

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

**Justas Marčiukaitis**

**BALBIERIŠKIO 110/10 kV TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS**  
**10 kV SKIRSTYKLOS REKONSTRAVIMAS**

Baigiamasis bakalauro projektas

**Vadovas**  
Doc. dr. Gytis Svinkūnas

**KAUNAS, 2015**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**  
**ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA**

**BALBIERIŠKIO 110/10 kV TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS**  
**10 kV SKIRSTYKLOS REKONSTRAVIMAS**

Baigiamasis bakalauro projektas  
Elektros energetikos technologijos (612H63001)

**Vadovas**

(parašas) Doc. dr. Gytis Svinkūnas  
(data)

**Recenzentas**

(parašas)  
(data)

**Projektą atliko**

(parašas) Justas Marčiukaitis  
(data)

**KAUNAS, 2015**

**TVIRTINU:**

KTU Elektros ir elektronikos fakulteto

\_\_\_\_\_ katedros vedėjas

201..... ..

## BAKALAURO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

**Išduota studentui:** Justui Marčiukaičiui Grupė EET-1

### 1. Darbo tema:

Lietuvių kalba: Balbieriškio 110/10 kV transformatorių pastotės 10 kV skirstyklos rekonstravimas

Anglų kalba: Reconstruction of 10 kV Switchyard in 110/10 kV Balbieriškis Transformer Substation

Patvirtinta 201\_\_ m. \_\_\_\_\_ mėn. \_\_\_\_\_ d. dekanų potvarkiu Nr. \_\_\_\_\_

### 2. Darbo tikslas:

Rekonstruoti seną 10 kV skirstyklą ir parinkti naujus elektros įrenginius.

### 3. Reikalavimai ir sąlygos:

Parinkti kompensacinę ritę, parinkti įvado kabelius.

### 4. Projekto struktūra.

1. Įvadas
2. Objekto charakteristika
3. Trumpų jungimų skaičiavimas
4. Šynų parinkimas ir tikrinimas
5. Komutacinių aparatų parinkimas ir tikrinimas
6. Įvado kabelių parinkimas ir tikrinimas
7. Matavimo transformatorių parinkimas ir tikrinimas
8. Viršįtampių ribotuvų ir įžemiklių parinkimas ir tikrinimas
9. Kompensacinės ritės parinkimas ir tikrinimas
10. Maksimalios srovės apsaugos parinkimas
11. Išvados
12. Literatūra
13. Priedai

### 5. Ekonominė dalis.

### 6. Grafinė dalis.

10 kV elektrinių sujungimų schema

---

**5. Ši užduotis yra neatskiriama bakalauro baigiamojo projekto dalis**

**6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas**

*iki 2015-05-30*

*(data)*

Užduotį gavau:

\_\_\_\_\_

*(studento vardas, pavardė, parašas)*

\_\_\_\_\_

*(data)*

Vadovas:

\_\_\_\_\_

*(pareigos, vardas, pavardė, parašas)*

\_\_\_\_\_

*(data)*



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Justas Marčiukaitis

(Studento vardas, pavardė)

Elektros energetikos technologijos (612H63001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Balbieriškio 110/10 kV transformatorių pastotės 10 kV skirstyklos rekonstravimas“

### AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Gegužės 15 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Justo Marčiukaičio** baigiamasis projektas tema „**Balbieriškio 110/10 kV transformatorių pastotės 10 kV skirstyklos rekonstravimas**“ 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)

Marčiukaitis, J. Balbieriškio 110/10 kV transformatorių pastotės 10 kV skirstyklos rekonstravimas. Bakalauro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Gytis Svinkūnas; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2015. 47 psl.

## **SANTRAUKA**

Darbo tikslas yra pakeisti morališkai bei fiziškai pasenusius elektros įrenginius, tam, kad transformatorių pastotėje būtų užtikrintas patikimas ir nenutrūkstamas elektros energijos tiekimas vartotojams. Atliekant rekonstrukciją yra numatoma įrengti naujus matavimo transformatorius, jungtuvus, įtampos ribotuvus, šynas, kompensacinę ritę, RAA įtaisus. Transformatorių pastotė yra maitinama viena dvigrande 110 kV oro linija Alytus – Balbieriškis.

Tam, kad būtų tinkamai atlikta rekonstrukcija yra paskaičiuojami trumpieji jungimai, įžemėjimo srovės, parenkami elektros įrenginiai ir tikrinamas jų tinkamumas.

Marčiukaitis, Justas. Reconstruction of 10 kV Switchyard in 110/10 kV Balbieriškis Transformer Substation. Final project of bachelor degree / supervisor doc. dr. Gytis Svinkūnas; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electrical Energetic Systems.

Kaunas, 2015. 47 psl.

## **SUMMARY**

The aim of this work is to change electrical devices in transformers' substation which are out of date physically and morally. This is important in order to ensure reliable and uninterrupted electrical energy supply for consumers. The reconstruction consists of setting up new measurement transformers, circuit breakers, voltage limiters, busbars, compensation coil and RP devices. Double-circuit 110kV air line provide energy for transformers' substation on the road Alytus-Balbieriskis.

Short circuits and ground fault currents are calculated in order to perform reconstruction properly and correctly. Also it is chosen electrical devices and verifying its suitability.

## TURINYS

ĮVADAS.....	11
1. OBJEKTO CHARAKTERISTIKA .....	12
2. TRUMPIEJI JUNGIMAI.....	13
2.1 Trumpųjų jungimų skaičiavimas šynose.....	13
2.2 Dvifazis trumpasis jungimas šynose .....	16
2.3 Trumpieji jungimai linijos galuose .....	16
2.4 Smūgio srovė.....	22
3. ŠYŅŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS .....	24
3.1 10kV šynų parinkimas ir tikrinimas .....	26
4. KOMUTACINIŲ APARATŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS .....	28
4.1 Jungtuvų parinkimas ir tikrinimas.....	28
5. ĮVADO KABELIŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS.....	29
6. MATAVIMO TRANSFORMATORIŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS .....	30
6.1 Srovės transformatoriai .....	30
6.2 Įtampos transformatorius.....	31
7. VIRŠĖTAMPIŲ RIBOTUVŲ IR ĮŽEMIKLIŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS .....	32
8. KOMPENSACINĖS RITĖS PARINKIMAS IR TIKRINIMAS .....	32
9. MAKSIMALIOS SROVĖS APSAUGOS (MSA) PARINKIMAS.....	36
IŠVADOS.....	42
LITERATŪROS SĄRAŠAS .....	43
PRIEDAI.....	44
Priedas NR. 1 „Linijų duomenys“ .....	44
Priedas NR. 2 „10 kV elektrinių sujungimų schema“ .....	47

## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b> Trumpo jungimo linijos gale skaičiavimo ekvivalentinė schema.....	17
<b>2 pav.</b> Šynų išdėstymas .....	24
<b>3 pav.</b> SIEMENS SION jungtuvas .....	28
<b>4 pav.</b> Srovės transformatorius .....	30
<b>5.pav</b> Kompensacinė ritė .....	33
<b>6 pav.</b> VAMP relinės apsaugos terminalas .....	36
<b>7 pav.</b> Selektyvumo diagrama linijoje L–100 .....	37
<b>8 pav.</b> Selektyvumo diagrama linijoje L–300 .....	39

## Lentelės

<b>2.1 lentelė.</b>	Trumpųjų jungimų 110 kV tinkle srovės .....	13
<b>2.2 lentelė.</b>	110/10 kV galios transformatoriaus duomenys .....	13
<b>2.3 lentelė.</b>	Sistemos ir 110 kV galios transformatoriaus varžos. ....	14
<b>2.4 lentelė.</b>	Trumpųjų jungimų už 110 kV galios transformatoriaus srovės. ....	16
<b>2.5 lentelė.</b>	Trumpųjų jungimų skaičiavimo rezultatai .....	21
<b>5.1 lentelė.</b>	10 kV pusės jungtuvo parinkimo sąlygos.....	28
<b>6.1 lentelė.</b>	10 kV įvadinio kabelio parinkimo sąlygos. ....	29
<b>7.1 lentelė.</b>	10 kV pusės srovės transformatorių parinkimo sąlygos. ....	30
<b>7.2 lentelė.</b>	10 kV įvadinio narvelio srovės transformatorius .....	31
<b>7.3 lentelė.</b>	Įtampos transformatoriaus patikrinimas.....	31
<b>8.1 lentelė.</b>	10 kV viršįtampių ribotuvų parinkimo sąlygos. ....	32
<b>8.2 lentelė.</b>	10 kV pusės įžemiklių parinkimo sąlygos.....	32
<b>9.1 lentelė.</b>	Kompensacinės ritės parinkimo sąlygos. ....	35

## IVADAS

Viena pagrindinių ir svarbiausių Lietuvos energetinių tikslų yra tai, kad reikia atnaujinti Lietuvoje esančius perdavimo ir skirstymo tinklus, transformatorių pastotes, juos tobulinti naujausiomis technologijomis, kurios leidžia efektyviau perduoti elektros energiją mažesniais nuostoliais ir tuo tarpu gerinti, bei kurti naujus ryšius su kitomis valstybėmis. Kuriant ir naujinant atsinaujinančių energijos šaltinių potencialą, taikant naujas ir perspektyvias technologijas atnaujinant elektros aparatų ir įrenginių materialinę bazę, automatizuojant ir kompiuterizuojant energetinius procesus bei jų valdymą. Tai yra pagrindinė Lietuvos energetikos nacionalinė strategija.

**Tyrimo objektas** - Balbieriškio 110/10 kV transformatorių pastotės 10 kV įtampos skirstykla.

**Darbo tikslas** - atlikti Balbieriškio transformatorių pastotės 10 kV įtampos skirstyklos rekonstrukciją.

**Darbo tikslo įgyvendinimui iškeliami šie projekto uždaviniai:**

1. Aprašyti tiriamąjį darbo objektą;
2. Apskaičiuoti trumpuosius jungimus;
3. Parinkti projektui reikalingus matavimo įrenginius;
4. Parinkti projektui reikalingus komutacinius įrenginius;
5. Parinkti kompensacinę ritę;
6. Parinkti relinę apsaugą.

## 1. OBJEKTO CHARAKTERISTIKA

Balbieriškio TP pastatyta netoli Balbieriškio kaimo. Pastotės skirstyklos įrenginiai eksploatuojami nuo 1984m. Skirstykla prijungta prie elektros tinklo viena dvigrande 110kV oro linija (OL): OL Alytus–Balbieriškis. Elektros energija skirstomiesiems tinklams perduodama per vieną 6,3 MVA 110/10 galios transformatorių.

Iš šios pastotės elektros energija yra tiekama Žiūronims, Kižams, Norkūnams, Geruliams, Birštonui, Naravams ir Vartams. Pastotėje esantys elektros įrenginiai yra morališkai ir fiziškai pasenę, todėl būtina juos pakeisti naujais, tam, kad būtų užtikrintas patikimas transformatorių pastotės darbas.

### **Rekonstrukcijos priežastys:**

1. Daugeliui įrenginių nebėra atsarginių detalių;
2. Ankeriai, tvirtinimo varžtai paveikti atmosferinių reiškinių ir korozijos;
3. Yra sumažėjęs uždaros skirstyklos pamatų mechaninis atsparumas ir ilgaamžiškumas;
4. Prie įžeminimo kontūro suvirinimo vietų kaupiasi drėgmė ir vyksta oksidacijos procesai;
5. Kabelių izoliacija yra pasenusi ir sukietėjusi.

## 2. TRUMPIEJI JUNGIMAI

### 2.1 Trumpųjų jungimų skaičiavimas šynose

Šiame projekte pateikiamos trumpųjų jungimų srovės reikalingos apsaugų, srovės transformatorių ir šynų parinkimui. Lentelėje pateikiamos iš LITGRID AB gautos trumpųjų jungimų srovių vertės. Skaičiuojamoji įtampa maksimaliu sistemos darbo režimu 123 kV, minimaliu – 110 kV.

**2.1 lentelė.** Trumpųjų jungimų 110 kV tinkle srovės

Trumpojo jungimo vieta		Trifazis tr.j., $I_k^{(3)}$ [A]	Vienfazis tr.j. su žeme $3I_0$ [A]
Maksimalus sistemos režimas:			
Balbieriškio TP	Š1-110	10590	8730
Minimalus sistemos režimas:			
Balbieriškio TP	Š1-110	2400	1840

Trumpųjų jungimų 10 kV pusėje skaičiavimams panaudoti galios transformatorių duomenys duoti lentelėje.

**2.2 lentelė.** 110/10 kV galios transformatoriaus duomenys

Eil. Nr.	Parametras	Reikšmė, dydis	Pastaba
1.	Vardinė galia, MVA	6,3	
2.	Vardinės įtampos, kV (A/Ž)	115/11	
3.	Trumpojo jungimo įtampa (A/Ž)	10,8	
4.	Įtampos reguliavimo diapazonas	9 x 1,78	
5.	Aktyviosios galio nuostoliai, kV	48	

Kadangi trūksta duomenų apie galios transformatoriaus trumpojo jungimo įtampų (uk) reikšmes kraštinėse atšakų perjungėjo padėtyse.

### 2.3 lentelė. Sistemos ir 110 kV galios transformatoriaus varžos.

Sistemos atstojamoji minimali ir maksimali varža 110 kV šynose: $\Omega$					
Minimali varža (maksimalus sistemos režimas):			$X_{Smin}$	5,997	
Maksimali varža (minimalus sistemos režimas):			$X_{Smaks}$	26,46	
Eil. Nr.	Parametras	Reikšmė, dydis			Pastaba
1.	Atš.perj. padėtis	+16%	0	-16%	
2.	Įtampa, kV	131,02	115	98,98	
3.	Tr-riaus varža, $\Omega$	201,66			

Transformatoriaus pilnutinė varža apskaičiuojam pagal (2.1) formulę [2]:

$$Z_T = \frac{U_k \cdot U_p^2}{100 \cdot S_T}, \quad (2.1)$$

Čia:  $U_k$  – trumpo jungimo įtampa procentais;

$U_p$  – pasirinkta įtampa skaičiavimams;

$S_T$  – transformatoriaus galia.

Transformatoriaus reaktyvioji varža pagal (2.2) formulę [2]:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}; \quad (2.2)$$

$R_T$  – transformatoriaus aktyvioji varža.

Sistemos reaktyvioji varža maksimaliu ir minimaliu darbo režimu pagal (2.3) ir (2.4) formules [2]:

$$X_{Smin} = \frac{U_{vid}}{\sqrt{3} \cdot I_k^{110}} \cdot \left( \frac{U_p}{U_{vid}} \right)^2; \quad (2.3)$$

$$X_{Smax} = \frac{U_{vid}}{\sqrt{3} \cdot I_k^{110}} \cdot \left( \frac{U_p}{U_{vid}} \right)^2; \quad (2.4)$$

$U_{vid}$  – vidutinė įtampa.

Trumpo jungimo srovė 10kV šynose skaičiuojant su 110kV įtampa pagal (2.5) formulę [2]:

$$I_{k(110)}^{10} = \frac{U_p}{\sqrt{3} \cdot (X_s + X_T)}; \quad (2.5)$$

Trumpo jungimo srovė 10kV šynose pagal (2.6) formulę [2]:

$$I_k^{10} = I_{k(110)}^{10} \cdot \frac{U_p}{U_{vid}}; \quad (2.6)$$

Trumpo jungimo srovės atšakų perjungėjo padėčiai esant ties +16% padėtimi:

$$Z_T = \frac{10,5 \cdot 110^2}{100 \cdot 6,3} = 201,67 \Omega ;$$

$$X_T = \sqrt{201,67^2 - 0} = 201,67 \Omega ;$$

$$X_{Smin} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 10,59} = 5,997 \Omega ;$$

$$X_{Smaks} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 2,4} = 26,46 \Omega ;$$

Kai statome  $X_{Smin}$ :

$$I_{k(110)}^{10} = \frac{131,2}{\sqrt{3} \cdot (5,997 + 201,67)} = 365 A ;$$

Kai statome  $X_{Smaks}$ :

$$I_{k(110)}^{10} = \frac{131,2}{\sqrt{3} \cdot (26,46 + 201,67)} = 332 A ;$$

Trumpo jungimo srovė 10kV šynose maksimaliu ir minimaliu režimu:

$$I_k^{10} = 365 \cdot \frac{110}{10} = 4,814 kA ;$$

$$I_k^{10} = 332 \cdot \frac{110}{10} = 4,349 kA ;$$

Trumpo jungimo srovės atšakų perjungėjo padėčiai esant ties 0 padėtimi:

Kai statome  $X_{Smin}$ :

$$I_{k(110)}^{10} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot (5,997 + 201,67)} = 320 A ;$$

Kai statome  $X_{Smaks}$ :

$$I_{k(110)}^{10} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot (26,46 + 201,67)} = 291 A ;$$

Trumpo jungimo srovė 10kV šynose maksimaliu ir minimaliu režimu:

$$I_k^{10} = 320 \cdot \frac{115}{10} = 3,677 kA ;$$

$$I_k^{10} = 291 \cdot \frac{150}{10} = 3,347 kA ;$$

Trumpo jungimo srovės atšakų perjungėjo padėčiai esant ties -16% padėtimi:

Kai statome  $X_{Smin}$ :

$$I_{k(110)}^{10} = \frac{98,98}{\sqrt{3} \cdot (5,997 + 201,67)} = 275 A ;$$

Kai statome  $X_{Smaks}$ :

$$I_{k(110)}^{10} = \frac{98,98}{\sqrt{3} \cdot (26,46 + 201,67)} = 250 A ;$$

Trumpo jungimo srovė 10kV šynose maksimaliu ir minimaliu režimu:

$$I_k^{10} = 275 \cdot \frac{98,98}{10} = 2,722 \text{ kA};$$

$$I_k^{10} = 250 \cdot \frac{98,98}{10} = 2,475 \text{ kA}.$$

#### 2.4 lentelė. Trumpųjų jungimų už 110 kV galios transformatoriaus srovės.

Eil. Nr.	Atšakų perjungėjo padėtis	Sistemos varža	Trifazio tr. j. srovės dydis, A		Pastaba
			prie 110 kV	prie 10 kV	
1.	+16%	$X_{Smin}$	<b>365</b>	<b>4814</b>	
2.		$X_{Smaks}$	332	4349	
3.	0	$X_{Smin}$	320	3677	
4.		$X_{Smaks}$	291	3347	
5.	-16%	$X_{Smin}$	275	2722	
6.		$X_{Smaks}$	<b>250</b>	<b>2475</b>	

### 2.2 Dvifazis trumpasis jungimas šynose

Dvifazio trumpo jungimo metu avarijos vietoje vienos fazės srovė lygi nuliui, o kitų fazių įtampos susilygina. Dvifazio trumpo jungimo srovė lyginant trifaziu trumpu jungimu apskaičiuojam pagal (2.7) formulę [2]:

$$I_k^{(2)} = I_k^{(3)} \cdot 0,86 \quad (2.7)$$

Dvifazis trumpasis jungimas 10kV pusėje maksimaliu sistemos režimu:

$$I_k^{(2)} = 4814 \cdot 0,86 = 4,14 \text{ kA}.$$

Dvifazis trumpasis jungimas 10kV pusėje minimaliu sistemos režimu:

$$I_k^{(2)} = 2475 \cdot 0,86 = 2,129 \text{ kA}.$$

### 2.3 Trumpieji jungimai linijos galuose

Skaičiavimai atlikti pagal trifazių trumpųjų jungimų maksimalias ir minimalias sroves Balbieriškio TP 10 kV šynose:

$$I_k^{(3)} \text{ maks.} = 4814\text{A} \text{ ir } I_k^{(3)} \text{ min.} = 2475\text{A}.$$

Sistemos, kabelio, transformatoriaus varžos apskaičiuojamos pagal formules:

Sistemos varžą apskaičiuojame iš formulės pagal (2.8) ir (2.9) formulę [2]:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_V}{\sqrt{3} \cdot Z_S}; \quad (2.8)$$

$$Z_S = \frac{U_V}{\sqrt{3} \cdot I_k}; \quad (2.9)$$

$U_V$  – 10500V;

$I_k^{(3)}$  – Trifazis trumpas jungimas;

$Z_S$  – Sistemnos varža.

Suminė kabelio varža apskaičiuojama pagal (2.10), (2.11), (2.12) formules [2]:

$$Z_{kab} = \sqrt{(\sum X_{kab})^2 + (\sum R_{kab})^2}; \quad (2.10)$$

$$\sum X_{kab} = X_{kab} \cdot L_{kab}; \quad (2.11)$$

$$\sum R_{kab} = R_{kab} \cdot L_{kab}; \quad (2.12)$$

Suminė linijos varža apskaičiuojama pagal (2.13) formulę [2]:

$$Z_{\Sigma} = Z_{kab} + Z_S; \quad (2.13)$$

$\sum X_{kab}$  –suminė induktyvioji kabelio varža;

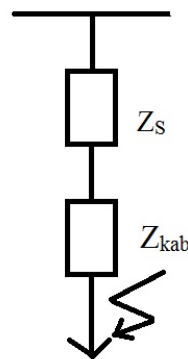
$\sum R_{kab}$  –suminė aktyvioji kabelio varža;

$Z_{kab}$  – kabelio varža;

$L_{kab}$  – kabelio ilgis, km;

$X_{kab}$  – Kabelio induktyvioji varža;

$R_{kab}$  – Kabelio aktyvioji varža;



**1 pav.** Trumpo jungimo linijos gale skaičiavimo ekvivalentinė schema

**L – 100 – Žiūronys**

Trifazis trumpas jungimas maksimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 4814} = 1,26 \Omega ;$$

Suminė kabelio varža pateikta priede Nr.1 ir lygi :

$$Z_{kab} = 7,58 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 1,26 + 7,58 = 8,84 \Omega ;$$

$$I_{kmax}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 8,84} = 685,8 A ;$$

Trifazis trumpas jungimas minimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2475} = 2,45 \Omega ;$$

$$Z_{kab} = 7,58 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 2,45 + 7,58 = 10,03 \Omega ;$$

$$I_{kmin}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 10,03} = 604,4 A ;$$

Dvifazis trumpas jungimas:

$$I_{kmin}^{(2)} = I_{kmin}^{(3)} \cdot 0,86 ;$$

$$I_{kmin}^{(2)} = 604,4 \cdot 0,86 = 519,8 A ;$$

#### **L – 200 – Kizai**

Trifazis trumpas jungimas maksimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 4814} = 1,26 \Omega ;$$

Suminė kabelio varža pateikta priede Nr.1 ir lygi :

$$Z_{kab} = 7,97 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 1,26 + 7,97 = 9,23 \Omega ;$$

$$I_{kmax}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 9,23} = 656,8 A ;$$

Trifazis trumpas jungimas minimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2475} = 2,45 \Omega ;$$

$$Z_{kab} = 7,97 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 2,45 + 7,97 = 10,42 \Omega ;$$

$$I_{kmin}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 10,42} = 581,8 A ;$$

Dvifazis trumpas jungimas:

$$I_{kmin}^{(2)} = I_{kmin}^{(3)} \cdot 0,86 ;$$

$$I_{kmin}^{(2)} = 581,8 \cdot 0,86 = 500,3 A ;$$

#### **L – 300 – Birštonas**

Trifazis trumpas jungimas maksimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 4814} = 1,26 \Omega ;$$

Suminė kabelio varža pateikta priede Nr.1 ir lygi :

$$Z_{kab} = 17 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 1,26 + 17 = 18,26 \Omega ;$$

$$I_{kmax}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 18,26} = 332 A ;$$

Trifazis trumpas jungimas minimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2475} = 2,45 \Omega ;$$

$$Z_{kab} = 17 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 2,45 + 17 = 19,45 \Omega ;$$

$$I_{kmin}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 19,45} = 311,7 A ;$$

Dvifazis trumpas jungimas:

$$I_{kmin}^{(2)} = I_{kmin}^{(3)} \cdot 0,86 ;$$

$$I_{kmin}^{(2)} = 311,7 \cdot 0,86 = 268 A ;$$

#### **L – 400 – Naravai**

Trifazis trumpas jungimas maksimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 4814} = 1,26 \Omega ;$$

Suminė kabelio varža pateikta priede Nr.1 ir lygi :

$$Z_{kab} = 13,42 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 1,26 + 13,42 = 14,68 \Omega ;$$

$$I_{kmax}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 14,68} = 413 A ;$$

Trifazis trumpas jungimas minimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2475} = 2,45 \Omega ;$$

$$Z_{kab} = 13,42 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 2,45 + 13,42 = 15,87 \Omega ;$$

$$I_{kmin}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 15,87} = 382 A ;$$

Dvifazis trumpas jungimas:

$$I_{kmin}^{(2)} = I_{kmin}^{(3)} \cdot 0,86 ;$$

$$I_{kmin}^{(2)} = 382 \cdot 0,86 = 328,5 \text{ A} ;$$

### **L – 500 – Vartai**

Trifazis trumpas jungimas maksimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 4814} = 1,26 \Omega ;$$

Suminė kabelio varža pateikta priede Nr.1 ir lygi :

$$Z_{kab} = 8,56 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 1,26 + 8,56 = 9,82 \Omega ;$$

$$I_{kmax}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 9,82} = 617,3 \text{ A} ;$$

Trifazis trumpas jungimas minimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2475} = 2,45 \Omega ;$$

$$Z_{kab} = 8,56 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 2,45 + 8,56 = 11,01 \Omega ;$$

$$I_{kmin}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 11,01} = 550,6 \text{ A} ;$$

Dvifazis trumpas jungimas:

$$I_{kmin}^{(2)} = I_{kmin}^{(3)} \cdot 0,86 ;$$

$$I_{kmin}^{(2)} = 550,6 \cdot 0,86 = 473,5 \text{ A} ;$$

### **L – 600 – Norkūnai**

Trifazis trumpas jungimas maksimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 4814} = 1,26 \Omega ;$$

Suminė kabelio varža pateikta priede Nr.1 ir lygi :

$$Z_{kab} = 2,19 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 1,26 + 2,19 = 3,45 \Omega ;$$

$$I_{kmax}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 3,45} = 1757,2 \text{ A} ;$$

Trifazis trumpas jungimas minimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2475} = 2,45 \Omega ;$$

$$Z_{kab} = 2,19 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 2,45 + 2,19 = 4,63 \Omega ;$$

$$I_{kmin}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 4,63} = 1309,3 \text{ A} ;$$

Dvifazis trumpas jungimas:

$$I_{kmin}^{(2)} = I_{kmin}^{(3)} \cdot 0,86 ;$$

$$I_{kmin}^{(2)} = 1309,3 \cdot 0,86 = 1126 A ;$$

### L – 700 – Geruliai

Trifazis trumpas jungimas maksimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 4814} = 1,26 \Omega ;$$

Suminė kabelio varža pateikta priede Nr.1 ir lygi :

$$Z_{kab} = 3,81 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 1,26 + 3,81 = 5,07 \Omega ;$$

$$I_{kmax}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 5,07} = 1195,7 A ;$$

Trifazis trumpas jungimas minimaliu režimu:

$$Z_S = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2475} = 2,45 \Omega ;$$

$$Z_{kab} = 3,81 \Omega ;$$

$$Z_{\Sigma} = 2,45 + 3,81 = 6,26 \Omega ;$$

$$I_{kmin}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 6,26} = 968,4 A ;$$

Dvifazis trumpas jungimas:

$$I_{kmin}^{(2)} = I_{kmin}^{(3)} \cdot 0,86 ;$$

$$I_{kmin}^{(2)} = 968,4 \cdot 0,86 = 832,8 A ;$$

### 2.5 lentelė. Trumpųjų jungimų skaičiavimo rezultatai

Eil.Nr.	Trumpo jungimo vieta	$I_{kmax}^{(3)}$ A	$I_{kmin}^{(3)}$ A	$I_{kmin}^{(2)}$ A
1	L-100 linijos gale	685,8	604,4	519,8
2	L-200 linijos gale	656,8	581,8	500,3
3	L-300 linijos gale	332	311,7	268
4	L-400 linijos gale	413	382	328,5
5	L-500 linijos gale	617,3	550,6	473,5
6	L-600 linijos gale	1757,2	1309,3	1126
7	L-700 linijos gale	1195,7	968,4	832,8

## 2.4 Smūgio srovė

Smūgio srovę skaičiuojam maksimaliu ir minimaliu sistemos darbo režimu. Ji skaičiuojama pagal formulę pagal (2.14) formulę [2]:

$$i_{sm} = \sqrt{2} \cdot I_k \cdot k_{sm}; \quad (2.14)$$

čia  $k_{sm}$  – smūgio koeficientas, kuris apskaičiuojamas pagal (2.15) formulę [2]:

$$k_{sm} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}; \quad (2.15)$$

Trumpojo jungimo aperiodinės dedamosios gesimo laiko pastovioji apskaičiuojama pagal (2.16) formulę [2]:

$$T_a = \frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma} \cdot \omega}; \quad (2.16)$$

Čia  $\omega$  – kampinis dažnis,  $\omega = 2\pi f = 314 \text{ rad/s}$ ;

Aktyvioji transformatoriaus varža apskaičiuojama pagal (2.17) formulę [2]:

$$R_T = \Delta P_{Tj} \frac{U_P^2}{S_{TN}^2}; \quad (2.17)$$

Čia  $\Delta P_{Tj}$  – trumpo jungimo aktyviosios galios nuostoliai;

Sistemos aktyvioji varža apskaičiuojama pagal (2.18) formulę, priimama, kad aktyvioji varža yra 25 kartus mažesnė už reaktyviają:

$$R_s = \frac{X_s}{25}; \quad (2.18)$$

Suminė aktyvioji varža apskaičiuojama pagal (2.19) formulę [2]:

$$R_{\Sigma} = R_s + R_T; \quad (2.19)$$

Suminė reaktyvioji varža apskaičiuojama pagal (2.20) formulę [2]:

$$X_{\Sigma} = X_s + X_T; \quad (2.20)$$

$X_T$  – reaktyvioji transformatoriaus varža;

$X_s$  – reaktyvioji sistemos varža;

Smūgio srovė maksimaliu režimu:

$$R_s = \frac{5,997}{25} = 0,24 \Omega;$$

$$R_T = 48000 \cdot \frac{(10 \cdot 10^3)^2}{(6300 \cdot 10^3)^2} = 0,12 \Omega;$$

$$R_{\Sigma} = 0,24 + 0,12 = 0,36 \Omega;$$

$$X_{\Sigma} = 5,997 + 201,66 = 207,657 \Omega;$$

$$T_a = \frac{207,657}{314 \cdot 0,36} = 1,8 \text{ s};$$

$$k_{sm} = 1 + e^{\frac{-0,01}{1,8}} = 1,99;$$

$$i_{sm} = \sqrt{2} \cdot 4,814 \cdot 1,99 = 13,55 \text{ kA}.$$

Smūgio srovē minimaliu režimu:

$$R_s = \frac{26,46}{25} = 1,06 \, \Omega ;$$

$$R_T = 48000 \cdot \frac{(10 \cdot 10^3)^2}{(6300 \cdot 10^3)^2} = 0,12 \, \Omega ;$$

$$R_\Sigma = 1,06 + 0,12 = 1,18 \, \Omega ;$$

$$X_\Sigma = 26,46 + 201,66 = 228,12 \, \Omega ;$$

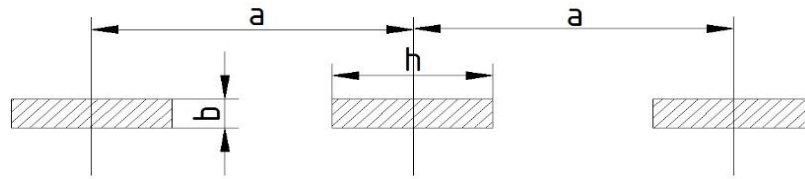
$$T_a = \frac{228,12}{314 \cdot 1,18} = 0,6 \text{ s};$$

$$k_{sm} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,6}} = 1,98;$$

$$i_{sm} = \sqrt{2} \cdot 2,475 \cdot 1,98 = 6,93 \text{ kA}.$$

### 3. ŠYŅŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS

Parenkamų šynų išdėstymas pavaizduotas 2 paveiksle.



2 pav. Šynų išdėstymas

Parinkta šyna turi tenkinti penkias sąlygas.

1. Sąlyga. Normalaus režimo maksimali srovė turi būti mažesnė už šynos leistiną srovę.

Normalaus režimo maksimali srovė apskaičiuojama pagal (3.21) formulę [5]:

$$I_{max} = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N}; \quad (3.21)$$

čia:  $S_N$  – nominali transformatoriaus,  $kVA$ ;

$U_N$  – nominali įtampa,  $kV$ .

Sąlyga tenkinama jei  $I_{max} < I_l$ .

2. Sąlyga. Normalaus režimo maksimali srovė turi būti mažesnė už šynos perskaičiuotą leistiną srovę.

Šynos perskaičiuota leistinoji srovė apskaičiuojama pagal (3.22) formulę [5]:

$$I'_l = I_l \cdot \sqrt{\frac{\vartheta_1 - \vartheta_0}{\vartheta_1 - \vartheta_{0N}}}, \quad (3.22)$$

čia:  $\vartheta_1$  – ilgalaikė leistinoji temperatūra,  $\vartheta_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$\vartheta_0$  – aplinkos temperatūra,  $\vartheta_0 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$\vartheta_{0N}$  – aplinkos vardinė temperatūra,  $\vartheta_{0N} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Sąlyga tenkinama jei  $I_{max} < I'_l$ .

3. Sąlyga. Terminio atsparumo sąlyga. Laidininkas bus termiškai atsparus, jei jo skerspjūvis bus ne mažesnis už minimalų skerspjūvį.

Minimalus šynos skerspjūvis apskaičiuojama pagal (3.23) formulę [5]:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C}; \quad (3.23)$$

čia:  $B_K$  – šiluminis impulsas,  $A^2 \cdot s$ ;

$C$  – koeficientas, apskaičiuotas trumpalaikiai leistinajai temperatūrai ir vardinėms pradinėms sąlygoms, varinėms šynoms  $C = 167 \text{ A} \cdot \text{s}^{1/2} / \text{mm}^2$ .

Šiluminis impulsas apskaičiuojama pagal (3.24) formulę [5]:

$$B_K = I_K^2 \cdot (t_{atj} + T_a), \quad (3.24)$$

čia:  $I_K$  – trumpojo jungimo srovė,  $kA$ ;

$t_{atj}$  – trumpojo jungimo atjungimo laikas,  $t_{atj} = 0,2$  s;

$T_a$  – srovės aperiodinės dedamosios gesimo laiko pastovioji,  $T_a = 0,04$  s.

Sąlyga tenkinama jei  $S_{min} < S$ .

4. Sąlyga. Dinaminio atsparumo sąlyga. Šyna bus dinamiškai atspari, jei apskaičiuotasis medžiagos įtempis neviršys leistinojo.

Šynos mechaninis įtempis apskaičiuojama pagal (3.25) formulę [5]:

$$\sigma_{sk} = \frac{M}{W}; \quad (3.25)$$

čia:  $M$  – lenkimo momentas,  $N \cdot m$ ;

$W$  – atsparumo momentas,  $cm^3$ .

Lenkimo momentas apskaičiuojama pagal (3.26) formulę [5]:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{10}; \quad (3.26)$$

čia:  $q$  – atskirų fazių šynas veikianti tolygiai pasiskirsčiusi vienetinė jėga,  $N/m$ ;

$l$  – atstumas tarp izoliatorių,  $m$ .

Veikianti vienetinė jėga apskaičiuojama pagal (3.27) formulę [5]:

$$q = \sqrt{3} \cdot \frac{i_{sm}^2}{a} \cdot 10^{-7}, \quad (3.27)$$

čia:  $i_{sm}$  – smūgio srovė,  $A$ .

$a$  – atstumas tarp fazių,  $m$ .

Atstumas tarp izoliatorių apskaičiuojama pagal (3.28) formulę [5]:

$$l = \sqrt{\frac{k}{200} \cdot \sqrt{\frac{J}{S}}}, \quad (3.28)$$

čia:  $k$  – koeficientas, varinėms šynomis  $k = 125,2$  Hz  $\cdot \frac{m^2}{cm}$ ;

$J$  – šynos skerspjūvio inercijos momentas, apie ašį statmeną veikiančiai jėgai,  $cm^4$ ;

$S$  – šynos skerspjūvio plotas,  $cm^2$ .

Inercijos momentas apskaičiuojama pagal (3.29) formulę [5]:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}; \quad (3.29)$$

Atsparumo momentas apskaičiuojama pagal (3.30) formulę [5]:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad (3.30)$$

Leistinasis įtempis varinei šynai lygus  $\sigma_l = 120$  MPa.

Sąlyga tenkinama jei  $\sigma_{sk} < \sigma_l$ .

5. Sąlyga. Elektrodinaminio atsparumo sąlyga. Ši sąlyga tenkinama, kai atstumas tarp izoliatorių ne didesnis už maksimalų.

Maksimalus atstumas tarp izoliatorių apskaičiuojama pagal (3.31) formulę [5]:

$$l_{max} = \sqrt{\frac{10 \cdot W \cdot \sigma_l}{q}}; \quad (3.31)$$

Sąlyga tenkinama jei  $l < l_{max}$ .

### 3.1 10kV šynų parinkimas ir tikrinimas

Parinkamos trigubos stačiakampės varinės šynos. Parinktų šynų parametrai yra tokie:

$h = 25 \text{ mm}$ ,  $b = 3 \text{ mm}$ ,  $S = 225 \text{ mm}^2$ , šynos leistinoji srovė  $I_l = 498 \text{ A}$ .

Tikrinama ar šyna parinkta teisingai.

1. Sąlyga. Normalaus režimo maksimali srovė turi būti mažesnė už šynos leistiną srovę.

Normalaus režimo maksimali srovė:

$$I_{max} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 10} = 363,7 \text{ A}.$$

$I_l = 498 \text{ A}$ .

$I_{max} < I_l$ , pirma sąlyga tenkinama.

2. Sąlyga. Normalaus režimo maksimali srovė turi būti mažesnė už šynos perskaičiuotą leistiną srovę.

Šynos perskaičiuota leistinoji srovė:

$$I'_l = 498 \cdot \sqrt{\frac{70 - 35}{70 - 25}} = 439,2 \text{ A}.$$

$I_{max} = 363,7 \text{ A}$ .

$I_{max} < I'_l$ , antra sąlyga tenkinama.

3. Sąlyga. Terminio atsparumo sąlyga. Laidininkas bus termiškai atsparus, jei jo skerspjūvis bus ne mažesnis už minimalų skerspjūvį.

Šiluminis impulsas:

$$B_K = 4814^2 \cdot (0,2 + 0,04) = 5,562 \text{ kA}^2 \cdot \text{s};$$

Tuomet:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{5,562 \cdot 10^6}}{167} = 14,1 \text{ mm}^2.$$

$S = 225 \text{ mm}^2$ .

$S_{min} < S$ , trečia sąlyga tenkinama.

4. Sąlyga. Dinaminio atsparumo sąlyga. Šyna bus dinamiškai atspari, jei apskaičiuotasis medžiagos įtempis neviršys leistinojo.

Inercijos momentas:

$$J = \frac{0,3 \cdot 2,5^3}{12} = 0,39 \text{ cm}^4.$$

Atsparumo momentas:

$$W = \frac{0,3 \cdot 2,5^2}{6} = 0,31 \text{ cm}^3.$$

Tada atstumas tarp izoliatorių:

$$l = \sqrt{\frac{125,2}{200} \cdot \frac{0,39}{2,25}} = 0,51 \text{ m}.$$

Veikianti vienetinė jėga:

$$q = \sqrt{3} \cdot \frac{(13,55 \cdot 10^3)^2}{0,3} \cdot 10^{-7} = 106 \text{ N/m}.$$

Lenkimo momentas:

$$M = \frac{106 \cdot 0,51^2}{10} = 2,75 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Tuomet šynos mechaninis įtempis:

$$\sigma_{sk} = \frac{2,75}{0,31} = 8,87 \text{ MPa}.$$

Leistinasis įtempis varinei šynai lygus  $\sigma_l = 120 \text{ MPa}$ .

$\sigma_{sk} < \sigma_l$ , ketvirta sąlyga tenkinama.

5. Sąlyga. Elektrodinaminio atsparumo sąlyga. Ši sąlyga tenkinama, kai atstumas tarp izoliatorių ne didesnis už maksimalų.

Maksimalus atstumas tarp izoliatorių:

$$l_{max} = \sqrt{\frac{10 \cdot 0,31 \cdot 10^{-6} \cdot 120 \cdot 10^6}{106}} = 1,87 \text{ m}.$$

$$l = 0,51 \text{ m}.$$

$l < l_{max}$ , penkta sąlyga tenkinama.

## 4. KOMUTACINIŲ APARATŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS

### 4.1 Jungtuvų parinkimas ir tikrinimas

Parinkamas vienas jungtuvas. Jungtuvo parinkimo sąlygos pateiktos 4 lentelėje.

**4.1 lentelė.** 10 kV pusės jungtuvo parinkimo sąlygos.

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimų duomenys	Katalogo duomenys	Sąlygos tenkinimas
		Parinktas jungtuvas <b>SIEMENS SION 3AE</b>	
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 10 \text{ kV}$	$U_N = 12 \text{ kV}$	Tenkinama
$I_{max} \leq I_N$	$I_{max} = 57,7 \text{ A}$	$I_N = 630 \text{ A}$	Tenkinama
$I_{p,t} \leq I_{atj,N}$	$I_{p,t} = 4,814 \text{ kA}$	$I_{atj,N} = I_T = 20 \text{ kA}$	Tenkinama
$i_{sm} \leq i_d$	$i_{sm} = 13,55 \text{ kA}$	$i_d = 20 \text{ kA}$	Tenkinama
$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$B_K = 5,562 \text{ kA}^2\text{s}$	$I_T^2 \cdot t_T = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ kA}^2\text{s}$	Tenkinama



**3 pav.** SIEMENS SION jungtuvas

## 5. ĮVADO KABELIŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS

Kadangi trūksta duomenų apie būsimas linijų apkrovas, įvado kabeliai parenkami pagal oro linijas išeinančias iš pastotės, bet atsižvelgus į [3] reikalavimus parenkamas viengyslis AXLJ – 7/12 kV 120/16 mm<sup>2</sup> galios aliuminio kabelis.

**5.1 lentelė.** 10 kV įvadinio kabelio parinkimo sąlygos.

Kabelio gyslų skaičius ir skerspjūvio plotas, mm <sup>2</sup>	Kabelio ekrano skerspjūvio plotas, mm <sup>2</sup>	Aktyvioji varža esant 20°C, Ω/km	Trikampė klojimo struktūra				Leistinoji trumpojo jungimo (1s) srovė laidinink, 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	0,39	265	325	11,3

Parinktas kabelis tikrinamas pagal trumpo jungimo srovės poveikį [2]:

$$I_T = \frac{I_{T1s}}{\sqrt{t_{išj}}} ; \quad (5.32)$$

$I_{T1s}$  – trumpo jungimo srovė, kuri gali tekėti 1s (pateikiama techninėje dokumentacijoje);

$t_{išj}$  – trumpo jungimo išjungimo trukmė, 0,5s ;

$$I_T = \frac{11,3}{\sqrt{0,5}} = 15,98 \text{ kA} ;$$

Sąlyga tenkinama.

## 6. MATAVIMO TRANSFORMATORIŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS

### 6.1 Srovės transformatoriai



4 pav. Srovės transformatorius

Srovės transformatoriai (ST) relinei apsaugai projektuojami su 5A antrine vardine srove. Pirminė srovė parinkta priklausomai nuo ST pastatymo vietos ir panaudojimo. 10kV skirstyklos narveliuose parenkami devyni 100/5-5 srovės transformatoriai. Srovės transformatorių parinkimo sąlygos pateiktos 7.1 ir 7.2 lentelėje.

6.1 lentelė. 10 kV pusės srovės transformatorių parinkimo sąlygos.

Parinkimo sąlyga	Skaiciavimų duomenys	Katalogo duomenys	Sąlygos tenkinimas
		Parinktas srovės transformatorius <b>LZZBJ9-10</b>	
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 10 \text{ kV}$	$U_N = 12 \text{ kV}$	Tenkinama
$I_{max} \leq I_N$	$I_{max} = 57,7 \text{ A}$	$I_{N1} = 100 \text{ A}, I_{N2} = 5 \text{ A}$	Tenkinama
$i_{sm} \leq i_d$	$i_{sm} = 13,55 \text{ kA}$	$i_d = 20 \text{ kA}$	Tenkinama

Galios transformatoriaus vardinė srovė [2]:

$$I_N = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 10} = 363,7 \text{ A}; \quad (6.33)$$

Įvadiniui 10kV skirstyklos narveliui parenkamas vieno kerno su keturiomis atšakomis srovės matavimo transformatorius:

**6.2 lentelė.** 10 kV įvadinio narvelio srovės transformatorius

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimų duomenys	Katalogo duomenys	Sąlygos tenkinimas
		Parinktas srovės transformatorius <b>LZZBJ9 -10</b>	
$U_{\text{įr}} \leq U_N$	$U_{\text{įr}} = 10 \text{ kV}$	$U_N = 12 \text{ kV}$	Tenkinama
$I_{\text{max}} \leq I_N$	$I_{\text{max}} = 363,7 \text{ A}$	$I_{N1} = 400\text{A}, I_{N2} = 5 \text{ A}$	Tenkinama
$i_{\text{sm}} \leq i_d$	$i_{\text{sm}} = 13,55 \text{ kA}$	$i_d = 20 \text{ kA}$	Tenkinama

### 6.2 Įtampos transformatorius

Pagal AB LESTO išduotas technines sąlygas parenkami įtampos transformatoriai su transformacijos koeficientu  $10/\sqrt{3} / 0,1/\sqrt{3} / 0,1/\sqrt{3} / 0,1/3$ . Pirma antrinė apvija (jungiamo „žvaigžde“) naudojama kontrolinei apskaitai, antra (jungiamo „žvaigžde“) – relinei apsaugai, trečia (jungiamo „atviru trikampiū“) – relinei apsaugai (įžemėjimo).

**6.3 lentelė.** Įtampos transformatoriaus patikrinimas

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimų duomenys	Įtampos transformatoriaus duomenys <b>ABB TDC-4</b>	Sąlygos tenkinimas
$U_T \leq U_N$	$U_T = 10 \text{ kV}$	$U_N = 10 \text{ kV}$	Tenkinama
Suderinta tikslumo klasė		0,2 k.l	
Transformacijos koeficientas		$\frac{10}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{3}$	

## 7. VIRŠTAMPIŲ RIBOTUVŲ IR ĮŽEMIKLIŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS

Parinkama po vieną 10 kV virštampių ribotuvą kiekvienam narveliui. Parinkimo sąlygos pateiktos 15 lentelėje.

**7.1 lentelė.** 10 kV virštampių ribotuvų parinkimo sąlygos.

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimų duomenys	Katalogo duomenys	Sąlygos tenkinimas
		Parinktas įtampos ribotuvas <b>ENSTO SGA1012.10</b>	
$U_{ir} \leq U_C$	$U_{ir} = 12 \text{ kV}$	$U_C = 12 \text{ kV}$	Tenkinama

Parinkama po vieną 10 kV įžemiklį kiekvienam narveliui, parinkimo sąlygos pateiktos 16 lentelėje.

**7.2 lentelė.** 10 kV pusės įžemiklių parinkimo sąlygos.

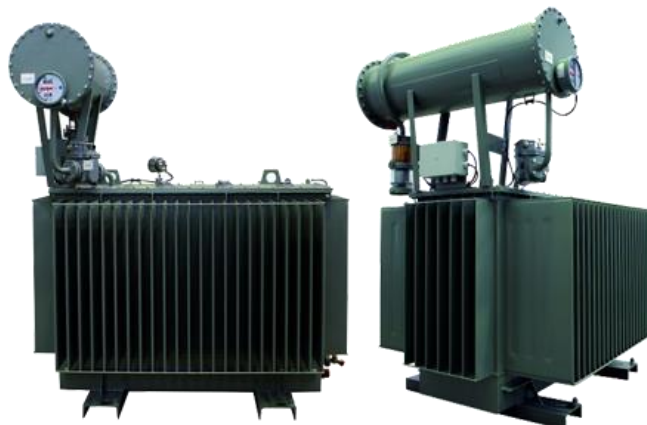
Parinkimo sąlyga	Skaičiavimų duomenys	Katalogo duomenys	Sąlygos tenkinimas
		Parinktas „Make“ tipo įžemiklis	
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 12 \text{ kV}$	$U_N = 12 \text{ kV}$	Tenkinama

## 8. KOMPENSACINĖS RITĖS PARINKIMAS IR TIKRINIMAS

Siekiant 10-35 kV tinkle sumažinti įžemėjimo srovės, naudojamos specialios kintamo induktyvumo ritės, įjungtos tarp transformatoriaus neutralės ir žemės. Ritė patalpinta į baką, pripildytą alyvos, jos induktyvumas keičiamas pavara stumdant dalį plieninės šerdies. Ritės darbas reguliuojamas valdiklio pagalba, automatiškai nustatant induktyvumą, reikalingą tinklo įžemėjimo srovėms kompensuoti, tą reglamentuoja[1]. Tai labai patogiu, nes prijungiant ar atjungiant atskiras linijas nuo tinklo, ritė bus automatiškai nustatoma kompensavimui. Ritės induktyvumas reguliuojamas tol, kol įtampa  $U_0$  matavimo apvijoje normalaus darbo režimo metu tampa maksimali. Ši įtampa yra sąlygojama nedidelės srovės  $I_0$ , tekančios transformatoriaus neutralėje. Normaliu režimu srovė  $I_0$  dėl tinklo įtampų ir fazių laidų nesimetrijos teka kompensavimo rite[2].

Pagrindiniai kompensacinės ritės parametrai yra jos vadinė galia  $Q_{NR}$  ir vardinė fazinė įtampa  $U_{NF}$ . Kuo didesnė tinklo įžemėjimo srovė  $I_{Csk}$ , tuo galingesnė ritė reikalinga ( $Q_{NR} > 1,25 \cdot I_{Csk} \cdot U_{NF}$ .)

Kompensacinė ritė į tinklą įjungiamą specialaus pastotėje esančio nedidelės galios transformatoriaus neutralėje.



**5.pav** Kompensacinė ritė

Talpinė srovė kabelinėje linijoje apskaičiuojama pagal formulę [2]:

$$I_{Csk} = \frac{U_N \cdot L}{10}; \quad (8.34)$$

Čia L – linijos ilgis, km.

Talpinė srovė oro linijoje apskaičiuojama pagal formulę:

$$I_{Csk} = \frac{U_N \cdot L}{350}; \quad (8.35)$$

Vardinė galia apskaičiuojama (8.36) formulė [2]:

$$Q_{NR} = 1,25 \cdot I_{Csk} \cdot U_{Nf}; \quad (8.36)$$

Vardinė fazinė įtampa randama [2]:

$$U_{Nf} = \frac{U_N}{\sqrt{3}}; \quad (8.37)$$

$U_N$  – tinklo linijinė įtampa, kV ;

Skaičiuojama talpinė srovė kiekvienoje linijoje. Linijų duomenys pateikti 1 priede. Visos išeinančios oro linijos iš Balbieriškio TP iki pirmos atramos keičiamos į kabelines linijas.

### **L – 100 – Žiūronys**

Balbieriškio TP – atrama 68:

$$I_{Csk1} = \frac{10,5 \cdot 4,145}{10} = 4,35 \text{ A};$$

Srovė tarp likusių atramų:

$$I_{Csk2} = \frac{10,5 \cdot 4,44}{350} = 0,13 \text{ A};$$

Suminė linijos įžemėjimo srovė:

$$I_{Csk(L-100)} = 4.35 + 0.13 = 4,48 A.$$

### **L – 200 – Kižai**

Balbieriškio TP – atrama 42:

$$I_{Csk1} = \frac{10,5 \cdot 2,83}{10} = 2,97A$$

Srovė tarp likusių atramų:

$$I_{Csk2} = \frac{10,5 \cdot 6,54}{350} = 0,196 A;$$

Suminė linijos įžemėjimo srovė:

$$I_{Csk(L-200)} = 2,97 + 0.196 = 3,17A.$$

### **L – 300 – Birštonas**

Balbieriškio TP – atrama 30:

$$I_{Csk1} = \frac{10,5 \cdot 1,59}{10} = 1,67A$$

Srovė tarp likusių atramų:

$$I_{Csk2} = \frac{10,5 \cdot 20,984}{350} = 0,63 A;$$

Suminė linijos įžemėjimo srovė:

$$I_{Csk(L-300)} = 1,67 + 0.63 = 2,3 A.$$

### **L – 400 – Naravai**

Balbieriškio TP – atrama 48:

$$I_{Csk1} = \frac{10,5 \cdot 3,03}{10} = 3,18 A$$

Srovė tarp likusių atramų:

$$I_{Csk2} = \frac{10,5 \cdot 14,208}{350} = 0,43 A;$$

Suminė linijos įžemėjimo srovė:

$$I_{Csk(L-400)} = 3,18 + 0.43 = 3,61 A.$$

### **L – 500 – Vartai**

Balbieriškio TP – atrama 5:

$$I_{Csk1} = \frac{10,5 \cdot 0,24}{10} = 0,25 A$$

Srovė tarp likusių atramų:

$$I_{Csk2} = \frac{10,5 \cdot 11,38}{350} = 0,34 A;$$

Suminė linijos įžemėjimo srovė:

$$I_{Csk(L-500)} = 0,25 + 0,34 = 0,59 \text{ A.}$$

**L – 600 –Norkūnai**

Balbieriškio TP – atrama 18:

$$I_{Csk1} = \frac{10,5 \cdot 1,12}{10} = 1,2 \text{ A}$$

Srovė tarp likusių atramų:

$$I_{Csk2} = \frac{10,5 \cdot 1,98}{350} = 0,06 \text{ A};$$

Suminė linijos įžemėjimo srovė:

$$I_{Csk(L-600)} = 1,2 + 0,06 = 1,26 \text{ A.}$$

**L – 700 – Geruliai**

Balbieriškio TP – atrama 14:

$$I_{Csk1} = \frac{10,5 \cdot 0,8}{10} = 0,84 \text{ A}$$

Srovė tarp likusių atramų:

$$I_{Csk2} = \frac{10,5 \cdot 4,4}{350} = 0,132 \text{ A};$$

Suminė linijos įžemėjimo srovė:

$$I_{Csk(L-700)} = 0,84 + 0,132 = 0,97 \text{ A.}$$

**Suminė visų linijų įžemėjimo srovė:**

$$\sum I_{Csk}$$

$$= I_{Csk(L-100)} + I_{Csk(L-200)} + I_{Csk(L-300)} + I_{Csk(L-400)} + I_{Csk(L-500)} + I_{Csk(L-600)} + I_{Csk(L-700)}$$

(8.38)

$$\sum I_{Csk} = 4,48 + 3,17 + 2,3 + 3,61 + 0,59 + 1,26 + 0,97 = 16,38 \text{ A.}$$

**Parenkama kompensacinė ritė:**

$$U_{Nf} = \frac{10,5}{\sqrt{3}} = 6,06 \text{ kV.}$$

$$Q_R = 1,25 \cdot 16,38 \cdot 6,06 = 124,1 \text{ kVar};$$

**8.1 lentelė. Kompensacinės ritės parinkimo sąlygos.**

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimų duomenys	Katalogo duomenys	Sąlygos tenkinimas
		Parinkta ritė	
$Q_{NR} > 1,25 \cdot U_{Nf} \cdot I_{Csk}$	$Q_R = 124,1 \text{ kVA}$	$Q_{NR} = 160 \text{ kVA}$	Tenkinama

## 9. MAKSIMALIOS SROVĖS APSAUGOS (MSA) PARINKIMAS

Atlikus trumpųjų jungimų 10 kV linijų skaičiavimus, nuostaitai bus parenkami atsižvelgiant į linijos laidininkų leistinąsias ilgalaikes apkrovos sroves bei apsaugos jautrumą esant trumpajam jungimui linijos gale  $k_j > 1,5$ . Linijos „galas“ tai ilgiausias atstumas nuo Balbieriškio TP.



6 pav. VAMP relinės apsaugos terminalas

Visose 10 kV OL, išskyrus L-500 yra ruožų su AS-35 laidininku, todėl nuostatas skaičiuojamas pagal ilgalaikę leistiną srovę (175A) ir tikrinamas apsaugos jautrumas linijos gale:

### L-100

MSA pirminė poveikio srovė apskaičiuojama pagal (9.39) formulę[2]:

$$I_p = \frac{k_a \cdot I_{Lmax}}{k_{gr}}; \quad (9.39)$$

$$I_p = \frac{1,3 \cdot 175}{0,98} \approx 240A;$$

$I_p$  – poveikio srovė; 240A

$k_a$  – atsargos koeficientas; (1,3)

$I_{Lmax}$  linijos maksimali ilgalaikė leistinoji srovė; 175A

$k_{gr}$  – grįžimo koeficientas. 0,98

Apsaugos jautrumas[2]:

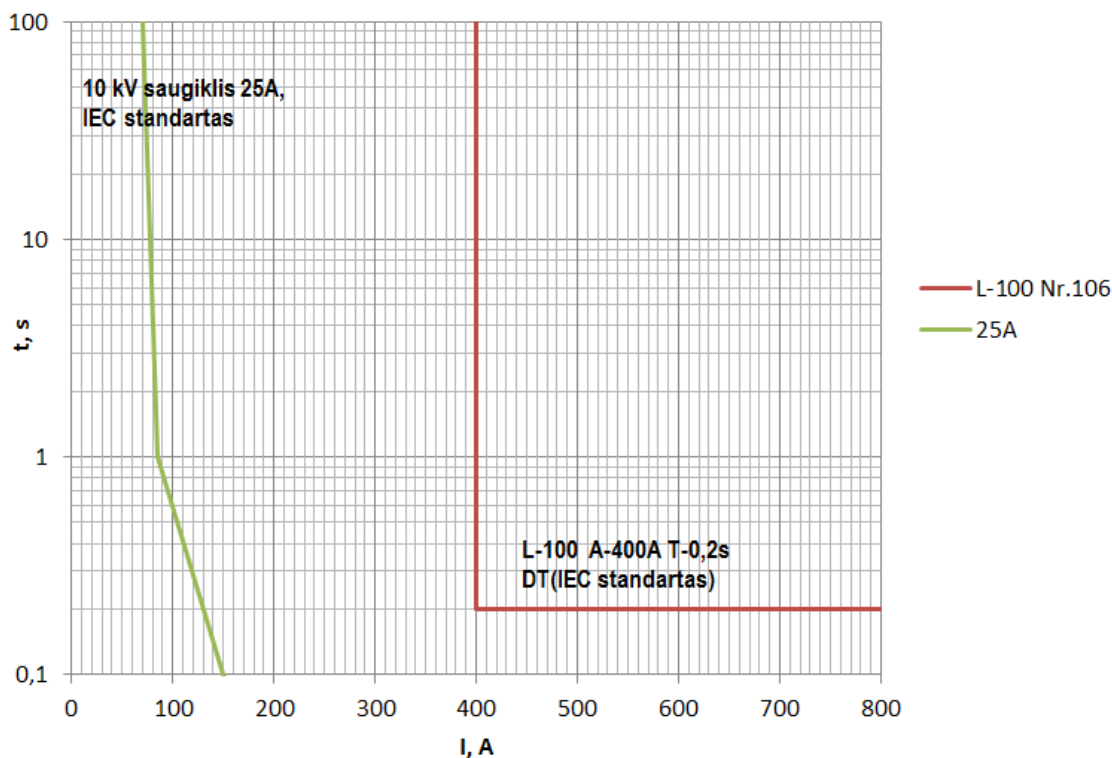
$$k_j = \frac{I_{kmin}^{(2)}}{I_s}; \quad (9.40)$$

$I_{kmin}^{(2)}$  – dvifazis trumpas jungimas linijos gale;

$$k_j = \frac{519,8}{240} = 2,16 > 1,5;$$

Apsaugos poveikis  $I_p = 240A$ ,  $T_p = 1s$

Atkirtos poveikis priimas atsižvelgiant į linijos didžiausio galios transformatoriaus saugiklį. L-100 linijoje didžiausias galios transformatorius – 250kVA. Saugiklis 10 kV pusėje 25A.



7 pav. Selektyvumo diagrama linijoje L–100

Atkirtos poveikis  $I_{AP}=400A$ ,  $T_p=0,2s$

### L-200

MSA pirminė poveikio srovė apskaičiuojama:

$$I_p = \frac{1,3 \cdot 175}{0,98} \approx 240A;$$

$I_p$  – poveikio srovė; 240A

$k_a$  – atsargos koeficientas; (1,3)

$I_{Lmax}$  linijos maksimali ilgalaikė leistinoji srovė; 175A

$k_{gr}$  – grįžimo koeficientas. 0,98

Apsaugos jautrumas:

$$k_j = \frac{500,3}{240} = 2,08 > 1,5 ;$$

Apsaugos poveikis  $I_p=240A$ ,  $T_p=1s$

Atkirtos poveikis priimas atsižvelgiant į linijos didžiausio galios transformatoriaus saugiklį. L-200 linijoje didžiausias galios transformatorius – 250kVA. Saugiklis 10 kV pusėje 25A.

Atkirtos poveikis  $I_{AP}=400A$ ,  $T_p=0,2s$

### **L-300**

MSA pirminė poveikio srovė apskaičiuojama:

$$I_p = \frac{1,3 \cdot 175}{0,98} \approx 240A;$$

$I_p$  – poveikio srovė; 240A

$k_a$  – atsargos koeficientas; (1,3)

$I_{Lmax}$  linijos maksimali ilgalaikė leistinoji srovė; 175A

$k_{gr}$  – grįžimo koeficientas. 0,98

Apsaugos jautrumas:

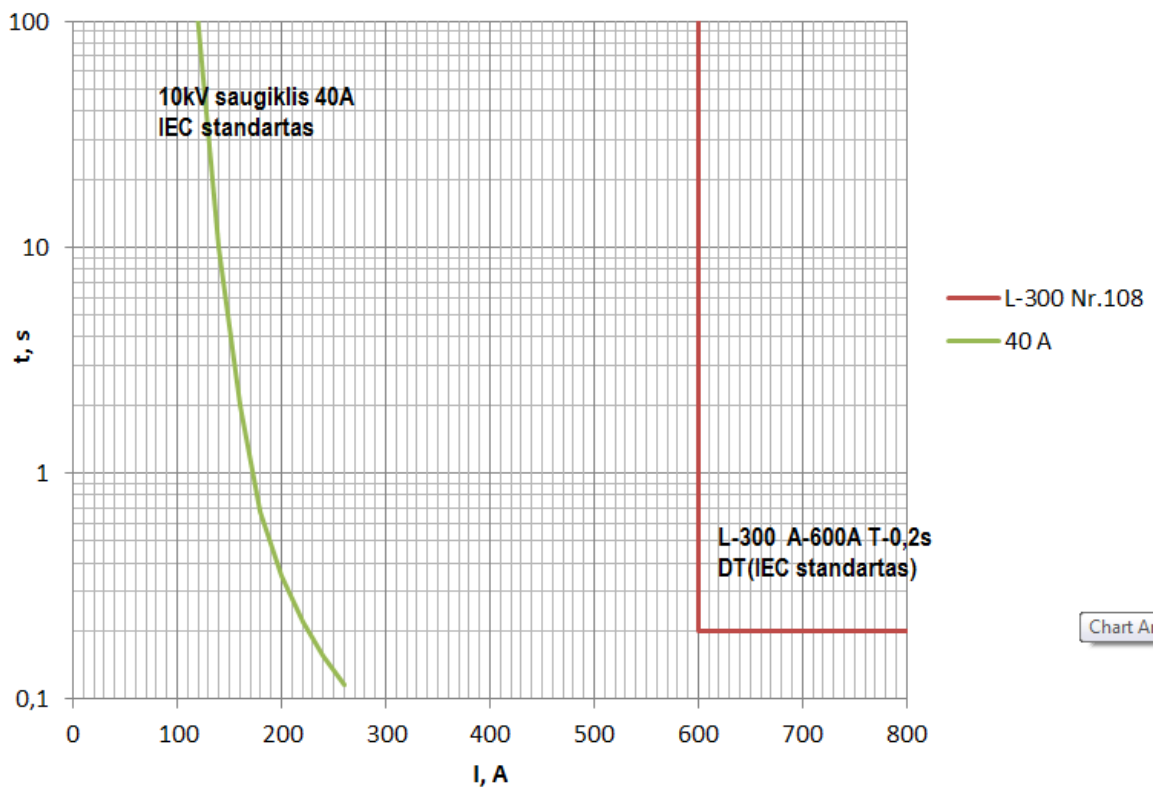
$$k_j = \frac{268}{240} = 1,11 < 1,5 ;$$

$$k_j = \frac{268}{170} = 1,57 > 1,5 ;$$

Apsaugos poveikis  $I_p=170A$ ,  $T_p=1s$

Atkirtos poveikis priimas atsižvelgiant į linijos didžiausio galios transformatoriaus saugiklį. L-300 linijoje didžiausias galios transformatorius – 400kVA. Saugiklis 10 kV pusėje 40A.

Atkirtos poveikis  $I_{AP}=600A$ ,  $T_p=0,2s$



8 pav. Selektyvumo diagrama linijoje L-300

#### L-400

MSA pirminė poveikio srovė apskaičiuojama:

$$I_p = \frac{1,3 \cdot 175}{0,98} \approx 240A;$$

$I_p$  – poveikio srovė; 240A

$k_a$  – atsargos koeficientas; (1,3)

$I_{Lmax}$  linijos maksimali ilgalaikė leistinoji srovė; 175A

$k_{gr}$  – grįžimo koeficientas. 0,98

Apsaugos jautrumas:

$$k_j = \frac{328,5}{240} = 1,36 < 1,5 ;$$

$$k_j = \frac{328,5}{200} = 1,64 > 1,5 ;$$

Apsaugos poveikis  $I_p = 200A$ ,  $T_p = 1s$

#### L-500

MSA pirminė poveikio srovė apskaičiuojama:

$$I_p = \frac{1,3 \cdot 175}{0,98} \approx 240A;$$

$I_p$  – poveikio srovė; 240A

$k_a$  – atsargos koeficientas; (1,3)

$I_{Lmax}$  linijos maksimali ilgalaikė leistinoji srovė; 175A

$k_{gr}$  – grįžimo koeficientas. 0,98

Apsaugos jautrumas:

$$k_j = \frac{473,5}{240} = 1,97 > 1,5 ;$$

Apsaugos poveikis  $I_p = 240A$ ,  $T_p = 1s$

Atkirtos poveikis priimas atsižvelgiant į linijos didžiausio galios transformatoriaus saugiklį. L-500 linijoje didžiausias galios transformatorius – 250kVA. Saugiklis 10 kV pusėje 25A.

Atkirtos poveikis  $I_{AP} = 400A$ ,  $T_p = 0,2s$

### **L-600**

MSA pirminė poveikio srovė apskaičiuojama:

$$I_p = \frac{1,3 \cdot 175}{0,98} \approx 240A;$$

$I_p$  – poveikio srovė; 240A

$k_a$  – atsargos koeficientas; (1,3)

$I_{Lmax}$  linijos maksimali ilgalaikė leistinoji srovė; 175A

$k_{gr}$  – grįžimo koeficientas. 0,98

Apsaugos jautrumas:

$$k_j = \frac{1126}{240} = 4,69 > 1,5 ;$$

Apsaugos poveikis  $I_p = 240A$ ,  $T_p = 1s$

Atkirtos poveikis priimas atsižvelgiant į linijos didžiausio galios transformatoriaus saugiklį. L-600 linijoje didžiausias galios transformatorius – 400kVA. Saugiklis 10 kV pusėje 40A.

Atkirtos poveikis  $I_{AP} = 600A$ ,  $T_p = 0,2s$

### **L-700**

$$I_p = \frac{1,3 \cdot 175}{0,98} \approx 240A;$$

$I_p$  – poveikio srovė; 240A

$k_a$  – atsargos koeficientas; (1,3)

$I_{Lmax}$  linijos maksimali ilgalaikė leistinoji srovė; 175A

$k_{gr}$  – grįžimo koeficientas. 0,98

Apsaugos jautrumas:

$$k_j = \frac{832,8}{240} = 3,47 > 1,5 ;$$

Apsaugos poveikis  $I_p = 240A$ ,  $T_p = 1s$

Atkirtos poveikis priimas atsižvelgiant į linijos didžiausio galios transformatoriaus saugiklį. L-700 linijoje didžiausias galios transformatorius – 400kVA. Saugiklis 10 kV pusėje 40A.

Atkirtos poveikis  $I_{AP} = 600A$ ,  $T_p = 0,2s$

## IŠVADOS

1. Suskaičiavus trifazius trumpuosius jungimus ant 10kV šynų, didžiausia trumpo jungimo srovės reikšmė ( $I_k = 4,814$  kA). Toliau buvo paskaičiuota smūgio srovė kuri lygi ( $i_{sm} = 13,55$  kA).
2. Suskaičiuoti trifaziai ir dvifaziai trumpieji jungimai linijų galuose relinės apsaugos parinkimui.
3. Remiantis trifazio trumpojo jungimo bei smūgio srovės skaičiavimo gautais rezultatais buvo parenkamos šynos, komutaciniai aparatai, matavimo transformatoriai, viršįtampių ribotuvai. Visi parinkti aparatai bei laidininkai buvo tikrinami pagal nustatytas sąlygas. Kadangi visos sąlygos buvo tenkinamos, vadinasi įrenginiai parinkti teisingai.
4. Suskaičiuotos linijų įžemėjimo srovės ir parinkta kompensacinė ritė joms kompensuoti.
5. Atlikti skaičiavimai ir parinkta MSA kiekvienai linijai saugoti.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Elektros įrenginių įrengimo taisyklės. 1-4 skyriai: Norminis teisės aktas. Vilnius, 2012 m.
2. SVINKŪNAS, G., NAVICKAS, A. Elektros energetikos pagrindai. Kaunas, 2011
3. 10-0,4 kV tinklo techniniai reikalavimai. Kabeliai ir laidai. [žiūrėta 2015-05-11]. Prieiga per internetą:  
<http://www.lestonet.lt/lt/verslui/tiekjams-ir-rangovams/lestonet-techniniai-reikalavimai/10-04-kv.html>
4. AŽUBALIS, V., KORYZNA, J.. Trumpieji jungimai elektros sistemose. 1986.
5. DEKSNYS, R.P., R. STANIULIS, R., MIŠKINIS, V. Elektrinių ir pastočių elektrinė dalis. Kursinis projektavimas. Mokytojų knyga.–Technologija. Kaunas . 2010.
6. Kabelių katalogas DRAKA. [žiūrėta 2015-05-12]. Prieiga per internetą:  
[http://www.drakakeila.ee/toot/Draka\\_Catalogue\\_LIT.pdf](http://www.drakakeila.ee/toot/Draka_Catalogue_LIT.pdf);

## PRIEDAI

### Priedas NR. 1 „Linijų duomenys“

**1 lentelė.** 10 kV L-100- Žiūronys varža

OL skerspjūvis mm <sup>2</sup>	Aktyvinė R <sub>kab</sub> varža Ω/kilometrui	Induktyvinė X <sub>kab</sub> varža Ω/kilometrui	Trasa		OL ilgis, m
			Nuo	Iki	
50	0,64	0,4	Balbieriškio TP	Atrama 68	4145
35	0,92	0,4	Atrama 68	Atrama 131	4440
				Viso ilgis	8585
				Pilnutinė varža, Ω	7,58

**2 lentelė.** 10 kV L-200-Kižai varža

OL skerspjūvis mm <sup>2</sup>	Aktyvinė R <sub>kab</sub> varža Ω/kilometrui	Induktyvinė X <sub>kab</sub> varža Ω/kilometrui	Trasa		OL ilgis, m
			Nuo	Iki	
50	0,64	0,4	Balbieriškio TP	Atrama 42	2830
70	0,46	0,4	Atrama 42	Atrama 49	310
50	0,64	0,4	Atrama 49	Atrama 67	1080
70	0,46	0,4	Atrama 67	Atrama 82	760
35	0,92	0,4	Atrama 82	Atrama 92	760
50	0,64	0,4	Atrama 92	Atrama 105	650
35	0,92	0,4	Atrama 105	Atrama 144	2980
				Viso ilgis	9370
				Pilnutinė varža, Ω	7,97

**3 lentelė.** 10 kV L-300 - Birštonas varža

OL skerspjūvis mm <sup>2</sup>	Aktyvinė R <sub>kab</sub> varža Ω/kilometrui	Induktyvinė X <sub>kab</sub> varža Ω/kilometrui	Trasa		OL ilgis, m
			Nuo	Iki	
50	0,64	0,4	Balbieriškio TP	Atrama 30	1590
70	0,46	0,4	Atrama 30	Atrama 70	1945
120	0,27	0,4	Atrama 70	Atrama 71	370
50	0,64	0,4	Atrama 71	Atrama 200	7920

70	0,46	0,4	Atrama 200	Atrama 309/9	650
50	0,64	0,4	Atrama 309/9	Atrama 310/60	4610
35	0,92	0,4	Atrama 310/60	Atrama 310/88	1260
50	0,64	0,4	Atrama 310/88	Atrama 310/119	1989
35	0,92	0,4	Atrama 310/119	Atrama 310/128	500
50	0,64	0,4	Atrama 310/128	Atrama 310/151	1740
				Viso ilgis	22574
				Pilnutinė varža, $\Omega$	17

**4 lentelė.** 10 kV L-400 - Naravai varža

OL skerspjuvis mm <sup>2</sup>	Aktyvinė $R_{kab}$ varža $\Omega$ /kilometrui	Induktyvinė $X_{kab}$ varža $\Omega$ /kilometrui	Trasa		OL ilgis, m
			Nuo	Iki	
50	0,64	0,4	Balbieriškio TP	Atrama 48	3030
70	0,46	0,4	Atrama 48	Atrama 59	630
50	0,64	0,4	Atrama 59	Atrama 103	2390
35	0,92	0,4	Atrama 103	Atrama 125	1200
50	0,64	0,4	Atrama 125	Atrama 167	2510
35	0,92	0,4	Atrama 167	Atrama 169-A	180
50	0,64	0,4	Atrama 169-A	Atrama 187-A	1926
35	0,92	0,4	Atrama 187-A	Atrama 197-A	1308
50	0,64	0,4	Atrama 197-A	Atrama 252	3054
70	0,46	0,4	Atrama 252	Atrama 270	1010
				Viso ilgis	17238
				Pilnutinė varža, $\Omega$	13,42

**5 lentelė.** 10 kV L-500 - Vartai varža

OL skerspjuvis	Aktyvinė $R_{kab}$ varža	Induktyvinė $X_{kab}$ varža	Trasa	OL ilgis, m
-------------------	-----------------------------	--------------------------------	-------	-------------

mm <sup>2</sup>	$\Omega$ /kilometrui	$\Omega$ /kilometrui	Nuo	Iki	
70	0,46	0,4	Balbieriškio TP	Atrama 5	240
50	0,64	0,4	Atrama 5	Atrama 107	6290
70	0,46	0,4	Atrama 107	Atrama 126	1200
50	0,64	0,4	Atrama 126	Atrama 191	3890
				Viso ilgis	11620
				Pilnutinė varža, $\Omega$	8,56

**6 lentelė.** 10 kV L-600 - Norkūnai varža

OL skerspjūvis mm <sup>2</sup>	Aktyvinė $R_{kab}$ varža $\Omega$ /kilometrui	Induktyvinė $X_{kab}$ varža $\Omega$ /kilometrui	Trasa		OL ilgis, m
			Nuo	Iki	
70	0,46	0,4	Balbieriškio TP	Atrama 18	1120
50	0,64	0,4	Atrama 18	Atrama 52	1920
35	0,92	0,4	Atrama 52	Atrama 53	60
				Viso ilgis	3100
				Pilnutinė varža, $\Omega$	2,19

**7 lentelė.** 10 kV L-700 - Geruliai varža

OL skerspjūvis mm <sup>2</sup>	Aktyvinė $R_{kab}$ varža $\Omega$ /kilometrui	Induktyvinė $X_{kab}$ varža $\Omega$ /kilometrui	Trasa		OL ilgis, m
			Nuo	Iki	
70	0,46	0,4	Balbieriškio TP	Atrama 14	800
50	0,64	0,4	Atrama 14	Atrama 704/10	2590
35	0,92	0,4	Atrama 704/10	Atrama 705/1-A	60
50	0,64	0,4	Atrama 705/1-A	Atrama 709/22	1750
				Viso ilgis	5200
				Pilnutinė varža, $\Omega$	3,81

**Priedas NR. 2 „10 kV elektrinių sujungimų schema“**