerspjūvių skaičiuojamųjų sąnaudų lygybės sąlyga. Pavyzdžiui, i-tajam standartiniam skerspjūviui bus šios sąlygos:

$$I_{F_{...i}} = I_{Fi} \quad \text{ir} \quad I_{Fi} = I_{Fi+1}; \quad (5.5)$$

5.1 lentelėje pateikiami kai kurie techniniai – ekonominiai aukštos įtampos elektros perdavimo linijų rodikliai, būtent laido sunaudojimas vienam linijos kilometrui, atsižvelgiant į normalų įsvirimą ir normalias laido atliekas; didžiausias leistinas apkrovimas ir galingumo nuostoliai vienam kilometrui, priimant didžiausią leistiną laido įšilimą nuo srovės; ekonomiškai tikslingas apkrovimas ir galingumo nuostoliai vienam kilometrui skaitant, kad metinė maksimumo išnaudojimo trukmė T_{max} yra nuo 3000 iki 5000 valandų ir kad visas apkrovimas sukoncentruotas linijos gale, taip pat didžiausias linijos ilgis, perduodant šį ekonomišką apkrovimą, priėmus įtampos nuostolius 6-10 kV linijuose 6%, o 35 kV linijose – 10% ir vidutinį galios koeficientą $\varphi = 0,8$.

5.1 lentelė. Techniniai – ekonominiai aukštos įtampos elektros perdavimo linijų rodikliai

Laido markė	Laido svoris vienam km	Didžiausias leistinas apkrovimas MVA			Nuostoliai kW/ km. Esant didžiausiam leistinam apkrovimui	Esant ekonomiškam srovės tankumui						
		6 kV	10 kV	35 kV		Apkrovimas MVA			Nuostoliai kW/km	Didžiausias linijos ilgis km		
						6 kV	10 kV	35 kV		6 kV	10 kV	35 kV
M-16	0,46	1,3	2,2	7,8	65	0,35	0,6	2,0	4,3	5,2	8,5	51
M-25	0,70	1,9	3,1	10,9	81	0,55	0,9	3,2	6,9	4,8	8,2	46

M-35	0,99	2,3	3,8	13,3	86	0,75	1,25	4,5	9,5	4,5	7,4	40
M-50	1,42	2,8	4,7	14,3	90	1,1	1,8	6,3	13,7	3,7	6,3	35
M-70	1,98	3,5	5,9	16,3	104	1,5	2,55	8,9	19,4	3,3	5,3	30
M-95	2,68	4,3	7,2	20,6	113	2,1	3,4	12,0	26	2,7	4,6	25
A-25	0,22	1,4	2,3	8,2	76	0,3	0,5	1,65	3,1	5,8	9,5	59
A-35	0,30	1,8	2,9	10,3	85	0,4	0,65	2,3	4,4	5,6	9,5	55
A-50	0,43	2,2	3,7	13,0	97	0,55	0,95	3,3	6,4	5,4	8,6	49
A-70	0,60	2,7	4,6	16,0	107	0,8	1,35	4,7	9,0	4,6	7,5	43
A-95	0,84	3,3	5,6	19,6	111	1,1	1,8	6,3	11,8	4,0	6,7	38
A-120	1,02	3,9	6,5	22,6	122	1,35	2,3	8,0	15,1	3,7	6,0	34
A-150	1,32	4,6	7,6	26,6	128	1,7	2,85	10,0	17,7	3,3	5,4	30
AC-35	0,43	1,8	2,9	10,6	85	0,4	0,65	2,3	4,4	5,6	9,5	55
AC-50	0,61	2,2	3,7	12,8	97	0,55	0,95	3,3	6,4	5,4	8,6	49
AC-70	0,85	2,7	4,6	16,0	107	0,8	1,35	4,7	9,0	4,6	7,5	43
AC-95	1,36	3,4	5,6	20,0	111	1,1	1,8	6,3	11,8	4,0	6,7	38
AC-120	1,59	3,9	6,5	23,0	122	1,35	2,3	8,0	15,1	3,7	6,0	34
AC-150	1,96	4,6	7,6	27,0	128	1,7	2,85	10,0	17,7	3,3	5,4	30
PCO-4	0,30	0,2	0,4	-	22	0,05	0,09	-	1,15	2,2	3,4	-
PC-5	0,48	0,3	0,6	-	26	0,08	0,14	-	2,9	1,3	2,1	-
PC-25	0,61	0,6	1,0	-	70	0,1	0,17	-	1,65	4,2	6,8	-
PC-35	0,93	0,8	1,3	4,6	80	0,15	0,25	0,85	2,4	4,3	6,2	37
PC-50	1,26	0,9	1,6	5,5	90	0,2	0,35	1,2	2,15	3,9	6,2	37
PC-70	1,85	1,3	2,1	7,5	100	0,3	0,5	1,7	4,1	4,0	6,6	40

Elektros nuostoliams tinkle apytiksliai nustatyti ar srovės tankiui laiduose parinkti tipinių vartotojų metinė maksimumo išnaudojimo trukmė T_{max} pateikta 5.2 lentelėje.

5.2 lentelė. Maksimalios apkrovos trukmė T_{max} , priklausomai nuo vartotojo rūšies, val.

Vartotojo rūšis	T_{max} , h/m.
Pramonės įmonė, dirbanti viena pamaina	2000-3000
Pramonės įmonė, dirbanti dviem pamainom	3000-4500
Pramonės įmonė, dirbanti trim pamainom	4500-8000
Miesto apšvietimo tinklai	3000
Kultūros, mokslo paskirties objektai	1000-1500
Paslaugų srities objektai	2000
Dideli administraciniai pastatai, daugiafunkciniai pastatai	3500-4000
Gyvenamieji namai, butai	1500-2000*

* - namų ir būtų T_{max} nustatytas remiantis prielaida, kad buto metinis energijos suvartojimas lygus 2000 kWh, įvado galia 5 kW, butų grupės apkrovos nevienlaikiškumo faktorius lygus 0,2.

6. ELEKTROS ENERGIJOS POREIKIŲ NUSTATYMAS

Planuojant orientacines metines elektros energijos sąnaudas naujoms gyvenamosioms teritorijoms, vienam butui skaičiuojama apie 1400 kWh per metus, kai butuose planuojama naudoti stacionarias dujines virykles, ir 2500 kWh vienam butui, kai butuose planuojama naudoti stacionarias elektros virykles.

Orientacinės metinės elektros energijos sąnaudos visuomeninės paskirties pastatams apskaičiuojamos pagal 6.1 formulę:

$$E_{met} = P_{sk} \cdot T_{max} \text{ (kWh)}, \quad (6.1)$$

Kur:

P_{sk} – skaičiuojamoji maksimali elektros apkrova, nustatyta remiantis faktiniais duomenimis arba pagal 6.1 lentelėje pateiktus orientacinius dydžius, kW;

T_{max} - metinis maksimalių elektros apkrovų trukmės laikas, val.

6.1 lentelė. Santykinės orientacinės skaičiuojamosios elektros apkrovos visuomeninės paskirties pastatams

Eil. Nr.	Pastato paskirtis (pastatas)	Santykinis dydis	Santykinė elektros apkrova	Maksimalių elektros apkrovų naudojimo laikas, val.
1	Viešbučių (viešbutis, motelis, svečių namai)	W/m ²	20-40	3500
2	Administracinė (biurai iki 500 m ² bendrojo ploto)	W/m ²	30-50	4000
3	Administracinė (biurai virš 500 m ² bendrojo ploto)	W/m ²	20-40	4500
4	Prekybos (universaliosios (daugiafunkcės) įmonės pastatas, kurio bendras plotas – daugiau kaip 5000 m ²)	W/m ²	45-70	4000
5	Prekybos (specializuotosios (vienafunkcės) įmonės pastatas, kurio bendras plotas – daugiau kaip 5000 m ²)	W/m ²	30-45	5000
6	Prekybos (universaliosios (daugiafunkcės) ir specializuotosios (vienafunkcės) įmonės pastatas, kurio bendras plotas – iki 5000 m ²)	W/m ²	60-80	2000
7	Prekybos (sandėlis be šaldymo)	W/m ²	5-15	1000
8	Paslaugų (galia vienai darbo vietai)	W/1 darbo vietai	1300	2000
9	Maitinimo (valgykla)	W/m ²	180-300	1500
10	Trasporto (oro uostai)	W/100 m ² (užst atymo)	60-80	4000
11	Kultūros (biblioteka)	W/m ²	20-35	2000
12	Kultūros (muziejus)	W/m ²	60-80	2000
13	Mokslo (vaikų darželis)	W/m ²	25-50	1100
14	Mokslo (mokykla)	W/m ²	15-30	1300
15	Gydymo (ligoninė iki 50 vietų/poliklinika)	W/m ²	150-300	2000
16	Gydymo (ligoninė nuo 200 vietų)	W/m ²	40-70	3500

17	Poilsio (turizmo centras)	W/m^2	60-80	1000
18	Sporto (daugiafunkcinė sporto arena)	W/m^2	70-85	1000
19	Sporto (stadionai, sporto salės, teniso kortai, maniežai, čiuožyklos, baseinai)	W/m^2	60-100	1000
20	Religinės (bažnyčia, cerkvė, koplyčia, sinagoga, maldos namai, katedra)	W/m^2	10-15	500

Pilnutinė skaičiuojamoji elektros apkrova keliems skirtingo tipo visuomeninės paskirties ir gyvenamiesiems pastatams, kuriems elektros energija tiekama iš to paties elektros energijos šaltinio, apskaičiuojama pagal 6.2 formulę:

$$S = S_{max} + \sum_{i=1}^n S_i \cdot K_{max} \text{ (kVA)}, \quad (6.2)$$

Kur:

S_{max} – didžiausia vieno iš visų prie elektros energijos šaltinio prijungtų vartotojų skaičiuojamoji pilnutinė elektros apkrova, kVA;

S_i – visų pastatų, išskyrus pastatą, turintį didžiausią pilnutinę elektros apkrovą, pilnutinės elektros apkrovos, kVA;

K_{max} – įvairaus tipo pastatų maksimumų nesutapimo koeficientai didžiausią pilnutinę elektros apkrovą turinčio pastato atžvilgiu turi būti ne mažesni kaip pateikta 6.2 lentelėje (lentelėje nenurodytiems pastatams taikyti koeficientą, lygų 1).

6.2 lentelė. Visuomeninės paskirties ir gyvenamųjų pastatų maksimumų nesutapimo koeficientai

K_{max}

	Gyvenamieji namai su stacionariomis elektrinėmis viryklėmis	Gyvenamieji namai su stacionariomis dujinėmis viryklėmis	Vlgyklės	Kavinės restorai	Kultūros pastatės (bibliotekos)	Moklo pastatės	Prekybos pastatės	Viešbučių pastatės	Paslaugų pastatės (kirpyklos)	Mokymo pastatės (vaikų darželiai)	Paslaugų pastatės (išskyrus kirpyklas)	Kultūros pastatės (išskyrus bibliotekas)	Vietinės generacinės elektrinės (saulės, vėjo)
Gyvenamieji namai su stacionariomis elektrinėmis viryklėmis	-	0,9	0,6	0,7	0,6	0,5	0,8	0,8	0,8	0,5	0,7	0,9	1
Gyvenamieji namai su stacionar	0,9	-	0,6	0,7	0,5	0,4	0,8	0,8	0,7	0,4	0,6	0,9	1

iomis dujinėmis viryklėmis														
Maitinimo paskirties	0,6	0,6	1	1	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,5	1	
Mokslo ir kultūros (bibliotekos) paskirties	0,6	0,6	1	1	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,5	1	
Prekybos paskirties	0,5	0,4	0,8	0,8	1	1	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	1	
Viešbučių paskirties	0,8	0,8	0,6	0,8	0,7	0,6	0,8	1	0,8	0,6	0,7	0,9	1	
Gydymo paskirties	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	1	
Paslaugų paskirties	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	1	0,7	1	
Kultūros paskirties	0,9	0,9	0,4	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,8	0,5	0,7	1	1	
Vietinės generacijos elektrinės (saulės ir vėjo)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

6.3 lentelė. Ekonominiai srovės tankiai

Linijos konstrukcija ir medžiagos charakteristika	Ekonominiai srovės tankiai (A/mm^2), kai		
	$T_{max}= 1000 - 3000h$	$T_{max}= 3000 - 5000h$	$T_{max}= 5000 - 8760h$
Nuogos šynos ir laidai:			
Variniai	2,5	2,1	1,8
aliumininiai	1,3	1,1	1,0
Kabeliai su popieriaus izoliacija ir laidai su gumos ir polichlorvinilo izoliacija:			
variniai	3,0	2,5	2,0
aliumininiai	1,6	1,4	1,2
Kabeliai su gumos ir plastmasės izoliacija:			
variniai	3,5	3,1	2,7
aliumininiai	1,9	1,7	1,6

10 kV linijų laidininkų parinkimui yra keletas išankstinių reikalavimų:

- naujų magistralinių kabelių linijų tiesimui naudoti 120, 240, 500 mm² skerspjūvio ploto kabelius;
- rekonstruojamų oro linijų magistralėse naudoti ne plonesnius kaip 70 mm² skerspjūvio ploto aliumininius ir 50 mm² plieninius – aliumininius laidus, oro linijų atšakose – ne plonesnius kaip 50 mm² skerspjūvio ploto aliumininius ir 35 mm² plieninius – aliumininius laidus;
- naudoti kabelius su aliumininėmis (varinių gyslų naudojimą reikia pagrįsti techniškai) gyslomis su XLPE izoliacija ir PE bendru išoriniu apvalkalu, su skersiniu ir išilginiu vandens užtvėrimu.

Leistini įtampos nuostoliai 10 kV linijose nuo transformatorių pastotės iki galinės transformatorinės neturi viršyti 5%.

Laidininkai parenkami pagal ekonomišką srovės tankį. Ekonomiškas srovės tankis - tai elektros energijos transportavimo išlaidų (nuostolių) ir linijų laidų skerspjūvio ploto didinimo išlaidų (įrengiant naują liniją tai dažniausiai yra laidų kainos padidėjimas, pasirenkant didesnio skerspjūvio ploto laidus) palyginimas. Toks, atrodo, paprastas skaičiavimas iš tikrųjų apima daugybės kintančių laike duomenų apdorojimą, sunkiai nuspėjamų veiksnių, tokių kaip kuro, žaliavų kainų kitimo perspektyvos įvertinimą. Todėl linijų parinkimas pagal ekonomišką srovės tankį yra daugiau pagalbinis būdas, naudojamas kaip išeities taškas tolimesniems skaičiavimams.

Pagal ekonomišką srovės tankį parenkami vidutinės ir aukštos įtampos laidai.

Elektros įrenginių įrengimo taisyklėmis nustatyti ekonomiško srovės tankio intervalai 6.3 lentelėje.

Ekonomiškiausias laidininko skerspjūvio plotas apskaičiuojamas:

$$F_{ek} = \frac{I_{sk}}{j_{ek}}, \text{ mm}^2; \quad (6.3)$$

I_{sk} - maksimali darbo srovė skaičiuojamoje atkarpoje,

j_{ek} – ekonomišką srovės tankis nustatytas pagal 2 lentelę, A/mm².

Įprastai projektuojant 10 kV OL, stengiamasi apriboti laidų skerspjūvio ploto įvairovę.

Parinkus laidininkus reikia patikrinti jų atitikimą leistinajai ilgalaikiai srovei.

Be trumpojo jungimo srovės dar reikia žinoti ir jos didžiausią veikimo laiką. Oro linijų tinkle trumpo jungimo veikimo laikas (įvertinant ir automatinį kartotinį jungimą) yra 3 s, kabelių linijų tinkle – 1s, jeigu konkrečiam atvejui relinės apsaugos ir automatikos (RAA) nustatymų schemeje nenurodyta kitaip. Kai trumpo jungimo ir laiko koordinatės susikerta po laidininko skerspjūvio plotą atitinkančia linija, laidų skerspjūvio plotas yra tinkamas. Jei susikirtimo taškas yra virš atitinkamos linijos – reikia didinti laidininko skerspjūvio plotą. Jei tinkle yra keletas skirtingo skerspjūvio ploto laidininkų, pirmiausia reikia tikrinti mažiausio skerspjūvio ploto laidininką.

Parinkus 10 kV linijos laidininkus, reikia juos patikrinti pagal leistinus įtampos nuostolius. Apkrovos linijos atkarpose ir $\cos \varphi$ apskaičiuojami pagal 6.4 reikalavimus. Įtampos nuostolių skaičiavimas atliekamas nuo transformatorių pastoties iki tolimesios linijos taško.

Bendroju atveju įtampos nuostoliai apskaičiuojami:

$$\Delta U = \sum IR \cos \varphi + \sum IX \sin \varphi, \quad (6.4)$$

t.y. aktyvinių ir reaktyvinių įtampos nuostolių atskirose linijos atkarpose suma yra įtampos nuostoliai linijoje.

Dažniau naudojamos formulės :

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n S_i Z_i}{U_N}, V. \quad (6.5)$$

S_i – skaičiuotoji pilnoji galia i - tojoje atkarpoje, kVA;

Z_i – i – tosios atkarpos pilnoji varža, Ω ;

U_N - vardinė tinklo įtampa, $U_N = 10\text{kV}$;

I – tosios atkarpos pilnoji varža

$$Z_i = \sqrt{X_i^2 + R_i^2} \quad (6.6)$$

Čia: X_i – reaktyvinė atkarpos varža, Ω ;

R_L – aktyvinė atkarpos varža, Ω ;

$R_i = R_{i0} \cdot l$, $X_i = X_{i0} \cdot l$

R_{i0} – aktyvinė 1 km atkarpos varža nustatyta pagal 6.4, 5, 6, 7 lenteles, Ω/km ;

X_{i0} – reaktyvinė 1 km atkarpos varža oro linijai $X_{i0} = 0,4, \Omega/\text{km}$, kabelių linijai $X_{i0} = 0,08, \Omega/\text{km}$;

l – atkarpos ilgis, km

6.4 lentelė. 10 kV kabelių techniniai duomenys

Laidininkų skerspjūviai mm^2	Variniai laidininkai			Aliumininiai laidininkai		
	Laidininko aktyvioji varža, Ω/km	Leistinoji ilgalaikė srovė, A		Laidininko aktyvioji varža, Ω/km	Leistinoji ilgalaikė srovė, A	
		Popierinė izoliacija	XLPE arba EPR		Popierinė izoliacija	XLPE arba EPR
3x16	1,09	95	79	1,8	75	61
3x25	0,7	120	101	1,13	90	78
3x35	0,5	150	122	0,81	115	94
3x50	0,35	180	144	0,57	140	112
3x70	0,25	215	178	0,404	165	138
3x95	0,184	265	211	0,298	205	164
3x120	0,146	310	240	0,236	240	186
3x150	0,117	355	271	0,189	275	210
3x185	0,095	400	304	0,153	310	236
3x240	0,073	460	351	0,118	355	272

Reaktyvinė kabelio varža - $X_k = 0,08 (\Omega/\text{km})$.

Įtampos nuostoliai linijoje procentais:

$$\Delta U = \frac{\Delta U \cdot 100}{U_N}, \% \quad (6.7)$$

Čia U_N - vardinė tinklo įtampa, $U_N = 10000\text{V}$.

Dažniausiai projektuojamas 0,4 kV elektros tinklų su viena transformatorine prijungimas prie 10 kV tinklų. Nustatyti esamas linijos apkrovas sudėtinga, kadangi trūksta informacijos apie esamas

transformatorinių apkrovos. Be to, didžioji dalis esamų 10 kV tinklų statyta iki 1990 metų, ir šiuo metu, ypač kaimo vietovėse, jie išnaudojami menkai. Daugeliu atveju pakanka patikrinti įtampos nuostolius prijungimo taške nuo projektuojamos apkrovos. Jei įtampos nuostoliai neviršija 1-2% vardinės tinklo įtampos (10 kV), nuostolių linijos gale nuo esamų ir naujai jungiamų apkrovų galima neskaičiuoti.

Parentant kabelį ar liniją, pirmausia reikia apskaičiuoti linija tekėsiančią srovę I_{sk} ir parinkti artimiausią kabelio skerspjūvį, kurio leistinoji srovė būtų didesnė už apskaičiuotą:

$$I_{leist} \geq I_{sk} \quad (6.8)$$

Ekonomiškiausias laidininko skerspjūvio plotas apskaičiuojamas:

$$F_{ek} = \frac{I_{sk}}{j_{ek}}, \text{ mm}^2; \quad (6.9)$$

I_{sk} - maksimali darbo srovė skaičiuojamoje atkarpoje,

$$j_{ek} = \frac{I_{sk}}{s}; \quad (6.10)$$

s - kabelio skerspjūvis, mm^2 ;

j_{ek} – ekonomiškas srovės tankis nustatytas pagal 2 lentelę, A/mm^2 .

Laidininko fazinė apkrovos srovė:

$$I_{sk} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_N}; \quad (6.11)$$

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}; \quad (6.12)$$

$$Q = P \cdot \tan \varphi; \quad (6.13)$$

S - kabelio perduodama galia kVA;

U_N – nominali kabelio įtampa kV;

Parentant elektros tinklo atskirų linijų laidų skerspjūvius pagal laidų išilimą:

$$I_{leist} \geq I_{sk}; \quad (6.14)$$

$$I_{leist} = I_{ilg} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3; \quad (6.15)$$

k_1 – Ilgalaikės leistinosios srovės pataisos koeficientai esant kitokiai nei $+30^0$ C oro arba žemės temperatūrai $k_1 = 1,06$;

k_2 –kabelių, nutiestų vamzdžiuose žemėje, ilgalaikės leistinosios srovės pataisos koeficientai, esant kitokiai nei $2,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ savitajai šiluminei žemės varžai temperatūrai $k_2 = 1$;

k_3 –Ilgalaikės leistinosios srovės pataisos koeficientai, klojant daugiau kaip vieną kabelių

grandį žemėje $k_3=1$;

Parinkus laidininko skerspjūvį tikriname pagal trifazį trumpą jungimą:

$$I_T^{(3)} \leq I_{Tleidž.}^{(3)} \quad (6.16)$$

$I_T^{(3)}$ – vakuuminio jungtuvo atjungimo nominali srovė, kA ;

10 kV jungtuvo - $I_T^{(3)} = 12,5$ kA;

20 kV jungtuvo – $I_T^{(3)} = 16$ kA;

35 kV jungtuvo - $I_T^{(3)} = 20$ kA;

Kabelio trumpojo jungimo srovė:

$$I_{Tleidž.}^{(3)} = K \cdot I_{T1s}^{(3)}; \quad (6.17)$$

K – trumpojo jungimo trukmės koeficientas:

$$K = \frac{1}{\sqrt{t}}; \quad (6.18)$$

t- vakuuminio jungtuvo suveikimo laikas $t = 0,055$ s;

$$K = \frac{1}{\sqrt{t}} = \frac{1}{\sqrt{0,055}} = 4,264; \quad (6.19)$$

$$I_{Tleidž.}^{(3)} = 4,26 \cdot 4,7 = 20,02; \quad (6.20)$$

$$I_T^{(3)} = 20 \leq 20,02; \quad (6.21)$$

6.5 lentelė. Rezultatų lentelė

U kV	$I_T^{(3)}$ kA	$I_{Tleidž.}^{(3)}$	Minimalus skerspjūvis mm^2
10	20	20,02	50
20	16	20,02	50
35	12,5	14,6	35

Remdamiesi lentelės 6.5 rezultatais teigiam, kad 35 kV kabelio skerspjūvis yra 50 mm^2 .

Kabelio linijinės įtampos nuostoliai apskaičiuojami:

$$\Delta U_{KL} = \frac{S \cdot \cos\varphi \cdot r_L + S \cdot \sin\varphi \cdot x_L}{U_N^2} \cdot I \cdot 100\%; \quad (6.22)$$

r_L - kabelio aktyvioji varža;

x_L – kabelio reaktyvioji varža ;

$\cos\varphi = 0,9$;

l - kabelinės linijos ilgis km; l=1km;

Maksimalus kabelinės linijos ilgis:

$$L = \frac{\Delta U}{\Delta U_{KL}}; \quad (6.23)$$

ΔU - įtampos nuotoliai %; $\Delta U = 8\%$ (teigiam, kad kabelinės linijos gale pajungtas transformatorius)

Kapitaliniai įdėjimai į 1km. kabelio liniją:

$$BS = PS + \sum_{t=1}^{Tp} \frac{KS_{ap.rem} + KS_{nom.}}{(1+E)^t}; \quad (6.24)$$

Kur BS- bendros sąnaudos Eur;

PS – pastovios sąnaudos: lėšos reikalingos pakloti 1km kabelinę liniją;

KS – kintamos sąnaudos:

$KS_{ap.rem}$ – lėšos, reikalingos kabelinės linijos aptarnavimui;

KS_{nom} – lėšos, reikalingos padengti elektros energijos nuostolius;

E – minimalus pelnas įdėtoms išlaidoms;

T_p – laikotarpis (metai), per kurį įgyvendinamas projektas $T_p = 5$;

$$PS = 3 \cdot PS_{KL} \cdot l + 2 \cdot PS_m;$$

kur PS_{KL} – kabelio kaina Eur/km;

PS_m – kabelinės movos kaina Eur;

$$KS_{ap.rem} = \frac{\alpha}{100} \cdot PS;$$

Kur α yra atskaitymai % kabelio linijos aptarnavimui ir remontui:

10 kV : $\alpha = 2\%$;

20 kV : $\alpha = 2\%$;

35 kV : $\alpha = 2\%$.

Kabelinės linijos aktyviosios galios nuostoliai kW:

$$\Delta P = 3 \cdot I_p^2 \cdot r_L \cdot l \cdot 10^{-3}. \quad (6.25)$$

Metiniai elektros energijos nuostoliai MWh:

$$\Delta W = \Delta P \cdot \tau \cdot 10^{-3}; \quad (6.26)$$

kur τ yra maksimalūs valandiniai nuostoliai išreikšti valandomis:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T}{10^4}\right)^2 \cdot 8760; \quad (6.27)$$

T – maksimalūs valandiniai apkrovimai (miestui - 5000val.)

$$KS_{nom} = \Delta W \cdot C_0; \quad (6.28)$$

C_0 – elektros energijos kaina 44,48 EUR/MWh.

PVZ.: 1 km ilgio 10 kV kabelis, reikalinga perduoti 1 MW galingumą:

Laidininko fazinė apkrovos srovė:

$$S_{Sk} = \frac{1}{\cos 0,9} = \frac{1}{0,9} = 1,11 \text{ MVA}; \quad (6.29)$$

$$Q = 1 \cdot \operatorname{tg} 0,9 = 0,0157; \quad (6.30)$$

$$I_{sk} = \frac{S}{n\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{1,11}{\sqrt{3} \cdot 10} = \frac{1,11}{17,32} = 0,064 \text{ kA} = 64 \text{ A}; \quad (6.31)$$

n – lygiagrečiai paklotų kabelio skaičius, n = 1 (maksimali vieno laidininko fazinė apkrovos srovė, kai antras kabelis atjungtas).

I_{skav} – avarinis režimas;

$$I_{skav} = 2 \cdot I_{sk} = 2 \cdot 64 = 128 \text{ A}; \quad (6.32)$$

10 kV trigyslis kabelis aliuminio gyslomis parenkamas iš 6.4 lentelės :

6.6 lentelė. 10 kV trigyslis kabelis aliuminio gyslomis

Skerspūvis gyslų/ekrano, (mm ²)	10 kV kabelis AXQJ-RMF 7/12 kV (draka keila cables)						
	Leistinoji srovė žemėje, A	Leistinoji srovė ore, A	Varža Ω/km	Ekrano varža Ω/km	Induktyvioji varža, Ω/km	Leistinoji 1s trukmės TJ srovė, kA	Talpa μF/km
3x50/16	145	130	0,641	1,2	0,11	5,1	0,23
3x95/16	205	190	0,320	1,2	0,10	9,7	0,30
3x150/25	260	250	0,206	0,8	0,09	15,3	0,35
3x240/25	340	330	0,125	0,8	0,09	24,4	0,43

Jo skerspūvis 50 mm² leistinoji srovė žemėje 145 A. Grunto pataisos koeficientas: 0,92 (drėgnas žvyras, smėlis, dumblas).

$$I_{leist} = 0,92 \cdot 145 = 133,4 \text{ A}; \quad (6.33)$$

$$I_{leist} = 133,4 \text{ A} > I_{sk} = 64 \text{ A}; \quad (6.34)$$

Ekonomiškiausias laidininko skerspjūvio plotas apskaičiuojamas:

$$F_{ek} = \frac{I_{sk}}{j_{ek}} = \frac{64}{1,4} = 45,71 \text{ mm}^2; \quad (6.35)$$

I_{sk} - maksimali darbo srovė skaičiuojamoje atkarpoje,

$$j_{ek} = \frac{I_{sk}}{s} = \frac{64}{50} = 1,28 \text{ A/mm}^2. \quad (6.36)$$

$$s = 50 \text{ mm}^2;$$

Ekonomiškas srovės tankis parenkamas iš 6.3 lentelės.
Ekonominio tankio sąlygos yra tenkinamos:

$$1,1 < 1,28 < 1,5;$$

Tikriname TJ srovės poveikį kabeliui:
Leistinoji 1s trukmės TJ srovė kabeliui 5,1 kA.

$$I_{T1S} = 5,1 \text{ kA};$$

$$I_T = \frac{I_{T1S}}{\sqrt{t_{išj}}} = \frac{5,1}{\sqrt{0,2}} = 11,4 \text{ kA}; \quad (6.37)$$

Gauta reikšmė daug didesnė už sąlygoje pateiktą I_{Tapsk} , tad TJ sąlygos tenkinamos.

Kabelio įtampos nuostoliai apskaičiuojami:

$$\Delta U_{KL\%} = \frac{P \cdot r + Q \cdot x}{U^2} \cdot 100\% = \frac{1 \cdot 0,641 + 0,0157 \cdot 0,08}{10^2} \cdot 100\% = 0,642\%; \quad (6.38)$$

$$\Delta U_{KL} = \sqrt{3} I_2 (r_L \cos\varphi + x_L \sin\varphi) = \sqrt{3} \cdot 64 \cdot (0,641 \cdot 0,99 + 0,08 \cdot 0,016) = 70,42 \text{ kV}; \quad (6.39)$$

$$\Delta U_{KL} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i Z_i}{U_N} = \frac{1110 \cdot 0,645}{10} = 71,59 \text{ kV}; \quad (6.40)$$

$$Z_i = \sqrt{X_i^2 + R_i^2} = \sqrt{0,08^2 + 0,641^2} = 0,645 \Omega; \quad (6.41)$$

$$\Delta U = \frac{U_{KL} \cdot 100}{U_N} = \frac{71,59 \cdot 100}{10000} = 0,71 \%, \quad (6.42)$$

Čia U_N – vardinė tinklo įtampa, $U_N = 10000 \text{ V}$.

I_2 – apkrovos srovė;

r_L - kabelio aktyvioji varža;

x_L – kabelio reaktyvioji varža ;

$\cos\varphi = 0,9;$

6.7 lentelė. Elektros linijos santykinė 1 km reaktyvioji varža

Elektros linija	Induktyvioji varža X_{0l} Ω/km, priklausomai nuo linijos įtampos,			
	0,4 kV	6-10 kV	35-110 kV	330 kV
Oro	0,3	0,33	0,4	0,45
Kabelinė	0,06	0,08	0,12	-

L - kabelinės linijos ilgis km; l =1 km.

Maksimalus kabelinės linijos ilgis:

$$L = \frac{\Delta U}{\Delta U_{KL}} = \frac{8}{0,71} = 11,26 \text{ km.} \quad (6.43)$$

ΔU - įtampos nuotoliai %; $\Delta U = 3\%$ (priimam, kad kabelinės linijos gale pajungtas transformatorius);

Tikrinant 10 kV kabelį ($U \leq 10 \text{ kV}$) pagal ilgalaikį išilimą reikia įvertinti, kad yra galimi srovės svyravimai apkrovos ar avarijos atveju.

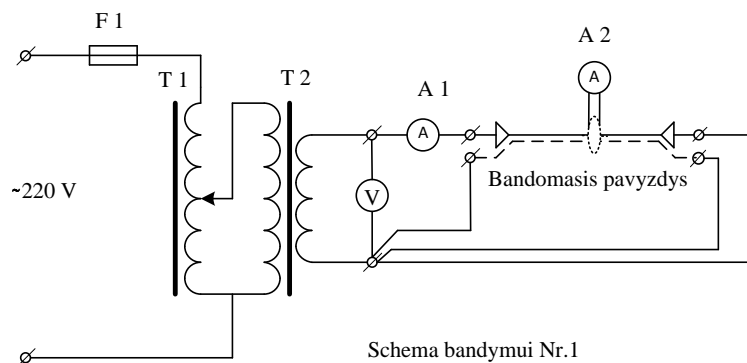
$$0,3I_{leist} \geq I_{sk}. \quad (6.44)$$

Skaičiuotinas apkrovos koeficientas:

$$K_{sap} = \frac{I_{sk}}{I_{leist}} = \frac{64}{133,4} = 0,479. \quad (6.45)$$

7. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

Kabelio XLPE su PE izoliacija iš vario gyslų pagamintais ekranais teka dalis srovės. Norint nustatyti, kokio dydžio teka indukuota srovė, buvo atliktas tyrimas.



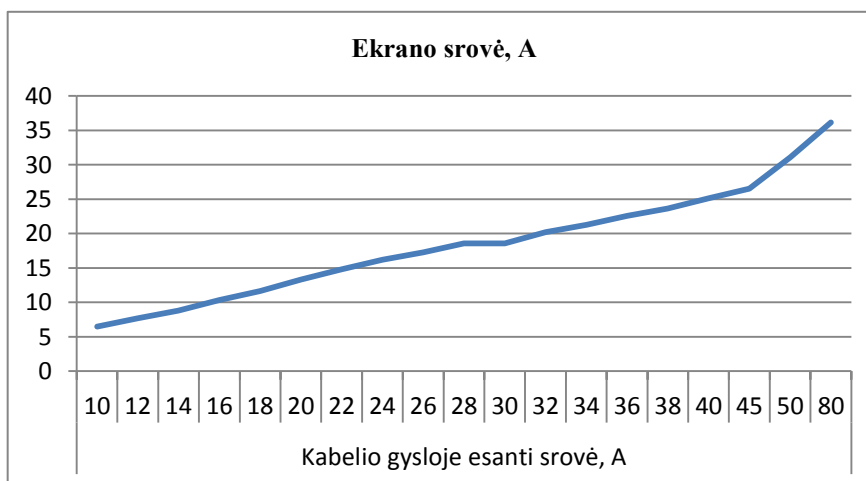
7.1 pav. 1-ojo bandymo schema. Schema sudaryta: T1 – laboratorinis autotransformatorius (JIATP-1M ($U = 220\text{V}$; $I=2\text{A}$); T2 – žeminantis transformatorius TGL 6959/V232 In: $230.400\text{V} \pm 15 \text{ V}$; 50 – 60 Hz UT24VDC 600W; A1 – ampermetras EC72 S/Nr.155005300, matavimo ribos 0-40A, 45-65 Hz; CAT III 600V; A2 – srovės replė MS2102; V – multimetras Proskit MT1232.

Pirmo bandymo metu kabelio ekranai įžeminami abiejuose kabelio galuose (kabelis DRYREX AHXCMK-W TT 12 kV 1x120/16 L-3,36 m).

Pagal eiliškumą pirmas buvo matuojamas kabelis DRYREX AHXCMK-W TT 12 kV 1x120/16. Antrame bandyme buvo naudojamas daugiagydis varinis 2,5 mm² skerspjūvio laidininkas. Trečiam bandymui buvo parinktas daugiagydis varinis 4,0 mm² skerspjūvio laidininkas. Ketvirtame bandyme buvo panaudotas daugiagydis varinis 6,0 mm² skerspjūvio laidininkas.

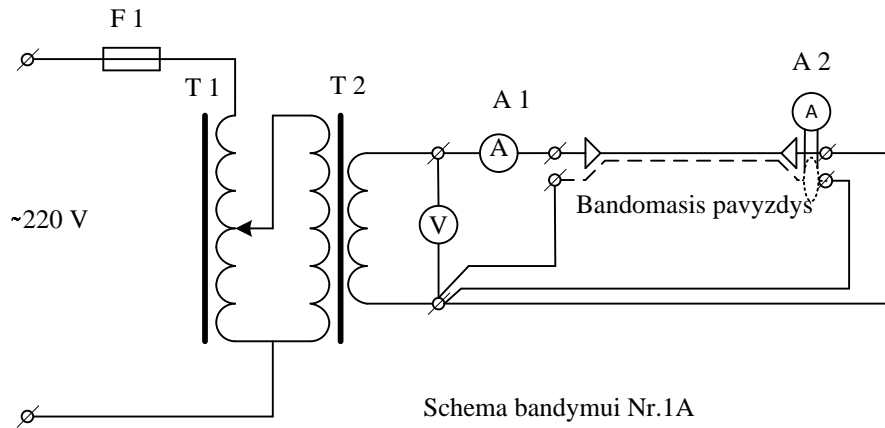
7.1 lentelė. 1- ojo bandymo rezultatai.

Gyslos srovė I _G , A	Įtampa V,	Ekranu srovė priklausomai nuo laidininko skerspjūvio mm ²	
		16	
		I _E , A	(I _E / I _G) · 100%
10	0,216	6,5	65,0
12	0,256	7,67	63,9
14	0,295	8,81	62,9
16	0,347	10,35	64,7
18	0,392	11,62	64,6
20	0,450	13,33	66,7
22	0,501	14,80	67,3
24	0,552	16,20	67,5
26	0,592	17,27	66,4
28	0,640	18,57	66,3
30	0,698	18,57	61,9
32	0,736	20,20	63,1
34	0,786	21,26	62,5
36	0,825	22,57	62,7
38	0,882	23,65	62,2
40	0,936	25,14	62,9
45	1,118	26,55	59,0
50	1,317	31,10	62,2
80	1,765	36,15	45,2



7.2 pav. Ekranu srovės charakteristikos. Kabelio ekranu skerspjūvis 16,0mm²

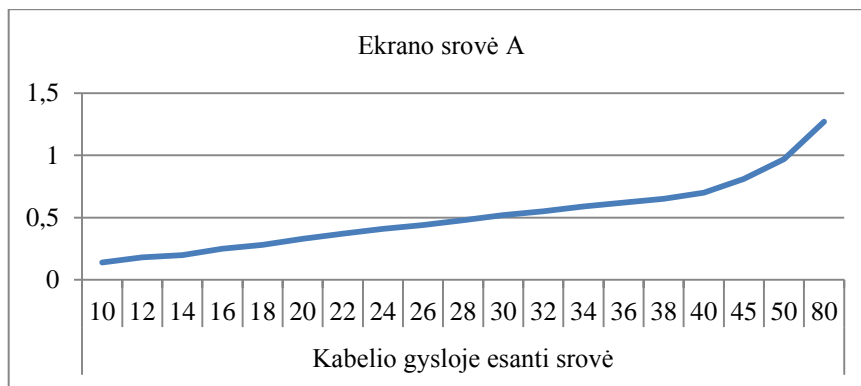
Kabelio indukuota srovė neperžengia 67,5 % gyslos srovės ribos.



7.3 pav. 1- ojo Nr.1A bandymo schema.

7.2 lentelė. 1- ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 2,5 mm²

Gyslos srovė I_G , A	Įtampa V,	Ekranu srovė priklausomai nuo laidininko skerspjūvio mm ²	
		2,5	
		I_E , A	$(I_E / I_G) \cdot 100\%$
10	0,230	0,14	1,40
12	0,274	0,18	1,50
14	0,309	0,20	1,43
16	0,364	0,25	1,56
18	0,413	0,28	1,56
20	0,471	0,33	1,65
22	0,527	0,37	1,68
24	0,579	0,41	1,71
26	0,618	0,44	1,69
28	0,662	0,48	1,71
30	0,718	0,52	1,73
32	0,764	0,55	1,72
34	0,817	0,59	1,74
36	0,859	0,62	1,72
38	0,910	0,65	1,71
40	0,972	0,70	1,75
45	1,121	0,81	1,80
50	1,345	0,97	1,94
80	1,796	1,27	1,59

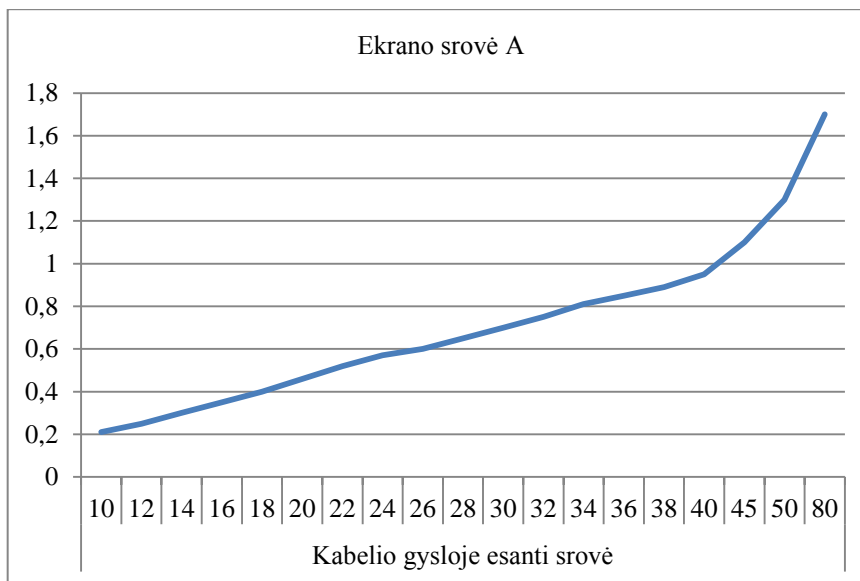


7.4 pav. Ekranu srovės charakteristikos. Bandomojo laidininko skerspjūvis 2,5 mm²

Bandomojo laidininko indukuota srovė neperžengia 1,94 % gysloje esančios srovės ribos.

7.3 lentelė. 1- ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 4,0 mm²

Gyslos srovė I _G , A	Įtampa V,	Ekranu srovė priklausomai nuo laidininko skerspjūvio mm ²	
		4	
		I _E , A	(I _E / I _G) · 100%
10	0,226	0,21	2,10
12	0,273	0,25	2,08
14	0,313	0,30	2,14
16	0,362	0,35	2,19
18	0,411	0,40	2,22
20	0,470	0,46	2,30
22	0,525	0,52	2,36
24	0,571	0,57	2,38
26	0,613	0,60	2,31
28	0,660	0,65	2,32
30	0,713	0,70	2,33
32	0,461	0,75	2,34
34	0,818	0,81	2,38
36	0,859	0,85	2,36
38	0,911	0,89	2,34
40	0,968	0,95	2,38
45	1,125	1,10	2,44
50	1,348	1,30	2,60
80	1,792	1,70	2,13

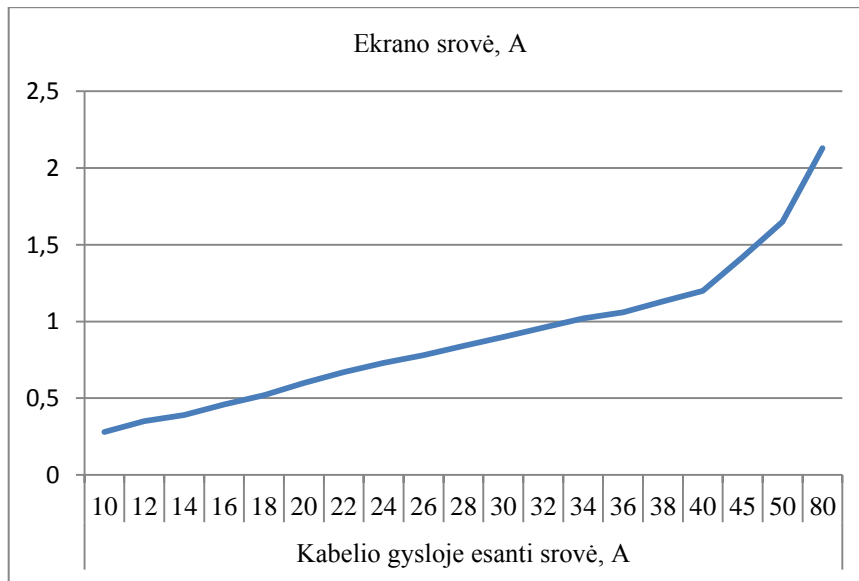


7.5 pav. Ekranu srovės charakteristikos. Bandomojo laidininko skerspjūvis 4,0 mm²

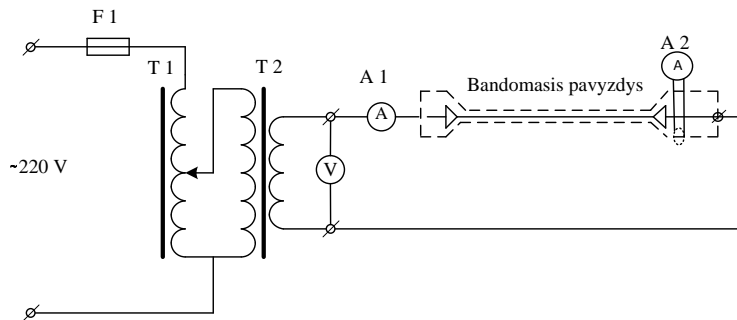
Bandomojo laidininko indukuota srovė neperžengia 2,60 % gysloje esančios srovės ribos.

7.4 lentelė. 1-ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 6,0 mm²

Gyslos srovė I _G , A	Įtampa V,	Ekranu srovė priklausomai nuo laidininko skerspjūvio mm ²	
		6	
		I _E , A	(I _E / I _G) · 100%
10	0,234	0,28	2,80
12	0,284	0,35	2,92
14	0,319	0,39	2,79
16	0,369	0,46	2,88
18	0,420	0,52	2,89
20	0,481	0,60	3,00
22	0,539	0,67	3,05
24	0,587	0,73	3,04
26	0,627	0,78	3,00
28	0,677	0,84	3,00
30	0,730	0,90	3,00
32	0,778	0,96	3,00
34	0,828	1,02	3,00
36	0,870	1,06	2,94
38	0,923	1,13	2,97
40	0,985	1,20	3,00
45	1,170	1,42	3,16
50	1,371	1,65	3,30
80	1,810	2,13	2,66



7.6 pav. Ekranu srovės charakteristikos. Bandomojo laidininko skerspjūvis $6,0 \text{ mm}^2$
 Bandomojo laidininko indukuota srovė neperžengia 3,3% gysloje esančios srovės ribos.



Schema bandymui Nr.2

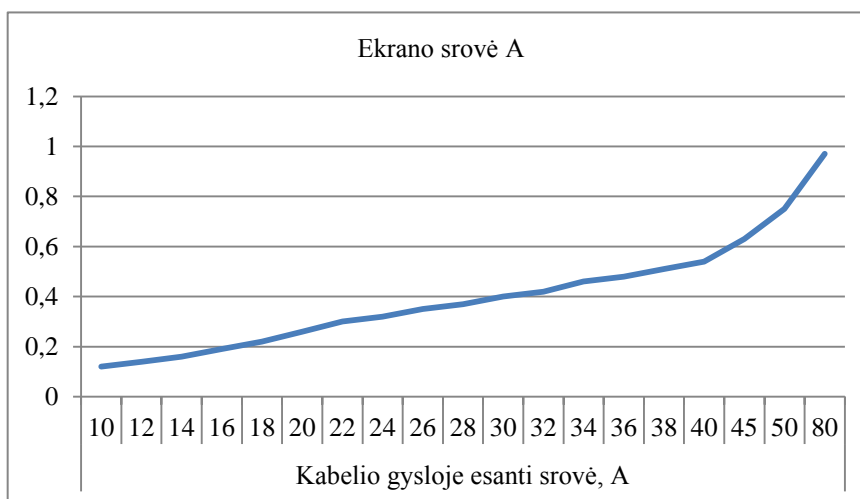
7.7 pav. 2 - ojo bandymo schema

Antru bandymu buvo matuojama ekranu srovė, panaudojant ekranui daugiagyslį varinį 16 mm^2 skerspjūvio laidininką, priartinant prie kabelio ekranu skerspjūvio.

7.5 lentelė. 2-ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 16 mm^2

Gyslos srovė I_G , A	Įtampa V,	Ekranu srovė priklausomai nuo laidininko skerspjūvio mm^2	
		16	
		I_E , A	$(I_E / I_G) \cdot 100\%$
10	0,218	0,12	1,20
12	0,259	0,14	1,17
14	0,297	0,16	1,14
16	0,352	0,19	1,19
18	0,397	0,22	1,22
20	0,454	0,26	1,30
22	0,513	0,30	1,36

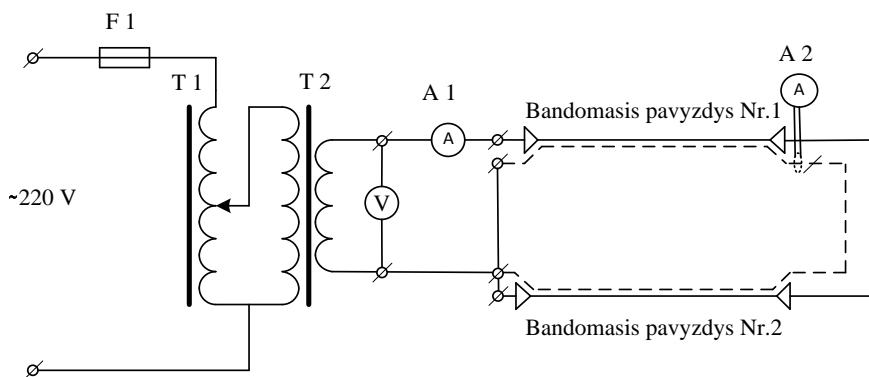
24	0,555	0,32	1,33
26	0,596	0,35	1,35
28	0,642	0,37	1,32
30	0,695	0,40	1,33
32	0,740	0,42	1,31
34	0,788	0,46	1,35
36	0,830	0,48	1,33
38	0,887	0,51	1,34
40	0,937	0,54	1,35
45	1,097	0,63	1,40
50	1,325	0,75	1,50
80	1,726	0,97	1,21



7.8 pav. Ekranu srovės charakteristikos. Laidininko skerspjūvis 16 mm²

Ekranu indukuota srovė neperžengia 1,5 % gyslos srovės ribos.

Trečiu bandymu buvo matuojama ekranu srovė, panaudojant ekranui daugiagyslį varinį 32 mm² skerspjūvio laidininką, priartinant jį prie kabelio ekranu skerspjūvio. Matavimui buvo panaudoti du kabeliai po 3,36 m (DRYREX AHXCMK-W TT 12 kV 1x120/16).

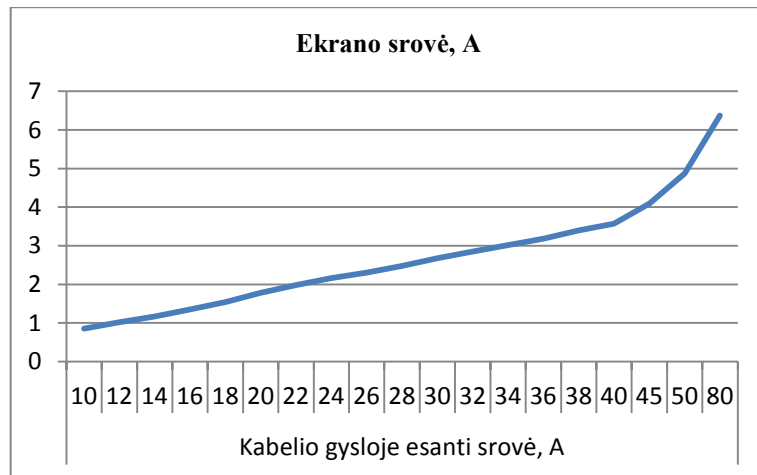


Schema bandymui Nr.3

7.9 pav. 3-ojo bandymo schema

7.6 lentelė. 3- ojo bandymo rezultatai. Varinis laidininkas - 32 mm²

Gyslos srovė I_G , A	Įtampa V,	Ekranu srovė priklausomai nuo laidininko skerspjūvio mm ²	
		32	
		I_E , A	$(I_E / I_G) \cdot 100\%$
10	0,250	0,85	8,50
12	0,302	1,02	8,50
14	0,350	1,17	8,36
16	0,403	1,35	8,44
18	0,455	1,54	8,56
20	0,526	1,78	8,90
22	0,588	1,98	9,00
24	0,641	2,16	9,00
26	0,683	2,30	8,85
28	0,740	2,48	8,86
30	0,803	2,68	8,93
32	0,858	2,85	8,91
34	0,912	3,02	8,88
36	0,962	3,18	8,83
38	1,034	3,40	8,95
40	1,093	3,57	8,93
45	1,260	4,09	9,09
50	1,510	4,87	9,74
80	2,009	6,37	7,96



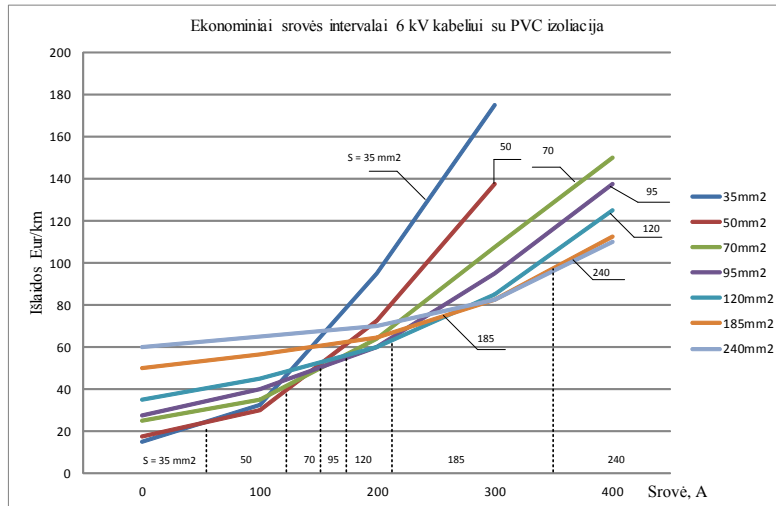
7.10 pav. Ekranų srovė - laidininko skerspjūvis 32 mm²

Trečiu bandymu ekranų indukuota srovė neperžengia 9,74 % gyslos srovės ribos.

Tyrimo išvados:

1. Tyrimo metu nustatyta, kad kabelio ekrane atsiranda indukuotos įtampos abiejose kabelio ekranų galuose.
2. Indukuotos ekranų įtampos dydis priklauso nuo ekranų skerspjūvio ir kabelio gysloje tekančios srovės.
3. Indukuotos įtampos atsiradimas kabelio ekrane bei jo priklausomybė nuo ekranų skerspjūvio ir kabelio gysloje tekančios srovės reikalauja atidžiai parinkti kabelį su optimaliu kabelio ekranų skerspjūviu.

8. EKONOMIŠKO LAIDININKO SKERSPJŪVIO PARINKIMAS



8.1 pav. Ekonominiai srovės intervalai 6 kV kabeliui su PVC izoliacija

Kabelio skerspjūvis parenkamas minimizuojant statybos kaštus ir skaičiuojant energijos perdavimo nuostolius per tam tikrą jo eksploatacijos laiką. Naudojant diskontavimo išlaidų metodiką gauname:

$$BS = K + \sum_{t=t_0}^{T_p} E \cdot (1 + D)^{-t} \rightarrow \min ; \quad (8.1)$$

kur BS- bendros sąnaudos Eur;

E - eksploatacinės išlaidos Eur;

T_p – laikotarpis (metai) per kurį įgyvendinamas projektas;

t_0 - įvedimo metai į eksploataciją nuo projektavimo pradžios;

D – diskonto norma.

Šis skaičiavimo metodas nelabai skiriasi nuo ankstesnių, bet pagrindinis skirtumas yra tame, kad nėra normatyvinio ekonominio efektyvumo rodiklio, atsipirkimo laiko, taip pat eksploatacinių išlaidų. Skaičiuojant kapitalinius investavimo įdeėjimus į elektros perdavimo liniją yra modeliuojama tiesine funkcija, turinčias dvi reikšmes, nepriklausomas nuo skerspjūvio ir proporcingas skerspjūviui.

$$K = bL + aSL = (b+aS)L, \quad (8.2)$$

K – kapitaliniai įdeėjimai;

L – ilgis km;

b - koeficientas t. EUR/km;

a – kapitalinių įdėjimo dalis, proporcinga laido skerspjūviui t. EUR/km· mm²;

S - laido skerspjūvis (kabelio), mm².

Vieno ar dviejų kabelių klojimas neįtakoja statybos kainos. Eksploatacijos kainą sudaro techninis aptarnavimas ir remontas, o taip pat ir elektros energijos nuostoliai. Elektros energijos nuostolius τ galima rasti, žinant metinę maksimumo išnaudojimo trukmę:

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \text{ val.} \quad (8.3)$$

Optimalų laidininko skerspjūvį pagal mažiausias statybos sąnaudas galima gauti diferencijuojant (1) išraišką. Išsprendus lygybę $D BS/D S = 0$;

Ekonomiškiausias laidininko skerspjūvio plotas apskaičiuojamas:

$$F_{ek} = \sqrt{\frac{3\rho \cdot 10^{-4} \sum_{t=t_0}^{T_p} \tau \cdot I_{sk}^2 \cdot \beta \cdot (1+E)^{-t}}{a \cdot (1 + \sum_{t=t_0}^{T_p} a_{i\check{s}} \cdot (1+E)^{-t})}}, \text{ mm}^2; \quad (8.4)$$

I_{sk} – skaičiuojamoji srovės apkrova, A;

ρ – lyginamoji laidininko varža, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;

β – elektros energijos nuostolių kaina Eur/kWh; β priimam , kad nuostoliai gali kainuoti 0,025; 0,0375 ir 0,5 Eur/kWh;

$a_{i\check{s}}$ – koeficientas einamajam remontui; $a_{i\check{s}} = 0$;

T_p – 10 metų; t_0 – 1 metai (statybos laikotarpis – 1 metai).

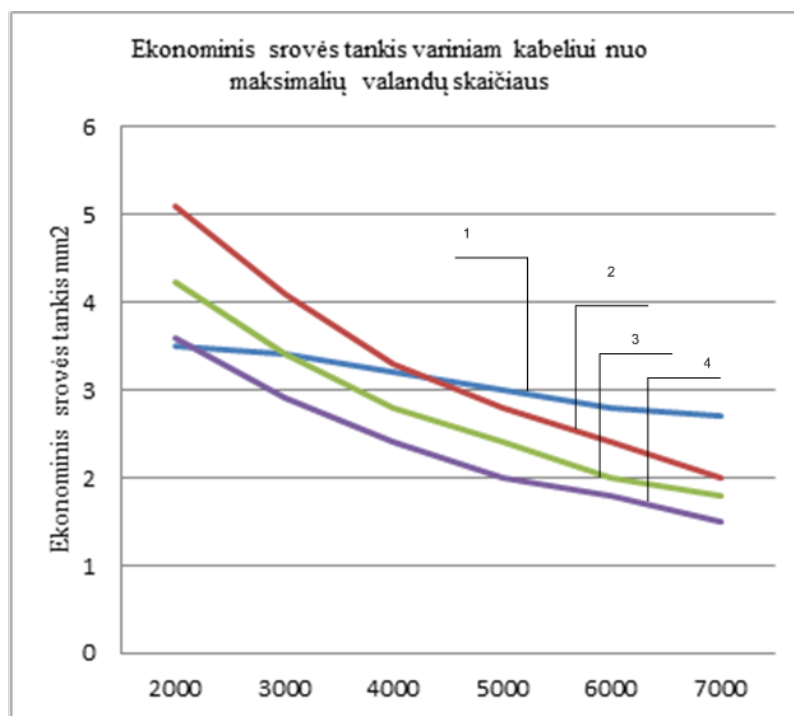
$$j_{ek} = \frac{I_{sk}}{F_{ek}} = \sqrt{\frac{a \cdot (1 + \sum_{t=t_0}^{T_p} a_{i\check{s}} \cdot (1+E)^{-t})}{3\rho \cdot 10^{-4} \sum_{t=t_0}^{T_p} \tau \cdot \beta \cdot (1+E)^{-t}}}; \quad (8.5)$$

8.1 lentelė . Ekonomiškasis srovės tankis, kai $\beta = 0,0375$ Eur/kWh.

Kabelio izoliacija	Ekonomiško srovės tankio nustatymas	Ekonomiškas srovės tankis					
		Varis			Aliuminis		
		Esant maksimalios apkrovos trukmei, val.					
		1000 - 3000	3000 - 5000	>5000	1000 - 3000	3000 - 5000	>5000
Guminė ir plastikinė izoliacija	Pagal EIT	3,5	3,1	2,7	1,9	1,7	1,6

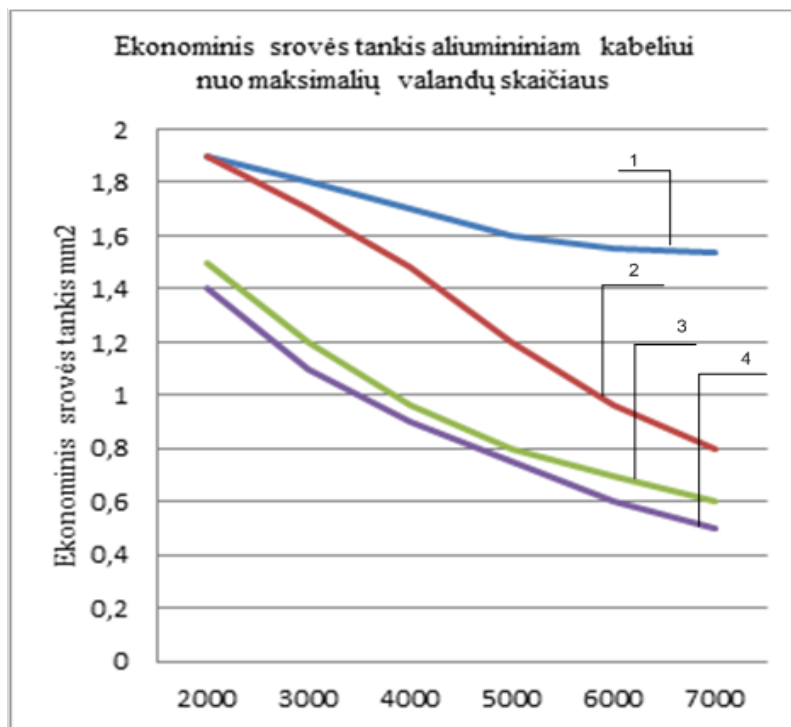
Polivinilchloridinė (PVC)	Skaičiuojant (0,66 kV)	4,04	2,5	1,61	1,46	0,9	0,58
	Skaičiuojant (1 kV)	4,22	2,61	1,68	1,39	0,86	0,55
	Skaičiuojant (6 kV)	4,01	2,48	1,6	1,47	0,91	0,59
Plastikinė izoliacija	Skaičiuojant (1 kV)	3,98	2,46	1,59	1,38	0,85	0,55
	Skaičiuojant (6 kV)	4,7	2,9	1,87	1,79	1,11	0,71
Vidutinė skaičiuojamoji ekonomiškio tankio nustatymo reikšmė		4,22	2,61	1,68	1,5	0,93	0,60
Dispersija		0,08	0,03	0,01	0,03	0,01	0,003

Nubrėšime variniam kabeliui kreives 8.2 pav..

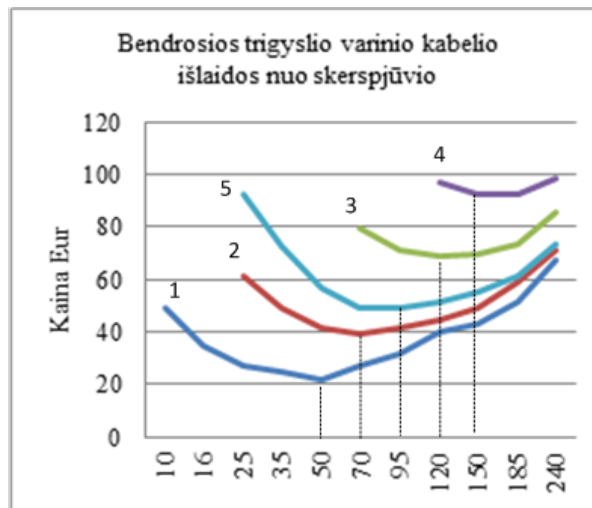


8.2 pav. Ekonominis srovės tankis variniam kabeliui nuo maksimalių valandų skaičiaus. 1- ekonominis srovės tankis pagal EIT; 2 - ekonominis srovės tankis, kai elektros energijos kaina 0,025 Eur.; 3 - ekonominis srovės tankis, kai elektros energijos kaina 0,0375 Eur.; 4 - ekonominis srovės tankis, kai elektros energijos kaina 0,05 Eur.

Nubrėšime aliumininiam kabeliui kreives 8.3 pav..



8.3 pav. Ekonominis srovės tankis aliumininiam kabeliui priklausomai nuo maksimalių valandų skaičiaus: 1- ekonominis srovės tankis pagal EJT; 2 - ekonominis srovės tankis, kai elektros energijos kaina 0,025 Eur.; 3 - ekonominis srovės tankis, kai elektros energijos kaina 0,0375 Eur.; 4 - ekonominis srovės tankis, kai elektros energijos kaina 0,05 Eur.



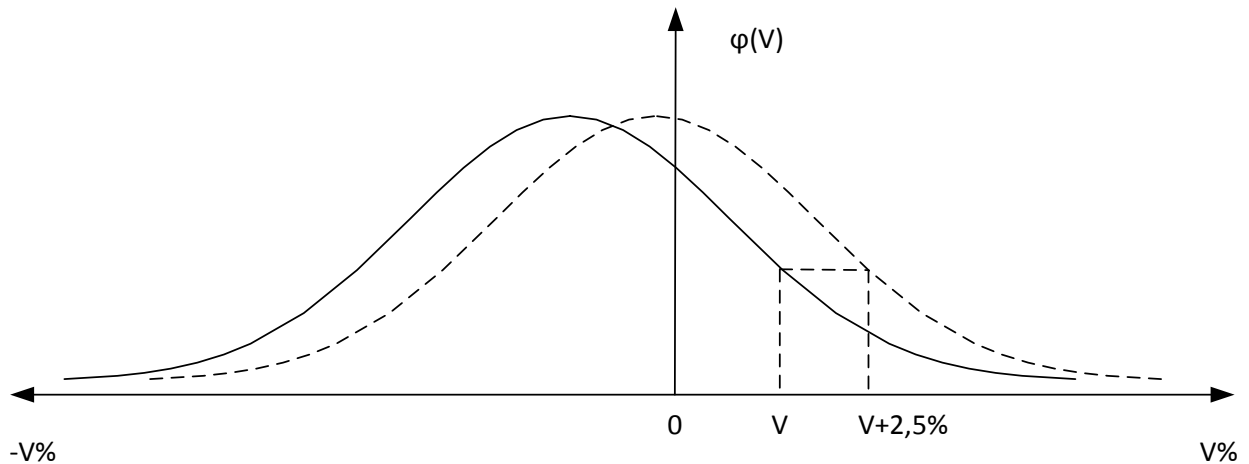
8.4 pav. Bendrosios trigyslio varinio kabelio išlaidos priklausomai nuo kabelio gyslos skerspjūvio ir kabelio gysloje tekančios srovės dydžio : 1- 75A; 2 -125A; 3- 225A; 4-300A; 5- 125A (esant elektros energijos kainos didėjimui kasmet 10%)

Skaičiavimai rodo, kad, didėjant elektros energijos kainai, kabelio skerspjūvio efektyvumas greičiau didėja negu mažėjančios išlaidos nuostoliams padengti, 8.4 pav. 2;3;5 kreivės. Vertinant elektros energijos kainos didėjimą, galime daryti išvadą, kad labiau optimalus yra didesnio skerspjūvio kabelis, 8.4 pav. 2;5 kreivės. Brangiems XLPE kabeliams su PE izoliacija optimalus variantas yra kabelio skerspjūvį parinkti pagal ilgalaikės gyslos darbinę srovę. Kabeliai su XLPE (radialinė polietileninė arba vulkanizuoto polietileno) izoliacija iki 1 kV turi pirmiausiai pakeisti kabelius su PVC izoliacija ir kabelius su popierine izoliacija, kadangi turi eilę privalumų:

- labiau patikimi eksploatuojant;
- mažesnės sąnaudos rekonstruojant kabelio linijas bei pigesnis linijų išlaikymas;
- didesnis gyslos pralaidumas esant leidžiamai ilgalaikiai laidininko išilimo temperatūrai (90°C vietoj 70°C) ir esant apkrovai (130°C vietoj 80°C);
- maksimali kabelio temperatūra, esant trumpajam jungimui (5 s), + 250°C vietoj + 80°C;
- didelė kabelio izoliacijos varža, esant gyslos darbinei temperatūrai, 50 vietoj 0,005 MΩ/km;
- mažas vandens įgeriamumas;
- didelis mechaninis atsparumas kabelio izoliacijos įtrūkimams bei cheminiam poveikiui.

9. ATSITIKTINIO ĮTAMPOS KRITIMO DYDŽIO ĮTAKA ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMUI

Atsitiktinis dydis $V = (U - U_{nom})$ yra elektros tinklo įtampos kritimas vartotojams, kai vartotojai elektros energiją gauna per kabelinę liniją iš tinklinio transformatoriaus, ir jis turi savo tankio paskirstymo grafiką (9.1.1 pav.). Kaip pasikeis grafikas jeigu: 1) pakeltume įtampą 2,5%. 2) sumažintume įtampą 2,5%.



9.1 pav. Tankio paskirstymo grafikas

Tankio tikimybės grafikas padidėjus įtampai pasislinks 2,5% į dešinę ir įgaus naują reikšmę $V+2,5\%$. Paskirstymo tankis liks toks pats $\varphi(V) = \frac{dF(V)}{dV}$. Paskirstymo tankio grafikas yra pavaizduotas 9.1.1 pav. punktyrine linija. Tikimybės tankio grafikas, sumažėjus įtampai, pasislinks 2,5% į kairę, kadangi nuo visų įtampų nukrypimų atimsime 2,5%.

Reikia nustatyti, kaip pasikeis atsitiktinio dydžio charakteristikos $V = (U - U_{nom})$ – matematinis lūkestis; dispersija; standartinis nuokrypis; antras pradinis momentas (nevienodumas).

Pirmu atveju matematinis lūkestis padidėja 2,5%, antru sumažėja 2,5%. Dispersija ir standartinis nuokrypis nepasikeičia nei pirmu, nei antru atveju. Antrą pradinį momentą (nevienodumą) galima išreikšti matematiniu lūkesčiu ir dispersija:

$$\alpha_2(V) = \int_{-\infty}^{\infty} V^2 \varphi(V) dV = \int_{-\infty}^{\infty} \{[V - M(V)] + M(V)\}^2 \varphi(V) dV = \int_{-\infty}^{\infty} [V - M(V)]^2 \varphi(V) dV + 2 \int_{-\infty}^{\infty} [V - M(V)] M(V) \varphi(V) dV + \int_{-\infty}^{\infty} [M(V)]^2 \varphi(V) dV.$$

Panaudojant dispersijos nustatymą ir tankio tikimybių savybes, gauname:

$$\alpha_2(V) = D(V) + [M(V)]^2. \quad (9.1)$$

Pirmu atveju įtampos nevienodumas pasikeis dydžiu (%)²:

$$[M(V) + 2,5]^2 - [M(V)]^2 = 2,5^2 + 2 \cdot 2,5M(V) - [M(V)]^2 = 6,25 + 5M(V).$$

Antru atveju įtampos nevienodumas pasikeis dydžiu (%)²:

$$[M(V) - 2,5]^2 - [M(V)]^2 = 2,5^2 - 2 \cdot 2,5M(V) = 6,25 - 5M(V).$$

Atsitiktinis įtampos nukrypimas V elektros vartotojams paklūsta normaliam paskirstymo dėsniai su parametrais $M(V) = 0,5\%$ ir $\sigma_x = 2\%$ su tankio paskirstymu:

$$\varphi(V) = \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[V-M(V)]^2}{2\sigma^2 V}}. \quad (9.2)$$

Norime nustatyti atsitiktinio dydžio V pataikymo tikimybę į duotas ribas : $[1; 1,5]\%$, $[5; 6]\%$.

Sprendimas:

$$P(v_1 \leq V < v_2) = P(1 \leq V < 1,5) = \frac{1}{\sigma_V \sqrt{2\pi}} \int_{v_1}^{v_2} e^{-\frac{[V-M(V)]^2}{2\sigma^2 V}} dV = \frac{1}{2} f \left[\frac{v_2 - m_V}{\sigma_V} \right] - \frac{1}{2} f \left[\frac{v_1 - M(V)}{\sigma_V} \right] = \frac{1}{2} \left[f \left(\frac{1,5 - 0,5}{2} \right) - f \left(\frac{1 - 0,5}{2} \right) \right] = \frac{1}{2} [0,3829 - 0,1974] = 0,09275,$$

čia $F(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ Laplaso funkcija.

Pataikymo tikimybė į $[5; 6]$ intervalą skaičiuojama vienodai ir yra lygi $P(5 \leq V < 6) = 0,0091$.

10. ATSITIKTINIO APKROVOS DYDŽIO KITIMO ĮTAKA ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMUI

Atsitiktinis apkrovos dydis I magistraliniame kabelyje paklūsta normaliam paskirstymo dėsnui su reikšmėmis $M(I) = 200A$ ir $\sigma_I = 50 A$. Norime nustatyti tikimybę, kad kabelio apkrova viršys $I_1 = 350A$, $I_2 = 300A$, $I_3 = 250A$.

Tikimybę, kad apkrova viršys I_1 reikšmę, apibūdinsime kaip įvykį, priešingą I reikšmės patekimo į intervalą $[-\infty, I_1]$ įvykiui. Akivaizdu, kad patekimo į intervalą $[0, I_1]$ tikimybė yra beveik tokia pati kaip patekimo į intervalą $[-\infty, I_1]$ tikimybė ir yra labai maža:

$$P(-\infty \leq I < 0) = \frac{1}{2} f \left[\frac{0 - M(I)}{\sigma_I} \right] - \frac{1}{2} f \left[\frac{-\infty - M(I)}{\sigma_I} \right] = \frac{1}{2} f(-4) - \frac{1}{2} f(-\infty) \approx 0,000005;$$

Nuokrypis nuo matematinio vidurkio yra labai mažas, todėl jį galima atmesti.

$$P(I > I_1) = [1 - F(I_1)] = 1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} F \left[\frac{I_1 - M(I)}{\sigma_I} \right] = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} F \left(\frac{350 - 200}{50} \right) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} F(3) = \frac{1}{2} - \left(\frac{1}{2} \cdot 0,9973 \right) = 0,00135.$$

Lygiai taip nustatomos kitos srovės tikimybės reikšmės: $P(I > I_2) = 0,02275$, $P(I > I_3) = 0,15865$.

11. ĮTAMPOS KRITIMO TIKIMYBĖS DAŽNIO ĮTAKA ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMUI

Įtampos kritimas vartotojams kinta ribose $V = (1 - 5) \% U_{nom}$. Įtampos kritimo tikimybės dažnis $V = (U - U_{nom})$ kinta pagal paskirstymo dėsnį:

$$\varphi(V) = \begin{cases} kV \text{ prie } 1\% \leq V < 5\% \\ 0 \text{ prie } V > 5\%, V < 1\%. \end{cases}$$

Nustatykime matematinę tikimybės nukrypimo vidurkį nuo minimalaus, vidutinio ir kvadratinio. Numatyti įtampos reguliavimo būdą. Kiek kartų sumažės nuostoliai, jei bus parinktas teisingas

reguliavimo būdas, esant įtampos reguliavimui $\pm 2 \times 2,5\%$. Nuostolius skaičiuoti proporcingai įtampos kritimo vidurkiui nuo minimalios įtampos.

$$\int_1^5 kV dV = 1;$$

$$k \int_1^5 V dV = k \frac{V^2}{2} \Big|_1^5 = k \left(\frac{25}{2} - \frac{1}{2} \right) = 12k = 1;$$

$$k = \frac{1}{12} = 0,0833.$$

Vidutinis įtampos matematinis kvadratinis nuokrypis nuo minimalaus %.

$$M(V^2) = \int_1^5 V^2 kV dV = 0,0833 \frac{V^3}{3} \Big|_1^5 = 13,1\%.$$

Laukiamas įtampos matematinis nuokrypis nuo minimalaus %:

$$M(V) = \int_1^5 V kV dV = 0,0833 \frac{V^2}{2} \Big|_1^5 = 3,45\%.$$

Dispersija ir kvadratinis nuokrypis:

$$D(V) = M(V^2) - [M(V)]^2 = 13,1 - 3,45^2 = 1,2(\%)^2;$$

$$\sigma_x = \sqrt{1,2} \approx 1,1\%.$$

Gavome didelį matematinį nuokrypį nuo laukiamo. Reikia keisti įtampos reguliavimą su atšaku perjungikliu ant transformatoriaus, keičiam pakopos reguliavimą 2,5%.

$$M(V_1) = 3,45 - 2,5 = 0,95\%;$$

$$M(V_1) = 0,95^2 + 1,1^2 = 2,11(\%)^2.$$

Nuostoliai, tiesiogiai priklausantys laukiamam matematiniam vidurkiui, sumažėja $\frac{13,1}{2,11} = 6,22$ karto.

12. ĮTAMPOS NUOKRYPIO DAŽNUMO ĮTAKA ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMUI

Įtampos nukrypio $V = (U - U_{nom})$ pas vartotoją ribos keičiasi $[(-6)\%; (+7)\%]$. Matematinis nukrypis nuo laukiamo $M(V) = 2\%$. Įtampos nuokrypio dažnumas kinta pagal paskirstymo dėsnį:

$$\varphi(V) = \begin{cases} \frac{kV+b}{o} & \text{prie } -6\% \leq V < +7\%, \text{ k ir b = const;} \\ 0 & \text{prie } -6\% > V > 7\%. \end{cases} \quad (12.1)$$

Nustatykite laukiamų atjungimų kvadratinį vidurkį nuo minimalaus kvadratinio vidurkio bei vidurinio. Numatykite įtampos reguliavimo būdą.

Iš lygčių sistemos nustatome koeficientus k ir b:

$$\begin{cases} \int_{-6}^7 (kV + b)dV = 1 \\ \int_{-6}^7 V(kV + b)dV = 2 \end{cases}; \quad (12.2)$$

Apskaičiuojame integralus:

$$1) \int_{-6}^7 (kV + b)dV = 1, \frac{k(49-36)}{2} + b(7 + 6) = 1 \text{ arba } 6,5k + 13b = 1;$$

$$2) \int_{-6}^7 (kV + b)VdV = 2, \frac{k(343+216)}{3} + \frac{(49-36)}{2}b = 2 \text{ arba } 186k + 6,5b = 2.$$

Gauname lygčių sistemą:

$$\begin{cases} 6,5k + 13b = 1 \\ 186k + 6,5b = 2 \end{cases};$$

Gaunam $k = 0,0082$, $b = 0,0728$.

Atjungimų dažnis aprašomas su funkcija:

$$\varphi(V) = 0,0082V + 0,0728;$$

Įtampos nuokrypio nuo nominalaus matematinis lūkestis yra:

$$M(V^2) = \int_{-6}^7 V^2 \varphi(V)dV = \int_{-6}^7 V^2 (0,0082V + 0,0728)dV = 0,0082 \cdot 280 + 0,0728 \cdot 186 = 2,296 + 13,5408 = 15,8368(\%)^2;$$

- Įtampos nevienodumas.
 - Dispersija ir kvadratinis vidurkis nuo vidurinio.
- $$D(V) = M(V^2) - [M(V)]^2 = 15,9 - 4 = 11,9(\%)^2.$$

$$\sigma_V = \sqrt{11,9} = 3,45\%.$$

Šiuo atveju matematinis įtampos nuokrypio nuo nominalaus lūkestis yra didelis, todėl įtampą geriau reguliuoti ne su atšakų perjungikliu ant transformatoriaus, o reguliuojant įtampos šaltinį. Perjungus atšakų perjungiklį ant transformatoriaus galime nuostolius sumažinti 2,5%:

$$15,9/(11,9 + 0,5^2) = 1,287 \text{ karto.}$$

13. ELEKTROS KABELIO APKROVOS ATSITIKTINIO TANKIO PASKIRSTYMO ĮTAKA ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMUI

Nuo 6 kV elektros tiekimo linijos maitinasi du sinchroniniai varikliai, kurių galia yra 1000 kW. Tikimybė, kad dirba vienas variklis yra $\rho_1 = 0,7$; du varikliai $\rho_2 = 0,3$. Variklių galios koeficientas vienodas. Atsitiktinis dydis S (linijos apkrova) pastovi, jos sąlyginis pasiskirstymas prie veikiančių variklių $N = n_i$ ($i=1, 2$, t.y. $n_1 = 1, n_2 = 2$) yra normalus paskirstymo matematinis lūkestis $M(S_i)$ ir kvadratinio vidurkio nukrypimas σ_{s_i} , kai

$$M(S_1) = 500 \text{ kVA}; \sigma_{s_1} = 200 \text{ kVA};$$

$$M(S_2) = 1100 \text{ kVA}; \sigma_{s_2} = 200 \text{ kVA};$$

Reikia rasti elektros tiekimo linijos apkrovos atsitiktinio dydžio paskirstymo tankį $\varphi(s)$ ir tikimybę, kad elektros perdavimo linijos apkrova neviršys $s_p = 1500 \text{ kVA}$.

Bendroji funkcija, paskirstanti dirbančius variklius N ir elektros perdavimo linijos apkrovos lygi:

$$F(n_1s) = P(N < n) P(N < n) P(S < s/N < n).$$

$$\text{Jeigu } n < n_1 = 0, \text{ tai } P(N \leq n) = 0 \text{ ir } F(ns) = 0.$$

$$\text{Jeigu } n = n_1 = 1, \text{ tai } P(N < n) = p_1 = 0,7.$$

$$\text{Ir } F(n, s) = \rho_1 P(S < s/N = n_1) = \rho_1 \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi \left[\frac{s-M(S_1)}{\sigma_{s_1}} \right] \right\} = 0,7 \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi \left[\frac{s-M(S_1)}{\sigma_{s_1}} \right] \right\} = 0,35 \left\{ 1 + \Phi \left[\frac{s-M(S_1)}{\sigma_{s_1}} \right] \right\}.$$

Prie $N = n_2 = 2$

$$F(ns) = \rho_1 \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi \left[\frac{s-M(S_1)}{\sigma_{s_1}} \right] \right\} + \rho_2 \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi \left[\frac{s-M(S_2)}{\sigma_{s_2}} \right] \right\} = 0,5 + 0,35 \Phi \left[\frac{s-M(S_1)}{\sigma_{s_1}} \right] + 0,15 \Phi \left[\frac{s-M(S_2)}{\sigma_{s_2}} \right].$$

Todėl,

$$F(n, s) = \begin{cases} 0 & \text{prie } < 1, \\ 0,35 \left\{ 1 + \Phi \left[\frac{s-M(S_1)}{\sigma_{s_1}} \right] \right\} & \text{prie } N = 1, \\ 0,5 + 0,35 \Phi \left[\frac{s-M(S_1)}{\sigma_{s_1}} \right] + 0,15 \Phi \left[\frac{s-M(S_2)}{\sigma_{s_2}} \right] & \text{prie } N = 2. \end{cases}$$

Numatant $n = \infty$; t.y. $n > 2$ ir diferencijuojant pagal s , gauname elektros linijos tikimybinį galios paskirstymo tankį:

$$\varphi(s) = \frac{d}{ds} F(\infty, s) = \frac{1}{\sigma_{s1}\sqrt{2\pi}} \times \left[0,7e^{-\frac{[s-M(S_1)]^2}{2\sigma_{s1}^2}} \right] + \frac{1}{\sigma_{s2}\sqrt{2\pi}} \left[0,3e^{-\frac{[s-M(S_2)]^2}{2\sigma_{s1}^2}} \right].$$

Tikimybė, kad linijos aprova neviršija $S_p = 1500$ kVA lygi:

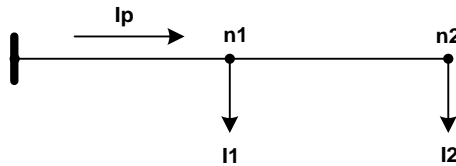
$$F(S_p) = P(S < S_p) = \int_0^{S_p} \varphi(s) ds \approx \int_{-\infty}^{S_p} \varphi(s) ds = \frac{0,7}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{S_p - M(S_1)}{\sigma_{s1}}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz + \frac{0,3}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{S_p - M(S_2)}{\sigma_{s2}}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz =$$

$$0,7 \left\{ 0,5 + 0,5\Phi \left[\frac{S_p - M(S_1)}{\sigma_{s1}} \right] \right\} + 0,3 \left\{ 0,5 + 0,5\Phi \left[\frac{S_p - M(S_2)}{\sigma_{s2}} \right] \right\} = 0,5 + 0,35\Phi(5) + 0,15\Phi(2) = 0,993.$$

$$\Phi(2) = 0,9545 ;$$

$$\Phi(5) = 1;$$

Nepriklausomi atsitiktiniai srovės dydžiai I_1 ir I_2 vartotojų n_1 ir n_2 paklūsta normaliam pasiskirstymui. Apkrovai n_1 žinomas matematinis lūkestis $M(I_1) = 300$ A ir vidutinis galios nuokrypis $\sigma_{I1} = 50$ A. Vidutinis galios nuokrypis n_2 $\sigma_{I2} = 100$ A, o tikimybė to, kad $I_2 > 600$ A, lygi 0,02275.



13.1 pav. Nepriklausomi atsitiktiniai srovės dydžiai $n=2$

Reikia nustatyti pradinės elektros linijos apkrovą, kai viršijimo tikimybė lygi 0,00135.

Pradinės atkarpos apkrova lygi vartotojų atsitiktinių dydžių aproavų sumai n_1 ir n_2 . Sumuojant atsitiktinius apkrovos dydžius taip pat gauname dėsnį. Skaitinės jų reikšmės nustatomos sudedant jų skaičių reikšmes. Šiuo momentu nežinome apkrovos n_2 matematinio lūkesčio. Nustatysime jį, kai $P(I_2 > 600) = 1 - F(600) = 0,02275$:

$$P(I_2 > 600) = 1 - F(600) = 1 - 0,5 - 0,5 \Phi \left[\frac{600 - M(I_2)}{100} \right] = 0,02275, \text{ kur } 0,5 - 0,5 \Phi \left[\frac{600 - M(I_2)}{100} \right] = 0,02275$$

ir

$$\Phi \left[\frac{600 - M(I_2)}{100} \right] = 0,9545,$$

$$\text{t.y. } \Phi^{-1}(0,9545) = \frac{600 - M(I_2)}{100};$$

Čia $\Phi^{-1}(0,9545) = 2$; todėl

$$2 = \frac{600 - M(I_2)}{100};$$

$$M(I_2) = 400 \text{ A}.$$

Pradinės atkarpos paskirstymo apkrova:

$$M(I) = M(I_1) + M(I_2) = 300 + 400 = 700 \text{ A};$$

$$D(I) = D(I_1) + D(I_2) = 2500 + 10000 = 12500 \text{ A}^2;$$

$$\sigma_I = 112 \text{ A}.$$

Skaičiuotina pradinės atkarpos apkrova, kai viršijimo tikimybė lygi 0,00135,

$$P(I > I_p) = 1 - F(I_p) = 0,5 - 0,5 \Phi \left[\frac{I - M(I)}{\sigma_I} \right] = 0,00135;$$

$$\Phi^{-1}(0,9973) = \frac{I_p - 700}{112}; 3 = \frac{I_p - 700}{112}; I_p = 1036 \text{ A}.$$

čia $\Phi^{-1}(0,9973) = 3$;

Vartotojų n 1, 2, 3 apkrovų nepriklausomi atsitiktiniai dydžiai paklūsta normaliam pasiskirstymo dėsniai.

$$M(I_1) = 200 \text{ A}; \quad \sigma_{I1} = 50 \text{ A};$$

$$M(I_2) = 200 \text{ A}; \quad \sigma_{I2} = 100 \text{ A};$$

$$M(I_3) = 200 \text{ A}.$$

Tikimybė apkrovos padidėjimui n3 $I_3 > 300 \text{ A}$ lygi 0,00135.

Nustatykime pradinės elektros linijos apkrovą, kai viršijimo tikimybė lygi 0,0062.



13.2 pav. Nepriklausomi atsitiktiniai srovės dydžiai n=3

Sprendimas. Nustatome skaičiuotiną apkrovos n3 vidutinį kvadratinį nuokrypį:

$$P(I_3 > 300) = 0,5 - 0,5 \Phi \left[\frac{300 - 150}{\sigma_{I3}} \right] = 0,00135;$$

$$\sigma_{I_3} = 50 \text{ A} .$$

Suminė skaitinė apkrovos paskirstymo charakteristika

$$M(I) = \sum_{i=1}^3 M(I_i) = 650 \text{ A};$$

$$D(I) = \sum_{i=1}^3 D(I_i) = 15000 \text{ A}^2; \sigma_I = 123 \text{ A}.$$

Skaičiuotina pradinės atkarpos apkrova

$$P(I > I_p) = 0,5 - 0,5 \Phi \left[\frac{I_p - 650}{123} \right] = 0,0062;$$

$$\Phi^{-3}(0,9876) = 2,5, \text{ todėl}$$

$$\frac{I_p - 650}{123} = 2,5, \quad I_p = 956 \text{ A}.$$

Nustatysime jeigu bendrovėje iš transformatorinės pastoties maitinasi keturi cechai. Apkrovos paskirstymo dydis normalus, atitinkantis reikiamus parametrus:

$$M(S_1) = 1000 \text{ kVA}; \quad \sigma_{S1} = 300 \text{ kVA};$$

$$M(S_2) = 800 \text{ kVA}; \quad \sigma_{S2} = 200 \text{ kVA};$$

$$M(S_3) = 900 \text{ kVA}; \quad \sigma_{S3} = 300 \text{ kVA};$$

$$M(S_4) = 1200 \text{ kVA}; \quad \sigma_{S4} = 400 \text{ kVA};$$

Visų cechų apkrovos koeficientas yra vienodas.

Tarpusavio koreliacijos ryšiai tarp atsitiktinių dydžių (cechų apkrovos) charakterizuojami koreliacijos koeficientais.

$$\|r_{ij}\| = \begin{vmatrix} 1 & 0,3 & 0,6 & -0,4 \\ & 1 & 0,2 & 0,1 \\ & & 1 & 0,6 \\ & & & 1 \end{vmatrix}$$

Sakykim, kad transformatoriaus apkrovos paskirstymo dėsnis irgi normalus, nustatysime jo skaičiuojamąją apkrovą, kai jo viršijimo tikimybė yra 0,0062.

Nustatant transformatoriaus skaičiuotiną apkrovą, apskaičiuojam skaitines reikšmių charakteristikas kaip priklausomas atsitiktinių vektorių apkrovas atskiriems cechams.

$$M(S_\Sigma) = \sum_{i=1}^4 M(S_i) = 3900 \text{ kVA};$$

$$D(S_\Sigma) = \sum_{i=1}^4 D(S_i) + \sum_{i<j} K(S_i S_j) = \sum_{i=1}^4 D(S_i) + \sum_{i<j} \sigma_{S_i} \sigma_{S_j} r_{ij} = 90000 + 40000 + 90000 + 160000 + 2(300 \cdot 200 \cdot 0,3 + 300 \cdot 300 \cdot 0,6 - 300 \cdot 400 \cdot 0,4 + 200 \cdot 300 \cdot 0,2 + 200 \cdot 400 \cdot 0,1 + 300 \cdot 400 \cdot 0,6) = 612000 \text{ kVA}^2;$$

$$\sigma_{S\Sigma} = 782 \text{ kVA.}$$

Transformatoriaus skaičiuotina apkrova, padidėjimo tikimybė 0,0062,

$$P(S > S_p) = 0,5 - 0,5 \Phi \left[\frac{S_p - 3900}{782} \right] = 0,0062;$$

$$\frac{S_p - 3900}{782} = 2,5;$$

$$S_p = 5855 \text{ kVA.}$$

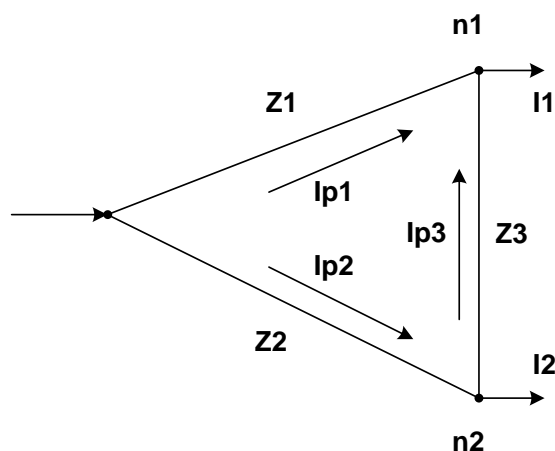
Užduotis. Iš miesto tinklo maitinasi n1 ir n2. Atsitiktinių dydžių galios paskirstymo dėsnis vartotojams yra su standartinėmis parametru vertėmis:

$$M(I_1) = 100 \text{ kVA}; \quad \sigma_{i1} = 30 \text{ A};$$

$$M(I_2) = 75 \text{ A}; \quad \sigma_{i2} = 40 \text{ A};$$

Koreliacijos tarpusavio ryšys tarp galių ir šių vartotojų charakterizuojamas koreliacijos koeficientu 0,6. Tinklas dirba pagal uždara būdą. Varžų santykis tarp šakų $z_1 : z_2 : z_3 = 0,5 : 0,25 : 0,25$.

Reikia nustatyti linijų apkrovas, kai galia viršys 0,00135.



13.3 pav. Elektros maitinimo schema

Operatoriui pervedant galios atsitiktinį mazgų vektorių į atsitiktinį galios šakų vektorių tikslinga būtų naudoti paskirstymo koeficientų matricą, kuri tarpusavyje jungia du vektorius:

$$I_B = C I_y,$$

I_B – šakų apkrovų stulpelis, I_y – mazgų apkrovų stulpelis, C – paskirstymo koeficientų matrica.

Skaičių reikšmė (matematinis lūkestis ir dispersija) – tai santykis, išreikšas formulėmis, skirtiems skaitinėms linijinių funkcijų atsitiktinių dydžių charakteristikoms.

$$M(I_B) = CM(I_y),$$

$$D(I_B) = \|C_{ij}\| D(I_y) + 2\|\sum_{j < k} C_{ij} C_{ik} K(I_j I_k)\|.$$

Pertvarkant arba transformuojant tiesinį atsitiktinį dydį, kuris paklūsta normaliam paskirstymo dėsniai, gaunami tai pat normalūs dėsniai. Matricos koeficientai brėžiniui pav. 3:

$$C = \begin{vmatrix} 0,5 & 0,25 \\ 0,5 & 0,75 \\ 0,5 & -0,25 \end{vmatrix}.$$

Matematinį lūkestį šakų apkrovai randame iš išraiškos:

$$M(I_B) = \begin{vmatrix} 0,5 & 0,25 \\ 0,5 & 0,75 \\ 0,5 & -0,25 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 100 \\ 75 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 68,7 \\ 106,3 \\ 31,3 \end{vmatrix} \text{ A.}$$

Dispersija ir vidutinis kvadratinis nuokrypis:

$$D(I_B) = \begin{vmatrix} 0,5^2 & 0,25^2 \\ 0,5^2 & 0,75^2 \\ 0,5^2 & (-0,25)^2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 900 \\ 1600 \end{vmatrix} + 2 \begin{vmatrix} 0,5 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot 40 \cdot 30 \\ 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,6 \cdot 40 \cdot 30 \\ -0,5 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot 40 \cdot 30 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 520 \\ 1320 \\ 130 \end{vmatrix} \text{ A}^2,$$

$$\sigma_I = \begin{vmatrix} 22,8 \\ 36,3 \\ 11,4 \end{vmatrix} \text{ A.}$$

Skaičiuotinos šakų apkrovos, kai padidėjimo tikimybė lygi 0,00135.

Pirmai šakai:

$$p(I_1 > I_{p1}) = 0,5 - 0,5\Phi\left[\frac{I_{p1} - M(I_1)}{\sigma_1}\right] = 0,00135.$$

Priimant tikimybės integralą gauname:

$$\frac{I_p - 68,7}{22,8} = 3,$$

$$I_{p1} = 68,7 + 3 \cdot 22,8 = 131,1 \text{ A,}$$

$$\text{t.y. } I_{p1} = M(I_B)_1 + 3\sigma_{I_{b1}}.$$

Analogiškai nustatome kitų šakų apkrovas. Gautus rezultatus surašome į matricą:

$$\|I_{psi}\| = M(I_B) + 3\sigma_B = \begin{vmatrix} 68,7 \\ 106,3 \\ 31,3 \end{vmatrix} + 3 \begin{vmatrix} 22,8 \\ 36,3 \\ 11,4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 137,1 \\ 215,3 \\ 65,5 \end{vmatrix} A.$$

IŠVADOS

1. Atliekant skaičiavimus naujai kabelinei linijai įrengti nustatyta, kad laidų skerspjūvių parinkimas priklauso nuo kapitalinių įdėjimų linijoms nutiesti kainos, galios bei energijos nuostolių jose, nuo įtampos kokybės rodiklių, tiekimo patikimumo, linijų eksploatavimo, panaudojimo (darbo) amžiaus.
2. Kabelinių linijų parinkimui rekomenduojamas naudoti techo - ekonominis optimizavimo kriterijus, skerspjūviai turi būti parinkti tokie, kad, nutiesus kabelinę liniją, ją eksploatuoti galėtume su mažiausiomis sąnaudomis, o vartotojams būtų tiekama patikimesnė elektros energija.
3. Tyrimo rezultatai rodo, kad kabelio ekrane atsiranda indukuotos įtampos abiejose kabelio ekrano galuose ir jos dydis priklauso nuo ekrano skerspjūvio ir kabelio gysloje tekančios srovės. Todėl reikia labai atsakingai parinkti kabelį su optimaliu kabelio ekrano skerspjūviu, kuris galėtų mažinti kabelinės linijos nuostolius.
4. Ekonominio pagrindimo išeities taškas yra kabelio kaina, kuri priklauso nuo kabelio skerspjūvio dydžio ir sunaudotų medžiagų jam pagaminti. Atsakingai parinkus optimalaus skerspjūvio kabelį, mažėtų elektros energijos perdavimo nuostoliai.

INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. Alfonsas Bačinskas, Vytautas Janilionis, Arvydas Jokimaitis. Tikimybių teorijos ir statistikos praktikumas. Mokomoji knyga. Leidykla „Technologija“, K. Donelaičio g. 73, LT-3006 Kaunas. Spausdino KTU spaustuvė, Studentų g. 54, LT-3031 Kaunas.
2. Algimantas Aksomaitis. Tikimybių teorija ir statistika. Vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams. Leidykla „Technologija“, K. Donelaičio g. 73, LT-3006 Kaunas. Spausdino UAB „Epaisas“, S. Daukanto g. 27, LT-3000 Kaunas.
3. Bronius Kvedaras. Matricų teorija. Mokymo knyga aukštųjų mokyklų (universitetų) studentams. Leidėjas – Vytauto Didžiojo Universitetas (S. Daukanto 28, Kaunas).
4. Gintas Muliulis. Skirstomųjų elektros tinklų projektavimas. Mokomoji knyga. Šiaulių valstybinė kolegija 2010, 87p.
5. Gytis Svinkūnas. Elektros energetika. Paskaitų konspektas. Kaunas 2008, 86p.
6. Ingrida Balabonienė, Rūta Blikienė, Alina Stundžienė. Ekometrija. Praktinis regresijos ir laiko eilučių modelių taikymas. Mokomoji knyga. Leidykla „Technologija“ Studentų g. 54, 51424 Kaunas. Spausdino leidyklos Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424 Kaunas.
7. Jonas Kazys Sunkloda. Tikimybių teorijos kursas. Vadovėlis. Leido Vilniaus Gedimino technikos universiteto leidykla „Technika“, Saulėtekio al.11, Lt-2040 Vilnius. Spausdino UAB „Sapnų sala“, S. Moniuškos g. 21-10, LT-2004 Vilnius.
8. Stasė Janušauskaitė, Aldona Marciukaitienė, Danutė Prašmantienė, Nijolė Ratkienė. Diferencialinės lygtys ir tikimybių teorija. Mokomoji knyga. Leidykla „Technologija“, K. Donelaičio g. 73, LT-3006 Kaunas.
9. Valentinas Klevas. Energetikos ekonomikos pagrindai. Mokomoji knyga. Leidykla „Technologija“, K. Donelaičio g. 73, LT-3006 Kaunas. Spausdino leidyklos Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424 Kaunas

PRIEDAI.

Eksperimentinio tyrimo nuotraukos:



1 pav. T2 – transformatorius TGL



2 pav. Ampermetras EC72



3 pav. Kabelis DRYREX AHXCMK-W TT 12 kV 1x120/16



4 pav. Atliekami matavimai, laidininkas $6,0 \text{ mm}^2$



5 pav. Atliekami matavimai, laidininkas $16,0 \text{ mm}^2$



5 pav. Atliekami matavimai



6 pav. Atliekami matavimai, trečias bandymas.



6 pav. Bandymo parodymai.

Kabėlių kainos:

Apvalkalas

PE

Gamintojas

Tele-Fonika (Lenkija)

Gyslų skaičius ir skerspjūvis

3 x 120+35 mm²

Izoliacija

XLPE

Izoliacijos spalva

juoda

Laidininkas	1-os ir 2-os klasės aliuminio gyslos
Maks. darbinė temperatūra	90° C
Normatyvai	SFS 5636, HD 620-5F S1, IEC 60502-2
Vardinė įtampa	6/10 kV
Kaina	18,54 €/m

Apvalkalas	PE
Gamintojas	Tele-Fonika (Lenkija)
Gyslų skaičius ir skerspjūvis	3 x 185+35 mm ²
Izoliacija	XLPE
Izoliacijos spalva	juoda
Laidininkas	1-os ir 2-os klasės aliuminio gyslos
Maks. darbinė temperatūra	90° C
Normatyvai	SFS 5636, HD 620-5F S1, IEC 60502-2
Vardinė įtampa	6/10 kV
Kaina	25,52 €/m

Apvalkalas	PE
Gamintojas	Tele-Fonika (Lenkija)
Gyslų skaičius ir skerspjūvis	3 x 240+35 mm ²
Izoliacija	XLPE
Izoliacijos spalva	juoda
Laidininkas	1-os ir 2-os klasės aliuminio gyslos
Maks. darbinė temperatūra	90° C
Normatyvai	SFS 5636, HD 620-5F S1, IEC 60502-2
Vardinė įtampa	6/10 kV
Kaina	25,95 €/m

10 kV KABELIAI POPIERINE IZOLIACIJA, SKIRTI KLOTI ŽEMĖJE TECHNINIAI REIKALAVIMAI

Eil. Nr.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
1.	Standartas	GOST 18410-73
2.	Tipiniai bandymai turi būti atlikti akredituotoje laboratorijoje	Pateikti bandymų protokolų kopijas
3.	Vardinė įtampa	10 kV

4.	Maksimalioji įtampa	12 kV
5.	Vardinis dažnis	50 Hz
6.	Eksploatavimo sąlygos	Žemėje
7.	Aplinkos temperatūra	-35 ... +35°C
8.	Santykinė drėgmė (t = 35°C)	≤ 98 %
9.	Kabelio konstrukcija:	
9.1.	Laidininkų skaičius	3
9.2.	Laidininkas	Sektorinis daugiavielis supresuotas aliuminio laidininkas
9.3.	Laidininkų izoliacija	Popierius impregnuotas alyvoje
9.4.	Bendra izoliacija	Juostinė popierinė izoliacija, dengianti visas gyslas
9.5.	Izoliacijos ekranas	Pusiau laidus popierius
9.6.	Apvalkalas	Aliumininis
9.7.	Paklotas	PE juostos
9.8.	Šarvas	Cinkuotos plieninės juostos
9.9.	Išorinis apvalkalas	Bitume įmirkytas kabelinis audinys
10.	Kabelio gyslų skerspjūviai	Nustatoma užsakant pagal 1 lentelę
11.	Maksimali ilgalaikė kabelio temperatūra	+ 70°C
12.	Maksimali kabelio temperatūra esant trumpajam jungimui (5 s)	+ 165 °C
13.	Žemiausia klojimo temperatūra	+ 5 °C
14.	Kabelio elektrotechniniai parametrai	Nustatoma užsakant pagal 1 lentelę
15.	Minimalus lenkimo spindulys (kai t ≥ 0 °C)	25xD D – išorinis kabelio skersmuo
16.	Tarnavimo laikas	> 40 metų
17.	Garantinis laikas	≥ 24 mėnesiai

10kV kabelių popierine izoliacija techniniai duomenys

Kabelio skerspjūvis, mm ²	Didžiausia aktyvioji varža esant 20°C, Ω/km	Mažiausia ilgalaikė darbo srovė grunte, A	Mažiausia ilgalaikė darbo srovė ore, A	Didžiausia leistina trumpojo jungimo (1 s) srovė laidininke, kA	Didžiausias išorinis skersmuo, mm	Didžiausia masė, kg/km
3x120	0,253	240	185	10,69	55	4400
3x240	0,125	355	270	21,37	67	7100

10 kV suvyti kabeliai plastikine izoliacija ir neizoliuota varine gysla, skirti kloti žemėje ir atvira ore.

techniniai reikalavimai

Eil. Nr.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
1.	Standartas	LST HD 620 arba IEC 60502-2,
2.	Pateikti: <ul style="list-style-type: none"> Nepriklausomos sertifikavimo įstaigos išduotą produkto sertifikatą ir tipinių bandymų protokolą, kurio pagrindu buvo išduotas sertifikatas. Sertifikavimo įstaigai akreditaciją suteikęs biuras turi būti pilnavertis EA narys; Pilnaverčių Europos akreditacijos organizacijos (angl. European co-operation for Accreditation) narių sąrašas: http://www.european-accreditation.org/ea-members	

3.	Vardinė įtampa	10 kV
4.	Maksimalioji įtampa	12 kV
5.	Vardinis dažnis	50 Hz
6.	Eksploatavimo sąlygos	Žemėje ir atvira ore
7.	Aplinkos temperatūra	-35 ... +35°C
8.	Kabelio konstrukcija	
8.1.	Laidininkų skaičius	3
8.2.	Laidininkas	Suvytas, supresuotas apvalus aliuminio laidininkas su išilginiu drėgmės barjeru, pagal LST EN 60228 2 klasę.
8.3.	Laidininko ekranas	Pusiau laidus XLPE
8.4.	Izoliacija	XLPE
8.5.	Izoliacijos ekranas	Pusiau laidus XLPE
8.6.	Išilginis drėgmės blokavimas	Vandenyje brinkstanti pusiau laidų juosta
8.7.	Metalo ekranas	Prie apvalkalo tvirtai prilipinta aliuminio folija, skersiniam vandens barjerui
8.8.	Apvalkalas	Atsparus atmosferos ir UV poveikiui PE
8.9.	Neizoliuotas laidininkas	Suvytas, supresuotas apvalus vario laidininkas, pagal LST EN 60228 2 klasę.
8.10.	Pakavimas (pateikimas)	Suvyti trys viengysliai kabeliai su neizoliuota varine gysla viduryje
10.	Kabelio gyslų skaičius ir skerspjūvio plotas	Nustatomas užsakant pagal 1 lentelę
11.	Maksimali ilgalaikė kabelio laidininkų temperatūra	+ 90 °C
12.	Maksimali kabelio temperatūra esant trumpajam jungimui (5 s)	+ 250 °C
13.	Žemiausia klojimo temperatūra	-20°C
14.	Dielektrinių nuostolių faktorius (tg δ), esant 50 Hz, 95–100 C	< 3x10 ⁻³
15.	Kabelių elektrotechniniai parametrai	Nustatomi užsakant pagal 1 lentelę
16.	Maksimali leistinoji tempimo jėga	Nustatomi užsakant pagal 2 lentelę
17.	Minimalus lenkimo spindulys	≤ 12xD D – išorinis kabelio skersmuo
18.	Tarnavimo laikas	> 40 metų
19.	Garantinis laikas	≥ 24 mėnesiai

Pastabos :

Šio tipo kabeliai naudojami: kabelių linijose tarp 10/0,4 kV transformatorinių, tarp transformatorinių ir 10 kV skirstomųjų punktų. Kabelių linijos klojamos tik žemėje (neesant išvadų į oro linijas, kabelių kolektorių, lovių, kanalų ir pan...).

10 kV SUVYTŲ KABELIŲ PLASTIKINE IZOLIACIJA IR NEIZOLIUOTA VARINE GYSLA, SKIRTŲ KLOTI ŽEMĖJE IR ATVIRAME ORE, ELEKTROTECHNINIAI PARAMETRAI

Kabelio gyslų skaičius ir skerspjūvio plotas, mm ²	Neizoliuotos varinės gyslos skerspjūvio plotas, mm ²	Aktyvioji varža esant 20°C, Ω/km	Trikampė klojimo struktūra				Leistinoji trumpojo jungimo (1 s) srovė laidininke, kA
			Talpa, μF/km	Induktyvumas, mH/km	Leistinoji ilgalaikė gyslos (65°C) darbinė srovė grunte, A***	Leistinoji ilgalaikė gyslos (90°C) darbinė srovė ore, A***	
3x120Al+35Cu	≥35	≤0,253	≤0,32	≤0,37	265	325	11,3
3x240Al+35Cu	≥35	≤0,125	≤0,43	≤0,32	385	510	22,6

*** Ilgalaikės darbinės srovės laidininke nurodytos pagal LST HD 620 S2 10F, kai oro temperatūra +25 °C, grunto +15 °C.

**10 kV SUVYTŲ KABELIŲ PLASTIKINE IZOLIACIJA IR NEIZOLIUOTA VARINE GYSLA
DIDŽIAUSIA LEISTINA TEMPIMO JĖGA**

Kabelio gyslų skaičius ir skerspjūvio plotas, mm ²	Didžiausia leidžiama tempimo jėga, kN	
	Tempiant su tempimo ąsomis	Tempiant su griebtuvais
3x120Al+35Cu	5,4	18,0
3x240Al+35Cu	8,5	20,0

**10 kV TRIGYSLIAI KABELIAI PLASTIKINE IZOLIACIJA, SKIRTI KLOTI ŽEMĖJE IR
ATVIRAME ORE. TECHNINIAI REIKALAVIMAI**

Eil. Nr.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
1.	Standartas	LST HD 620 arba IEC 60502-2;
2.	Pateikti: <ul style="list-style-type: none"> Nepriklausomos sertifikavimo įstaigos išduotą produkto sertifikatą ir tipinių bandymų protokolą, kurio pagrindu buvo išduotas sertifikatas. Sertifikavimo įstaigai akreditaciją suteikęs biuras turi būti pilnavertis EA narys; Pilnaverčių Europos akreditacijos organizacijos (angl. European co-operation for Accreditation) narių sąrašas: http://www.european-accreditation.org/ea-members .	
3.	Vardinė įtampa	10 kV
4.	Maksimalioji įtampa	12 kV
5.	Vardinis dažnis	50 Hz
6.	Eksploatavimo sąlygos	Žemėje ir atvira ore
7.	Aplinkos temperatūra	-35 ... +35°C
8.	Kabelio konstrukcija	
8.1.	Laidininkų skaičius	3
8.2.	Laidininkas	Suvytas, supresuotas apvalus aliuminio laidininkas pagal LST EN 60228 2 klasę su išilginiu drėgmės barjeru
8.3.	Laidininko ekranas	Pusiau laidus XLPE
8.4.	Izoliacija	XLPE
8.5.	Izoliacijos ekranas	Pusiau laidus XLPE
8.6.	Išilginis vandens blokavimas	Drėgmėje brinkstanti pusiau laidus juosta ir drėgmėje brinkstantis užpildas
8.7.	Skersinis drėgmės blokavimas	Persidengianti aliuminio folija pritvirtinta prie išorinio apvalkalo
8.8.	Metalo ekranas	Apvalių varinių vielų, spirališkai užvyniotų ant izoliacijos ekrano
8.9.	Apvalkalas	Atsparus atmosferos bei UV poveikiui PE
9.	Kabelio gyslų skaičius ir skerspjūvio plotas	Nustatoma užsakant iš 1 lentelės
10.	Maksimali ilgalaikė kabelio laidininko temperatūra	+ 90 °C
11.	Maksimali kabelio temperatūra esant trumpajam jungimui (5 s)	+ 250 °C
12.	Žemiausia klojimo temperatūra	-20°C
13.	Dielektrinių nuostolių faktorius (tg δ), esant 50Hz, 95–100 °C	< 0,6x10 ⁻³
14.	Minimalus kabelio lenkimo spindulys	≤ 12xD D – išorinis kabelio skersmuo
15.	Maksimali leistinoji tempimo jėga	Sx30 N/mm ² S – bendras laidininkų skerspjūvio plotas, mm ²

16.	Kabėlių elektrotechniniai parametrai	Nustatomi ūžsakant pagal 1 lentelę
17.	Tarnavimo laikas	> 40 metų
18.	Garantinis laikas	≥ 24 mėnesių

Pastabos:

Šie kabeliai naudojami tiesiant kabelių linijas žemėje, kai bent viena iš galinių movų yra „stulpinė“, taip pat tiesiant kabelių linijas kolektoriuose, tuneliuose, loviuose ir pan.

10 kV TRIGYSLIŲ KABELIŲ SU PLASTIKINE IZOLIACIJA, SKIRTŲ KLOTI ŽEMĖJE IR ATVIRAME ORE, ELEKTROTECHNINIAI PARAMETRAI

Kabelio gyslų skaičius ir skerspjūvio plotas, mm ²	Kabelio ekrano skerspjūvio plotas, mm ²	Aktyvioji varža esant 20 C, Ω/km	Talpa, μF/km	Induktyvumas, mH/km	Leistinoj ilgalaikė gyslos (65°C) darbinė srovė grunte, A***	Leistinoji ilgalaikė gyslos (90°C) darbinė srovė ore, A***	Leistinoji trumpojo jungimo (1 s) srovė laidininke, kA
3x50	≥16	≤0,641	≤0,24	≤0,35	145	160	4,7
3x120	≥16	≤0,253	≤0,33	≤0,30	230	265	11,3
3x240	≥25	≤0,125	≤0,44	≤0,27	340	400	22,6

*** Ilgalaikės darbinės srovės laidininke nurodytos pagal LST HD 620 S2 10F, kai oro temperatūra +25 °C, grunto +15 °C.

10 kV VIENGYSLIAI KABELIAI PLASTIKINE IZOLIACIJA, SKIRTI KLOTI ŽEMĖJE IR ATVIRAME ORE. TECHNINIAI REIKALAVIMAI

Eil. Nr.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
1.	Standartas	LST HD 620 arba IEC 60502-2;
2.	Pateikti: <ul style="list-style-type: none"> Nepriklausomos sertifikavimo įstaigos išduotą produkto sertifikatą ir tipinių bandymų protokolą, kurio pagrindu buvo išduotas sertifikatas. Sertifikavimo įstaigai akreditaciją suteikęs biuras turi būti pilnavertis EA narys; Pilnaverčių Europos akreditacijos organizacijos (angl. European co-operation for Accreditation) narių sąrašas: http://www.european-accreditation.org/ea-members	
3.	Vardinė įtampa	10 kV
4.	Maksimalioji įtampa	12 kV
5.	Vardinis dažnis	50 Hz
6.	Eksplotavimo sąlygos	Žemėje ir atvirame ore
7.	Aplinkos temperatūra	-35°C ... +35°C
8.	Kabelio konstrukcija	
8.1.	Laidininkas	Suvytas, supresuotas apvalus aliuminio laidininkas pagal LST EN 60228 2 klasę su išilginiu drėgmės barjeru
8.2.	Laidininko ekranas	Pusiau laidus XLPE
8.3.	Izoliacija	XLPE
8.4.	Izoliacijos ekranas	Pusiau laidus XLPE

8.5.	Išilginis drėgmės blokas	Vandenyje brinkstanti pusiau laidži juosta
8.6.	Metalo ekranas	Apvalių varinių vielų, spirališkai užvyniotų ant izoliacijos ekrano
8.7.	Skersinis drėgmės blokas	Prie apvalkalo tvirtai prilipinta aliuminio folija
8.8.	Apvalkalas	Atsparus atmosferos ir UV poveikiui PE
8.9.	Kabelio gyslų skerspjūvių plotai	Nustatomi užsakant pagal 1 lentelę
9.	Maksimali ilgalaikė kabelio laidininko temperatūra	+ 90 °C
10.	Maksimali temperatūra esant trumpajam jungimui (5 s)	+ 250 °C
11.	Žemiausia klojimo temperatūra	- 20 °C
12.	Dielektrinių nuostolių faktorius (tg δ), esant 50 Hz, 95–100°C	< 0,6x10 ⁻³
13.	Kabelių elektrotechniniai parametrai	Nustatomi užsakant pagal 1 lentelę
14.	Maksimali leistinoji tempimo jėga	Sx30 N/mm ² S – laidininko skerspjūvio plotas, mm ²
15.	Minimalus kabelio lenkimo spindulys	≤ 15xD D – išorinis kabelio skersmuo
16.	Tarnavimo laikas	> 40 metų
17.	Garantinis laikas	≥ 24 mėnesiai

Pastabos :

Šie kabeliai naudojami kabelių linijose išvadams iš transformatorių pastočių ar 10 kV skirstomųjų punktų į oro linijas, magistralinėse linijose iš transformatorių pastočių į 10 kV skirstomuosius punktus ir tarp 10 kV skirstomųjų punktų.

10 kV VIENGYSLIŲ KABELIŲ PLASTIKINE IZOLIACIJA, SKIRTŲ KLOTI ŽEMĖJE IR ATVIRAME ORE, ELEKTROTECHNINIAI PARAMETRAI

Kabelio gyslų skaičius ir skerspjūvio plotas, mm ²	Kabelio ekrano skerspjūvio plotas, mm ²	Aktyvioji varža esant 20°C, Ω/km	Trikampė klojimo struktūra				Leistinoji trumpo jungimo (1 s) srovė laidininke, kA
			Talpa, μF/km	Induktyvumas, mH/km	Leistinoji ilgalaikė gyslos (+65°C) darbinė srovė grunte***, A	Leistinoji ilgalaikė gyslos (+90°C) darbinė srovė ore***, A	
1x120	≥16	≤0,253	≤0,36	≤0,37	265	325	11,3
1x240	≥25	≤0,125	≤0,43	≤0,32	385	490	22,6
1x500	≥35	≤0,0605	≤0,61	≤0,30	570	775	47,2

*** Ilgalaikės darbinės srovės laidininke nurodytos pagal LST HD 620 S2 10F, kai oro temperatūra +25 °C, grunto +15 °C.

10 kV VIENGYSLIAI KABELIAI PLASTIKINE IZOLIACIJA SKIRTI TIESTI PATALPOSE. TECHNINIAI REIKALAVIMAI

Eil. Nr.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
1.	Standartai	LST HD 620 arba IEC 60502-2
2.	Pateikti: <ul style="list-style-type: none"> Nepriklausomos sertifikavimo įstaigos išduotą produkto sertifikatą ir tipinių bandymų protokolą, kurio pagrindu buvo išduotas sertifikatas. Sertifikavimo įstaigai akreditaciją suteikęs biuras turi būti pilnavertis EA narys; 	

	Pilnaverčių Europos akreditacijos organizacijos (angl. European co-operation for Accreditation) narių sąrašas: http://www.european-accreditation.org/ea-members .	
3.	Vardinė įtampa	10 kV
4.	Maksimalioji įtampa	12 kV
5.	Vardinis dažnis	50 Hz
6.	Eksplotavimo sąlygos	Patalpoje
7.	Aplinkos temperatūra	-35 °C ... +35 °C
8.	Kabelio konstrukcija	
8.1.	Laidininkas	Suvytas supresuotas apvalus aliuminio laidininkas, pagal LST EN 60228 2 klasę
8.2.	Laidininko ekranas	Pusiau laidus XLPE
8.3.	Izoliacija	XLPE
8.4.	Izoliacijos ekranas	Pusiau laidus XLPE
8.5.	Metalo ekranas	Apvalių varinių vielų, spirališkai užvyniotų ant izoliacijos ekrano
8.6.	Apvalkalas	PVC
9.	Drėgmės blokvimas	Be drėgmės barjerų
10.	Kabelio gyslų skaičius ir skerspjūvio plotas	Nustatomi užsakant iš 1 lentelės
11.	Maksimali ilgalaikė kabelio laidininkų temperatūra	+90 °C
12.	Maksimali kabelio temperatūra esant trumpajam jungimui (5 s)	+250 °C
13.	Žemiausia klojimo temperatūra	-5 °C
15.	Dielektrinių nuostolių faktorius (tg δ), esant 50 Hz, nuo 95–100 °C	< 0,6x10 ⁻³
16.	Kabelių elektrotechniniai parametrai	Nustatomi užsakant pagal 1 lentelę
17.	Maksimali leistinoji tempimo jėga	≥ Sx30 N/mm ² S – laidininko skerspjūvio plotas, mm ²
18.	Minimalus kabelio lenkimo spindulys	≤ 15xD D – išorinis kabelio skersmuo
19.	Tarnavimo laikas	> 40 metų
20.	Garantinis laikas	≥ 24 mėnesiai

Pastabos : Šie kabeliai naudojami kabelių linijose, kurios montuojamos patalpose.

10 kV VIENGYSLIŲ KABELIŲ PLASTIKINE IZOLIACIJA, SKIRTŲ TIESTI PATALPOSE, ELEKTROTECHNINIAI PARAMETRAI

Kabelio gyslų skaičius ir skerspjūvio plotas, mm ²	Kabelio ekrano skerspjūvio plotas, mm ²	Aktyvioji varža esant 20 °C, Ω/km	Talpa, μF/km	Induktyvumas, mH/km	Leistinoji ilgalaikė (90 °C) gyslos darbinė srovė ore, (trikampė klojimo struktūra), A***	Leistinoji trumpojo jungimo (1 s) srovė laidininke, kA
1x120	≥16	≤0,253	≤0,35	≤0,38	325	11,3
1x240	≥25	≤0,125	≤0,46	≤0,34	490	22,6
1x500	≥35	≤0,0605	≤0,62	≤0,31	775	47,2

*** Ilgalaikės darbinės srovės laidininke nurodytos pagal LST HD 620 S2 10F, kai oro temperatūra +25 °C.

IKI 1000 V ALIUMININIAI DAUGIAVIELIAI IR VIENAVIELIAI LAIDAI. TECHNINIAI REIKALAVIMAI

Eil. Nr.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
1.	Standartai	LST EN 50525-2-31 arba GOST 6323-79
2.	Tipiniai bandymai turi būti atlikti akredituotoje laboratorijoje	Pateikti bandymų protokolų kopijas
3.	Vardinė įtampa U_0/U	$\geq 450/750$ V
4.	Vardinis dažnis	50 Hz
5.	Bandymo įtampa	≥ 2500 V, 50 Hz, 5 min.
6.	Eksploatavimo sąlygos	Uždaroje patalpoje, lauke
7.	Aplinkos temperatūra	-35 °C ... +35 °C
8.	Laidininkas	Nurodoma užsakant: – apvalus daugiavielis suvytas aliuminis; – apvalus monolitinis aliuminis.
9.	Laidininko izoliacija	PVC
10.	Spalvinis žymėjimas	Nurodoma užsakant: – balta; – juoda.
11.	Maksimali ilgalaikė laidininko temperatūra	+70 °C
12.	Maksimali laidininko temperatūra esant trumpajam jungimui (5 s)	+160 °C
13.	Žemiausia montavimo temperatūra	-5 °C
14.	Laido skerspjūvio plotas	Nurodoma užsakant: – Monolitinis 6÷16 mm ² ; – Daugiavielis (16÷95 mm ²); – mm ²
15.	Minimalus lenkimo spindulys montuojant	$\leq 10xD$; D–išorinis laido skersmuo.
16.	Tarnavimo laikas	≥ 40 metų
17.	Garantinis laikas	≥ 12 mėnesių

**IKI 1000 V KABELIAI PLASTIKINE IZOLIACIJA SKIRTI KLOTI ŽEMĖJE ,
PATALPOSE IR ATVIRAME ORE. TECHNINIAI REIKALAVIMAI**

Eil. Nr.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
1.	Standartas	LST 1702 (HD 603) arba IEC 60502-1;
2.	Tipiniai bandymai turi būti atlikti Europoje akredituotoje laboratorijoje arba. Akredituota laboratorija – laikoma tokia laboratorija, kuri yra akredituota Europos akreditacijos organizacijos (European co-operation for Accreditation) pripažįstamoje akreditacijos įstaigoje bandymų (testing) srityje.	Pateikti: – akredituotos sertifikavimo įstaigos gaminio sertifikatą; – pilnus atliktų (pagal standarto aktualiąją redakciją) tipinių bandymų protokolų kopijas.
3.	Vardinė įtampa U_0/U	$\geq 0,6/1$ kV
4.	Maksimalioji įtampa	1,2 kV
5.	Vardinis dažnis	50 Hz
6.	Eksploatavimo sąlygos	patalpose; žemėje; atvirame ore;
7.	Aplinkos temperatūra	-35 ... +35 °C
8.	Kabelio konstrukcija:	
8.1.	Laidininkų skaičius	Nustatoma užsakant:

		<ul style="list-style-type: none"> • 3; • 4; • 5
8.2.	Laidininkas	Laidininkas turi būti pagamintas iš atkaitinto vario arba atkaitinto aliuminio Nurodoma užsakant: <ul style="list-style-type: none"> • Atkaitintas aliuminis; • Atkaitintas varis
8.3.	Laidininko tipas	1 arba 2 klasė pagal LST EN 60228 standartą.
8.4.	Laidininkų izoliacija	XLPE
8.5..	Kabelio gyslų spalvinis žymėjimas	Pagal LST 1555 (LST HD 308) arba IEC 60757
8.6..	Išorinis apvalkalas	Juodas UV spinduliams atsparus PVC arba UV spinduliams atsparus nepalaikantis degimo PE
8.8.	Apsauginis sluoksnis tarp gyslų izoliacijos ir išorinio apvalkalo	Nustatoma užsakant: <ul style="list-style-type: none"> • užpildas; • visos gyslos apsuktos tampria izoliacine juosta
9.	Maksimali ilgalaikė kabelio laidininko temperatūra	+ 90 °C
10.	Maksimali kabelio temperatūra esant trumpajam jungimui (5 s)	+ 250 °C
11.	Žemiausia klojimo temperatūra	-10 °C kabeliams su aliuminėmis gyslomis -5 °C kabeliams su varinėmis gyslomis
12.	Kabelio konstrukcija ir techniniai parametrai	Nustatoma užsakant pagal 1 lentelę
13.	Minimalus lenkimo spindulys	≤ 12xD D – išorinis kabelio skersmuo
14.	Tarnavimo laikas	> 40 metų
15.	Garantinis laikas	≥ 24 mėnesiai

Iki 1000 V kabelių su plastikine izoliacija techniniai parametrai

Laidininko skerspjūvio plotas, mm ²	Laidininko konstrukcija*	Aktyvioji varža esant 20 °C, Ω/km	Ilgalaikė gyslos (+70°C) darbinė srovė grunte, A**	Ilgalaikė gyslos (+90°C) darbinė srovė ore, A**
Aliuminio gyslomis				
3x16	RE	1,91	78	80
3x35	SM	0,868	125	125
4x16	RE	1,91	78	80
4x35	SM	0,868	125	125
4x70	SM	0,443	185	196
4x120	SM	0,253	255	274
4x240	SM	0,125	375	425
5x16	RE,RM	1,91	78	80
5x35	RM	0,868	125	125
Vario gyslomis			Ilgalaikė gyslos (+90°C) darbinė srovė, A	
			grunte***	ore***
3x16	RE,RM	1,15	112	98
3x35	SM	0,524	174	162
4x16	RE,RM	1,15	112	112

4x35	SM, RM	0,524	174	162
4x70	SM	0,268	254	250
4x120	SM	0,153	348	359
4x240	SM	0,0754	517	564
5x16	RM	1,15	112	112
5x35	RM	0,524	174	162

* RE – apvalus monolitinis; RM – apvalus daugiavielis; SM - sektorinis daugiavielis.

**Ilgalaikės darbinės srovės aliuminiams laidininkams nurodytos pagal LST 1702 (HD 603) standartą, kai grunto temperatūra +15 °C, oro +25 °C.

***Ilgalaikės darbinės srovės variniams laidininkams nurodytos pagal LST 1702 (HD 603) standartą, kai grunto temperatūra +20 °C, oro +30 °C.

IKI 1000 V LANKSTIEJI VARINIAI DAUGIAVIELIAI KABELIAI. TECHNINIAI REIKALAVIMAI

Eil. Nr.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
1.	Standartas	LST EN 50525-2-1
2.	Tipiniai bandymai turi būti atlikti akredituotoje laboratorijoje	Pateikti bandymų protokolų kopijas
3.	Vardinė įtampa U_0/U	$\geq 450/750$ V
4.	Vardinis dažnis	50 Hz
5.	Bandymo įtampa	≥ 2500 V, 50 Hz, 5 min.
6.	Eksplotavimo sąlygos	Uždaroje patalpoje, lauke
7.	Aplinkos temperatūra	-35 °C ... +35 °C
8.	Laidininkų skaičius	Nurodoma užsakant: – 2; – 3; – 4; – 5.
9.	Laidininkas	Atkaitintas apvalus daugiavielis suvytas varis, 5 klasė pagal LST EN 60228
10.	Laidininkų izoliacija	PVC
11.	Kabelio gyslų spalvinis žymėjimas	Pagal LST 1555 (LST HD 308) arba IEC 60757
12.	Išorinis apvalkalas	PVC
13.	Maksimali ilgalaikė kabelio temperatūra	+70 °C
14.	Maksimali kabelio temperatūra esant trumpajam jungimui (5 s)	+160 °C
15.	Žemiausia montavimo temperatūra	-5 °C
16.	Kabelio skerspjūvio plotas	Nurodoma užsakant (6 ÷ 25) mm ² : – mm ² .
17.	Minimalus lenkimo spindulys montuojant	– montuojant 10xD; – sulenkus vieną kartą 8xD. D – išorinis kabelio skersmuo
18.	Tarnavimo laikas	≥ 40 metų
19.	Garantinis laikas	≥ 12 mėnesių

IKI 1000 V STACIONARIOSIOS INSTALIACIJOS VARINIAI VIENAVIELIAI KABELIAI. TECHNINIAI REIKALAVIMAI

Eil.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
------	---------------------------------------	---------------

Nr.		
20.	Standartas	<u>LST 1537.4</u> (HD 21.4 S2)
21.	Tipiniai bandymai turi būti atlikti akredituotoje laboratorijoje	Pateikti bandymų protokolų kopijas
22.	Vardinė įtampa U_0/U	$\geq 300/500$ V
23.	Vardinis dažnis	50 Hz
24.	Bandymo įtampa	≥ 2000 V, 50 Hz, 5 min.
25.	Eksploatavimo sąlygos	Uždaroje patalpoje, lauke
26.	Aplinkos temperatūra	-35 °C ... +35 °C
27.	Laidininkų skaičius	Nurodoma užsakant: – 2; – 3; – 4; – 5.
28.	Laidininkas	Atkaitintas apvalus monolitinis varis, 1 klasė pagal LST EN 60228
29.	Laidininkų izoliacija	PVC
30.	Kabelio gyslų spalvinis žymėjimas	Pagal LST 1555 (<u>LST HD 308</u>) arba <u>IEC 60757</u>
31.	Išorinis apvalkalas	PVC
32.	Maksimali ilgalaikė kabelio temperatūra	$\geq +70$ °C
33.	Maksimali kabelio temperatūra esant trumpajam jungimui (5 s)	$\geq +160$ °C
34.	Žemiausia montavimo temperatūra	-5 °C
35.	Kabelio skerspjūvio plotas	Nurodoma užsakant: – (1,5 ÷ 4) mm ² : – mm ² .
36.	Minimalus lenkimo spindulys montuojant	– Montuojant 10xD; – Sulenkus vieną kartą 8xD. D – išorinis kabelio skersmuo
37.	Tarnavimo laikas	≥ 40 metų
38.	Garantinis laikas	≥ 12 mėnesių

IKI 1000V VARINIAI VIENAVIELIAI IR DAUGIAVIELIAI LAIDAI. TECHNINIAI REIKALAVIMAI

Eil. Nr.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
1.	Standartas	LST EN 50525-2-31 arba GOST 6323-79
2.	Tipiniai bandymai turi būti atlikti akredituotoje laboratorijoje	Pateikti bandymų protokolų kopijas
3.	Vardinė įtampa U_0/U	$\geq 450/750$ V
4.	Vardinis dažnis	50 Hz
5.	Bandymo įtampa	≥ 2500 V, 50 Hz, 5 min.
6.	Eksploatavimo sąlygos	Uždaroje patalpoje, lauke
7.	Aplinkos temperatūra	-35 °C ... +35 °C
8.	Laidų skaičius	1
9.	Laidininkas	Nurodoma užsakant: – atkaitintas apvalus daugiavielis suvytas varis; – atkaitintas apvalus monolitinis varis.
10.	Laidininkų izoliacija	PVC
11.	Spalvinis žymėjimas	Nurodoma užsakant: – ruda; – juoda; – mėlyna;

		– geltonai žalia.
12.	Maksimali ilgalaikė laidininko temperatūra	$\geq +70\text{ }^{\circ}\text{C}$
13.	Maksimali laidininko temperatūra esant trumpajam jungimui (5s)	$\geq +160\text{ }^{\circ}\text{C}$
14.	Žemiausia montavimo temperatūra	$-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
15.	Laidininko skerspjūvio plotas	Daugiavieliui laidui: – 16 mm ² ; – 25 mm ² ; – 35 mm ² Vienavieliui laidui: – (0,5÷10 mm ²); –mm ²
16.	Minimalus lenkimo spindulys montuojant	– Montuojant 8xD; – Sulenkus vieną kartą 3xD. D – išorinis kabelio skersmuo
17.	Tarnavimo laikas	≥ 40 metų
18.	Garantinis laikas	≥ 12 mėnesių

0,23 - 0,4 kV ORO KABELIAI TECHNINIAI REIKALAVIMAI

Eil. Nr.	Techniniai parametrai ir reikalavimai	Dydis, sąlyga
1	2	3
1.	Standartas	LST 1790 (HD 626-5D)
2.	Tipiniai bandymai turi būti atlikti Europoje akredituotoje laboratorijoje. Akredituota laboratorija – laikoma tokia laboratorija, kuri yra akredituota Europos akreditacijos organizacijos (European co-operation for Accreditation) pripažįstamoje akreditacijos įstaigoje bandymų (testing) srityje.	Pateikti: – akredituotos sertifikavimo įstaigos gaminio sertifikatai; – pilnas atliktų (pagal standartą) tipinių bandymų protokolų kopijas.
3.	Oro kabelis skirtas naudoti	Lauke
4.	Aplinkos temperatūra	$-35^{\circ}\text{C} \dots +35\text{ }^{\circ}\text{C}$
5.	Pastatymo aukštis virš jūros lygio	$\leq 1000\text{ m}$
6.	Vėjo greitis	$\geq 30\text{ m/s}$
7.	Apšalo sienelės storis	$\geq 20\text{ mm}$
8.	Vardinė fazinė/linijinė įtampa	0,6/1 kV
9.	Maksimalioji darbo įtampa	1,2 kV
10.	Vardinis dažnis	50 Hz
11.	Oro kabelio sandara	– Vieno/trijų izoliuotų laidų; – Laikantysis neizoliuotas nulinis laidas
12.	Laidų išdėstymas kabelyje	Izoliuoti laidai susukti aplink nešančią neizoliuotą nulinį laidą
13.	Tvirtinimo būdas	Oro kabelis kabinamas ant 0,4 kV įtampos gelžbetoninių atramų metalo konstrukcijų ir linijinės armatūros
14.	Fazinio laido sandara	– Izoliuotas; – 16 mm ² apvalus vienavielis; – 25-120 mm ² apvalus daugiavielis sutankintas; – Aliuminis
15.	Nulinio laido sandara	– Neizoliuotas apvalus; – Daugiavielis sutankintas; – Aliuminio lydinys
16.	Maksimali ilgalaikė oro kabelio laidininkų temperatūra	– $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$

17.	Maksimali oro kabelio temperatūra esant trumpajam jungimui (5 s)	– +135 °C
18.	Žemiausia oro kabelio temperatūra tiesimo metu	– -20 °C
19.	Minimalus oro kabelio lenkimo spindulys	≤ 20xD D – išorinis kabelio skersmuo
20.	Skerspjūvio plotas (mm ²)	Nurodomi užsakant: – 1×16+25; – 3×16+25; – 3×25+35; – 3×35+50; – 3×50+70; – 3×70+95; – 3×120+95
21.	Laido varža esant +20 ⁰ C temperatūrai	– 1×16+25 ≤ 1,91 Ω/km; – 3×16+25 ≤ 1,91 Ω/km; – 3×25+35 ≤ 1,2 Ω/km; – 3×35+50 ≤ 0,87 Ω/km; – 3×50+70 ≤ 0,64 Ω/km; – 3×70+95 ≤ 0,44 Ω/km; – 3×120+95 ≤ 0,25 Ω/km
22.	Maksimali leistinoji fazinio laido trumpojo jungimo srovė (1 s)	- 1×16+25 ≥ 1 kA; - 3×16+25 ≥ 1 kA; - 3×25+35 ≥ 1,6 kA; - 3×35+50 ≥ 2,3 kA; - 3×50+70 ≥ 3,2 kA; - 3×70+95 ≥ 4,5 kA; - 3×120+95 ≥ 5,9 kA
23.	Nulinį laidą suardanti mechaninė apkrova	– 1×16+25 ≥ 7,4 kN; – 3×16+25 ≥ 7,4 kN; – 3×25+35 ≥ 10,3 kN; – 3×35+50 ≥ 14,2 kN; – 3×50+70 ≥ 20,6 kN; – 3×70+95 ≥ 27,9 kN; – 3×120+95 ≥ 27,9 kN
24.	Išorinis kabelio skersmuo	– 1×16+25 11 mm; – 3×16+25 20 mm; – 3×25+35 23 mm; – 3×35+50 27 mm; – 3×50+70 31 mm; – 3×70+95 36 mm; – 3×120+95 42 mm
25.	Kabelio masė	– 1×16+25 ≤ 135 kg/km; – 3×16+25 ≤ 270 kg/km; – 3×25+35 ≤ 390 kg/km; – 3×35+50 ≤ 530 kg/km; – 3×50+70 ≤ 700 kg/km; – 3×70+95 ≤ 1000 kg/km; – 3×120+95 ≤ 1500 kg/km
26.	Izoliuojančioji medžiaga	Atmosferos poveikiui atsparus juodas polietilenas (PE)
27.	Izoliacijos savybės	– Nepralaidi vandens sklidimui skersai izoliacijos; – Atspari ultravioletiniams spinduliams
28.	Izoliuotų laidų žymėjimas	Laidų fazių žymės (išilgai)

		izoliacijos gūbriai)
29.	Oro kabelio ilgis būgne	Nurodomas užsakant: – 500 m; – 1000 m
30.	Tarnavimo laikas	≥ 25 metai
31.	Garantinis laikas	≥ 12 mėnesių

Kabelis	Laidininkas	Izoliacija/ Apvalkalas	Spalva	Įtampa	Standartai	Taikymas
AHXAMK-W 10kV	Aliuminis monolitas ir centrinė daugiavielė varinė gysla	XLPE/XLPE	Juoda	6/10kV	SFS 5636, HD 620-5F S1, IEC 60502-2	Jėgos kabelis, skirtas klojimui žemėje, o taip pat stacionariam pastatų viduje arba išorėje ant lentynų ir kanaluose. Turi išilginę vandenįje bringtančią pusiau laidžią juosta ir radialinę apsaugą nuo vandens (aliuminio folija).
AHXAMK-W 20kV	Aliuminis monolitas ir centrinė daugiavielė varinė gysla	XLPE/XLPE	Juoda	12/20kV	SFS 5636, HD 620-5F S1, IEC 60502-3	Jėgos kabelis, skirtas klojimui žemėje, o taip pat stacionariam pastatų viduje arba išorėje ant lentynų ir kanaluose. Turi išilginę vandenįje bringtančią pusiau laidžią juosta ir radialinę apsaugą nuo vandens (aliuminio folija).
AHXAMK-WM	Aliuminis monolitas ir metalinis linas	XLPE/XLPE	Juoda	12/20kV	SFS 5636, HD 620-5F S1, IEC 60502-4	Jėgos kabelis, skirtas klojimui žemėje, o taip pat stacionariam pastatų viduje arba išorėje ant lentynų ir kanaluose. Turi išilginę vandenįje bringtančią pusiau laidžią juosta ir radialinę apsaugą nuo vandens (aliuminio folija). Turi laikantįjį metalinį liną.
AHXCMK_WTC 10kV	Aliuminis monolitas su varine koncentrine gysla (ekranas)	XLPE/XLPE	Juoda	6/10kV	HD 620-5F S1, IEC 60502-2	Jėgos kabelis, skirtas stacionariam klojimui pastatų viduje arba išorėje ant lentynų ir kanaluose.
HXCMK 20kV	Varinis monolitas	XLPE/XLPE	Juoda	12/20kV	HD 620-5F S1, IEC 60502-3	Jėgos kabelis, skirtas stacionariam klojimui pastatų viduje arba išorėje ant lentynų ir kanaluose.
N2XSY	Varinis monolitas	XLPE/PVC	Juoda	6/10 kV, 12/20 kV,	VDE 0276-620 (=HD 620), IEC 332-1 acc. to	Jėgos kabelis, skirtas stacionariam pastatų montavimui

				18/30 kV	EN 50265-2-1	viduje, išorėje, žemėje ir vandenyje.
N2XS2Y	Varinis monolitas	XLPE/PE	Juoda	6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV	VDE 0276-620 (=HD 620), IEC 332-1 acc. to EN 50265-2-2	Jėgos kabelis, skirtas stacionariam pastatų montavimui viduje, išorėje, žemėje ir vandenyje.
N2XS(F)2Y	Varinis monolitas	XLPE/PE	Juoda	6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV	VDE 0276-620 (=HD 620), IEC 332-1 acc. to EN 50265-2-3	Jėgos kabelis, skirtas stacionariam pastatų montavimui viduje, išorėje, žemėje ir vandenyje. Turi skersinę apsauga nuo vandens (juosta).
NA2XSY	Aliuminis monolitas	XLPE/PVC	Juoda	6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV	VDE 0276-620 (=HD 620), IEC 332-1 acc. to EN 50265-2-1	Jėgos kabelis, skirtas stacionariam pastatų montavimui viduje, išorėje, žemėje ir vandenyje.
NA2XS2Y	Aliuminis monolitas	XLPE/PE	Juoda	6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV	VDE 0276-620 (=HD 620), IEC 332-1 acc. to EN 50265-2-2	Jėgos kabelis, skirtas stacionariam pastatų montavimui viduje, išorėje, žemėje ir vandenyje.
NA2XS(F)2Y	Aliuminis monolitas	XLPE/PE	Juoda	6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV	VDE 0276-620 (=HD 620), IEC 332-1 acc. to EN 50265-2-3	Jėgos kabelis, skirtas stacionariam pastatų montavimui viduje, išorėje, žemėje ir vandenyje. Turi skersinę apsauga nuo vandens (juosta).
N2XSEY	Varinis monolitas	XLPE/PVC	Raudona	6/10 kV	VDE 0276-620 (=HD 620), IEC 332-1 acc. to EN 50265-2-1	Jėgos kabelis, skirtas stacionariam pastatų montavimui viduje, išorėje, žemėje ir vandenyje.
AXQJ	Aliuminis monolitas	XLPE/HFFR	Juoda	12kV, 24kV	HD 603 S1/3L	Jėgos kabelis, skirtas stacionariam pastatų montavimui viduje, išorėje, žemėje ir vandenyje.