



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Jolanta Marcinonytė

ŠILKO 110/10 KV TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS
REKONSTRUKCIJA

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas

Doc. dr. Renata Miliūnė

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

ŠILKO 110/10 KV TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS
REKONSTRUKCIJA

Baigiamasis bakalauro projektas

Atsinaujinančioji energetika (kodas 612E33001)

Vadovas

Doc. dr. Renata Miliūnė

Recenzentas

Projektą atliko

Jolanta Marcinonytė

KAUNAS, 2015

2015 m. _____ mėn. ____ d.

BAKALAURO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Studentui *Marcinonytė Jolanta*

1. Darbo tema:

Lietuvių k. Šilko 110/10kV transformatorių pastotės rekonstrukcija
Anglų k. Reconstrucion of Šilkas 110/10 kV transformer substation

2. Darbo užbaigimo terminas 2015 m. gegužės mėn. 19 d.

3. Duomenys *Praktikos metu surinkti duomenis apie transformatorių pastotę.*

4. Skaičiuojamojo-aiškinamojo rašto turinys (*nagrinėjami klausimai*)

- 4.1. Įvadas (darbo pagrindimas, aktualumas, tikslas ir uždaviniai).
- 4.2. Objekto charakteristika (prijungtų prie transformatorių pastotės vartotojų apibūdinimas pagal patikimumo reikalavimus, elektros įrenginių nusidėvėjimo įvertinimas, perspektyvinio vystymo planai ir situacijos planas).
- 4.3. Transformatorių pastotės rekonstrukcijos projektas (perspektyvinės elektros vartotojų apkrovos, aukštosios įtampos elektros tinklo schema, avarinių režimų parametrų nustatymas, skirstyklos įrenginių charakteristikų parinkimas, apsaugos nuo trumpųjų jungimų parinkimas, apsaugos nuo viršįtampių parinkimas, įžeminimo skaičiavimas ir specifikacijos sudarymas).
- 4.4. Objekto rekonstrukcijos ekonominis įvertinimas.
- 4.5. Išvados.
- 4.6. Literatūros sąrašas.
- 4.7. Priedai (schemos ir planai).

5. Grafinė medžiaga:

Aukštosios įtampos tinklo schema,
Transformatorių pastotės principinė schema
Žaibosaugos schema

2015 m. vasario mėn. 11 d.

Vadovas doc. Renata Miliūnė

Užduotį gavau: Jolanta Marcinonytė

2015 m. vasario mėn. 17 d.



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

(Fakultetas)

Jolanta Marcinonytė

(Studento vardas, pavardė)

Atsinaujinančioji energetika (kodas 612E33001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Šilko 110/10 kV transformatorių pastotės rekonstrukcija“

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. gegužės 19 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Jolantos Marcinonytės** baigiamasis projektas tema „Šilko 110/10 kV transformatorių pastotės rekonstrukcija“ 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)

Marcinonytė, J. Šilko 110/10 kV transformatorių pastotės rekonstrukcija. *Bakalauro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Renata Miliūnė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2015. 22 psl.

SANTRAUKA

Bakalauriniame darbe pateikiamas Šilko 110/10 kV pastotės rekonstravimo projektas. Pastotė buvo įrengta prieš daugiau nei 60 metų, daugelis įrenginių nebuvo keisti nuo to laiko, todėl turi būti pakeisti naujais, kad galėtų užtikrinti kokybišką elektros energijos tiekimą vartotojams.

Pastotėje yra įrengti du galios transformatoriai, 25 ir 16 MVA galios. Abu transformatoriai buvo remontuoti 2014 m., todėl jų keisti nereikės.

Atsižvelgiant į trumpojo jungimo bei kitas sroves, parinkti nauji prietaisai – srovės bei įtampos transformatoriai, narveliai, įrengta teleinformacinė spinta, suremontuotas skirstyklos pastatas. Atnaujinta pastato žaibosauga, projektuojant taip, kad į saugią zoną patektų visi pastotės prietaisai.

Į pastotę ateina dvi 110 kV įtampos linijos iš Eigulių TP, ir ji maitina keletą aukštos elektros kokybės reikalaujančių vartotojų: katilinę, turgų bei kelis prekybos centrus.

Atliktas atnaujintos pastotės ekonominis įvertinimas.

Reikšminiai žodžiai:

Transformatorių pastotė, skirstykla, aukšta įtampa, vidutinė įtampa.

Marcinonytė, Jolanta. Reconstruction of Šilka 110/10 kV transformer substation. Final project of bachelor qualification degree / supervisor doc. dr. Renata Miliūnė; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electrical Power Systems.

Kaunas, 2015. 22 pg.

SUMMARY

A project of reconstruction of Šilka 110/0 kV transformer substation is presented in this thesis. The substation was built more than 60 years ago, most of the devices weren't changed since then, and need to be replaced with new ones to ensure a quality supply of electrical energy to customers.

Two power transformers are installed in the substation, with power of 25 and 16 MVA. Both of the transformers were refitted in 2014 and won't require replacing.

Based on short circuit and other currents, a number of new devices were chosen – current and voltage transformers, switchgear, a teleinformation cabinet was installed, the building was repaired. Lightning protection was renewed so that all devices fall into the protected zone.

The substation is supplied with two high voltage lines both coming from Eiguliai transformer substation, and it feeds a few clients that require high quality electricity supply: boiler house, market and a couple of shopping centres.

Economical evaluation of substation was made.

Keywords:

Transformer substation, switchyard, high voltage, medium voltage.

Turinys

1.	Įvadas	8
2.	Objekto charakteristika	8
3.	Transformatorių pastotės rekonstrukcijos projektas	9
3.1.	Perspektyvinės elektros vartotojų apkrovos.....	9
3.2.	Aukštosios įtampos elektros tinklo schema	10
3.3.	Avarinių režimų parametrų nustatymas	10
3.4.	Skirstyklos įrenginių charakteristikų parinkimas.....	15
3.5.	Apsaugos nuo trumpųjų jungimų parinkimas	16
3.6.	Apsaugos nuo viršįtampių parinkimas.....	16
3.7.	Įžeminimo skaičiavimas ir specifikacijos sudarymas	18
4.	Objekto rekonstrukcijos ekonominis įvertinimas.....	20
5.	Išvados.....	21
6.	Literatūra	22

1. Įvadas

Pastotė buvo pastatyta 1952 m. įsteigiam „Kauno audinių“ filialui Vilijampolėje, kuris 1956 m. reorganizuotas į šilko ir pliušo kombinatą. [1]

Po daugiau nei 60 metų naudojimo, pastotės įrenginiai yra nusidėvėję. T-1 buvo įjungtas 1990 m., T-2 – 1986 m. Abu galios transformatoriai yra geros būklės. Visi kiti įrenginiai yra techniškai pasenę ir negali užtikrinti kokybiško elektros energijos tiekimo, kurio tikisi elektros energijos vartotojai.

Šiuo metu „Lesto“ užsiima senų pastočių rekonstrukcija ir planuoja per kelis ateinančius metus atnaujinti visas Lietuvos pastotes.

Tikslai ir uždaviniai

Tikslas: Įvertinus Šilko 110/10 kV TP būklę ir įvertinus perspektyvines apkrovas, pakeisti esamus įrenginius.

Uždaviniai:

1. Įvertinti buvusias ir prognozuojamas vartotojų apkrovas;
2. Apskaičiuoti trumpojo jungimo sroves ir smūginę srovę;
3. Pagal TJ sroves ir smūginę srovę parinkti naujus elektros įrenginius 10 kV skirstyklos dalyje;
4. Parinkti apsaugas nuo viršįtampių 110 kV sistemos daliai;
5. Suprojektuoti žaibosaugą;
6. Ekonomiškai įvertinti pastotės rekonstrukciją.

2. Objekto charakteristika

Šilko pastotė tiekia 10kV įtampos elektros energiją šiems vartotojams: Šilko katilinė, Vilijampolės turgus, Fizinių ir technologijos mokslų centro tekstilės institutas, prekybos centras „IKI“, prekybos centras „PRISMA“ ir buitiniams vartotojams. Svarbiausi iš jų – Šilko katilinė, prekybos centrai ir turgavietė.

Per metus pastotės įrenginiai susidėvi 2,9%.

Po 50 metų naudojimo pastotės likutinė vertė bus:

$$100 \cdot (0,971\%)^{50} = 22,9\%.$$

Toks mažas skaičius yra nepriimtinas, todėl pastotę reikia rekonstruoti.

Pastotėje yra du galios transformatoriai: T-1 **TRDN-25000/110-U1** (trifazis, 25MVA galios) ir T-2 **TDN 16000/110-79U1** (trifazis, 16 MVA galios). Transformatorių alyva cirkuliuoja natūraliai, ji aušinama oru. Jų radiatoriai aušinami ventiliatoriais. Abu transformatoriai yra apkrauti apie 30%. Dėl

ekonominių sumetimų, rekonstrukcijos metu galios transformatoriai nėra keičiami. **T-1** buvo remontuotas 2014 m. rugpjūčio mėnesį, o **T-2** – tą pačią metų spalio mėnesį.

10 kV šynos buvo remontuotos 2014 m. rugpjūčio ir rugsėjo mėnesiais, todėl jų keisti taip pat nereikės.

Skirstyklos schema paliekama tokia pati, nes keičiami pasenę jos elementai, bet ne transformatoriai.

Pastotėje taip pat yra:

Du savų reikių transformatoriai **TM-63/10/0,23**, du įtampos transformatoriai **NTMI-10**, dvi kompensacinės ritės **EKD-10/100/630** ir kompensacinių ričių transformatoriai **TM-630/10**. Pastotėje įrengti alyviniai jungtuvai **VMP-10-630**.

Pastotėje yra 105 srovės transformatoriai, po 3 ant kiekvienos linijos.

Dvi 110 kV įtampos oro linijos ateina iš Eigulių. Dvi šynų sekcijos, kiekvienoje yra po 20 narvelių. **Š1** įvadinis narvelis yra N27, prie jo prijungtas įtampos transformatorius IT-11. **Š2** sekcijoje įvadinis narvelis yra N15, prie jo prijungtas įtampos transformatorius IT-12. Abi šynų sekcijos sujungiamos per N21 ir N23 sekcijinius narvelius. Naudojami viršįtampių ribotuvai **3EK-7**.

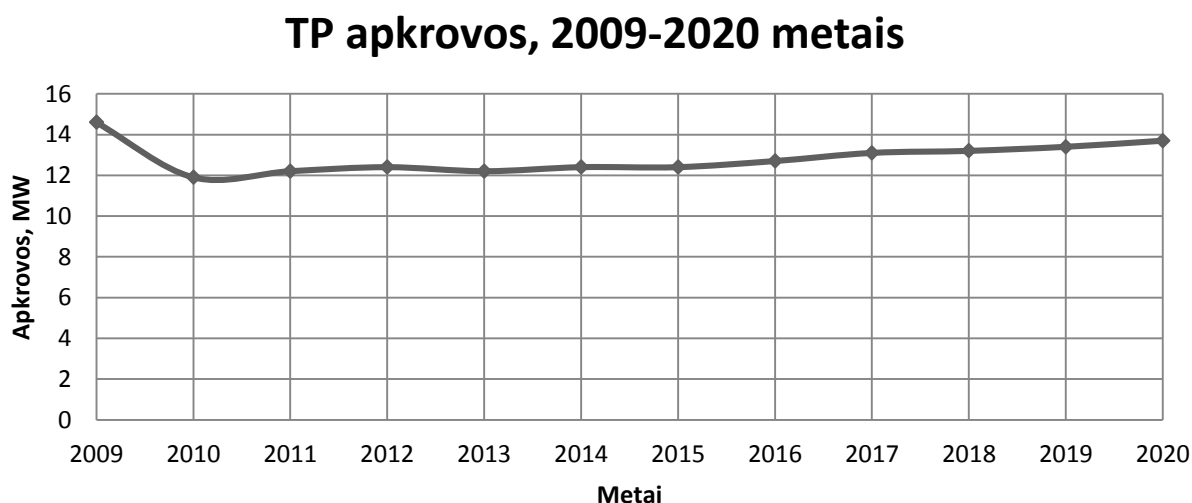
Pastotėje keisiu šiuos elementus:

10 kV skirstyklos narvelius (kartu su jais keičiami srovės bei įtampos transformatoriai), jungtuvus, skyriklius, saugiklius bei aukštos įtampos ribotuvus.

3. Transformatorių pastotės rekonstrukcijos projektas

3.1. Perspektyvinės elektros vartotojų apkrovos

Naudodamasi AB „LitGrid“ duomenimis, sudariau grafiką buvusioms ir planuojamoms būsimoms pastotės transformatorių apkrovoms.

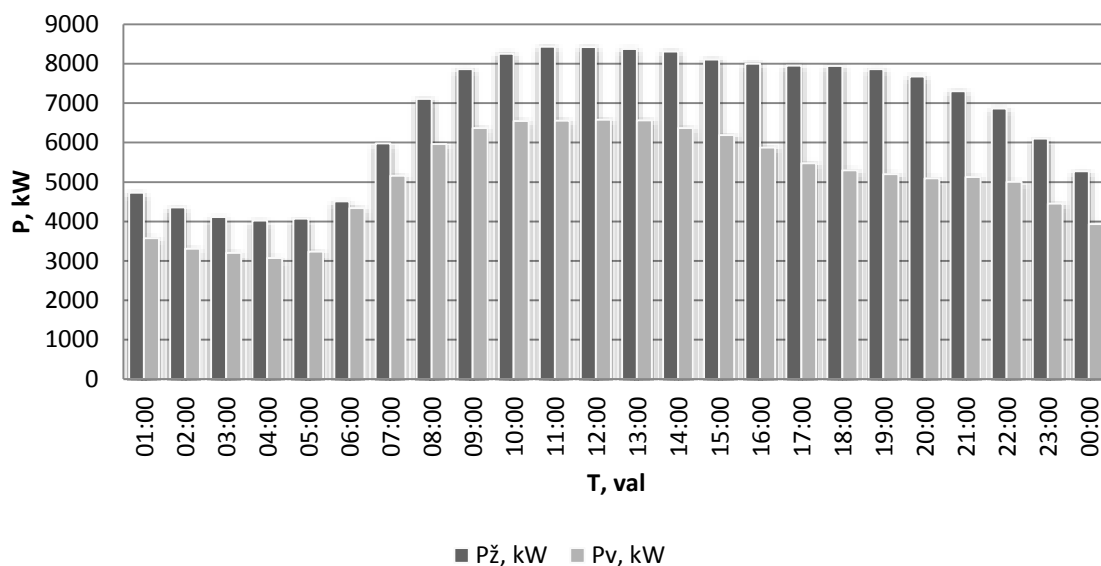


3.1 pav. Planuojamos Šilko TP apkrovos 2009-2020 m.

Iš šio grafiko matoma, kad apkrovos drastiškai nekis. Bus naudojama vis daugiau elektros prietaisų, tačiau patys prietaisai elektros energiją vartos ekonomiškiau negu anksčiau, dėl to suvartojimo kilimas nebus toks pastebimas kaip ankstesniais laikais.

Naudojant „AB Lesto“ duomenis, sudaromas paros (3.2 pav.) apkrovos grafikas.

Šilko TP vartotojų apkrovos 2014 m.



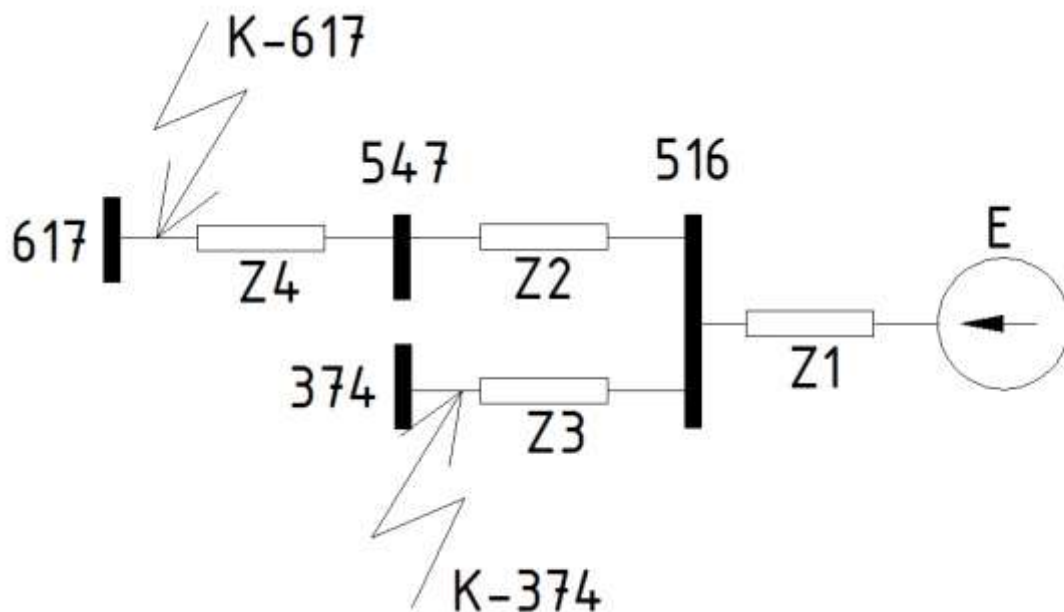
3.2 pav. Šilko TP vartotojų apkrova.

3.2. Aukštosios įtampos elektros tinklo schema

110 kV įtampa į Šilko pastotę ateina iš dviejų Eigulių TP transformatorių. Šiuo metu abiejų Šilko TP transformatorių visiškai pakanka patenkinti energijos suvartojimą. Prognozuojamas nedidelis elektros energijos poreikio kilimas. Aukštos įtampos tinklo schema pateikiama priede.

3.3. Avarinių režimų parametrų nustatymas

Apskaičiuojamos 29 narvelio trumpojo jungimo srovės.



3.3 pav. 29 narvelio supaprastinta schema

Skaičiavimai atliekami santykiniais vienetais, priėmus, kad bazinė įtampa U_b ir galia S_b lygūs:

$$U_b = 10 \text{ kV};$$

$$S_b = 10 \text{ MVA}.$$

Apskaičiuojami ekvivalentinės schemos skaičiuojamos schemos elementų parametrai elektros sistemoms, kur E_s – santykinė elektrovara, x_s – santykinė varža.

$$E_s = 1;$$

$$x_s = 1.$$

Skaičiuoju trumpuosius jungimus pasirinktame narvelyje.

Apskaičiuoju bazinę srovę I_b ir varžą Z_b iš šių formulių:

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3}U_b}; \quad (1)$$

$$Z_b = \frac{U_b}{\sqrt{3}I_b}. \quad (2)$$

Mano atveju:

$$I_b = \frac{10000000}{\sqrt{3} \cdot 10000} = 577,350;$$

$$Z_b = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 577,350} = 10,00.$$

$$R_1 = 0,337\Omega, \quad X_1 = 0,174\Omega.$$

$$R_{24} = R_2 + R_4 = 0,148\Omega, \quad X_{24} = X_2 + X_4 = 0,038\Omega.$$

$$R_3 = 0,049\Omega, \quad X_3 = 0,018\Omega.$$

R – aktyvioji varža, X – reaktyvioji varža, Z – pilnutinė varža.

Galingos elektros perdavimo sistemos trumpalaikė pereinamoji EV $E''_{*N} = 1,0$. [2]

U_P yra pasirinktas įtampos lygis; TJ skaičiuojami 10kV tinkle.

Trumpojo jungimo srovės T617 taške:

$$R_{124} = R_1 + R_{24} = 0,337 + 0,148 = 0,485\Omega,$$

$$X_{124} = X_1 + X_{24} = 0,174 + 0,038 = 0,212\Omega.$$

$$Z_{124} = \sqrt{R_{124}^2 + X_{124}^2} = 0,529\Omega.$$

Trumpojo jungimo srovė I_T

$$I_{T617_{TJ}} = \frac{E_s}{Z_{124}} = \frac{1}{0,529} = 1,890 ;$$

Srovė vardiniais vienetais:

$$I_{KT617} = I_{T617_{TJ}} \cdot \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_b} = 1,890 \cdot \frac{10000000}{\sqrt{3} \cdot 10000} = 1,091kA.$$

TJ srovės T374 taške:

$$R_{13} = R_1 + R_3 = 0,337 + 0,049 = 0,386\Omega,$$

$$X_{13} = X_1 + X_3 = 0,192\Omega.$$

$$Z_{13} = \sqrt{R_{13}^2 + X_{13}^2} = 0,431\Omega.$$

$$I_{T374_{TJ}} = \frac{E_s}{Z_{13}} = \frac{1}{0,431} = 2,320 ;$$

Srovė vardiniais vienetais:

$$I_{KT374} = 2,320 \cdot \frac{10000000}{\sqrt{3} \cdot 10000} = 1,339kA.$$

Trumpuosius jungimus skaičiavau naudodamasi 10kV linijų TJ skaičiavimo programa.

3.1 lentelė. Trumpųjų jungimų skaičiavimas linijose

Ei-lės Nr.	Linija		Linijos gale			
	Pradžia	Galas	I(3) max	I(3) min	I(2) max	I(2) min
	S I S T E M A: Šilkas I-II		12,448	2,260	10,829	1,966
1	Šilkas I-II	synos	12,448	6,819	10,829	5,932
2	synos	T123-1	7,277	5,089	6,33	4,427
3	synos	T50-1	8,598	5,607	7,48	4,878
4	T50-1	T823-1	8,598	5,607	7,48	4,878
5	T50-1	T1092-1	8,27	5,486	7,194	4,772

Ei- lės Nr.	Linija		Linijos gale			
	Pradžia	Galas	I(3) max	I(3) min	I(2) max	I(2) min
6	T50-1	T105-2	6,888	4,928	5,992	4,287
7	T50-1	T505	5,834	4,444	5,075	3,866
9	T505	T647	4,227	3,532	3,677	3,072
8	T50-1	T505-2	6,589	4,803	5,732	4,178
10	synos	T50-2	8,773	5,67	7,632	4,932
11	T50-2	T820-2	6,632	4,818	5,769	4,191
12	T50-2	T1092-2	8,431	5,546	7,334	4,825
13	T50-2	T823-2	8,71	5,649	7,577	4,914
14	T50-2	T274-2	8,35	5,521	7,264	4,803
15	T274-2	T245-1	5,751	4,405	5,003	3,832
16	T274-2	T286	7,392	5,154	6,431	4,483
17	synos	T245-2	10,416	6,217	9,061	5,408
18	synos	T105-1	7,934	5,374	6,902	4,675
19	synos	T820-2	9,048	5,812	7,871	5,056
20	synos	T516-2	7,976	5,379	6,939	4,679
21	T516-2	T374-2	7,568	5,221	6,584	4,542
22	T516-2	T617	6,936	4,973	6,034	4,326
49	T617	T321	5,035	4,03	4,38	3,506
40	T321	T732	4,981	3,998	4,333	3,478
39	T732	T780-2	4,873	3,933	4,239	3,421
48	T732	T394	3,674	3,17	3,196	2,757
50	T394	T798-2	3,305	2,908	2,875	2,529
51	T394	T748	3,474	3,029	3,022	2,635
34	T748	T362-2	3,248	2,867	2,825	2,494
33	T362-2	T780	2,575	2,352	2,24	2,046
35	T362-2	T67	3,046	2,718	2,65	2,364
36	T67	T933-2	2,703	2,454	2,351	2,134
37	T67	T426-2	2,464	2,26	2,143	1,966
41	T321	T152	4,493	3,707	3,908	3,225
42	T152	T583-2	4,163	3,502	3,621	3,046
43	T152	T474	3,421	2,998	2,976	2,608
44	T152	T1419	4,242	3,551	3,69	3,089
45	T152	T1037	3,7	3,185	3,219	2,77
46	T1037	T715	3,536	3,071	3,076	2,671
23	synos	T385	10,47	6,236	9,108	5,425
24	T385	T320-1	8,928	5,768	7,767	5,018
25	T385	T365	8,49	5,602	7,386	4,873
26	T365	T154-1	7,024	5,026	6,11	4,372
27	T365	T772-2	7,484	5,194	6,511	4,518
28	synos	T780	9,369	5,879	8,151	5,114
29	T780	T921-1	5,556	4,333	4,833	3,769
30	T780	T387-1	7,702	5,299	6,7	4,61
31	T387-1	T386-1	6,647	4,857	5,782	4,225
65	T386-1	T43	6,256	4,67	5,442	4,062
63	T43	T471	4,75	3,866	4,132	3,363

Ei- lės Nr.	Linija		Linijos gale			
	Pradžia	Galas	I(3) max	I(3) min	I(2) max	I(2) min
60	T471	T798-1	4,428	3,669	3,852	3,192
61	T471	T859-2	4,172	3,502	3,629	3,046
62	T859-2	T426-1	3,762	3,231	3,272	2,81
64	T43	T1463-2	5,834	4,46	5,075	3,88
32	T387-1	T1463-1	7,549	5,239	6,567	4,557
38	synos	T780-2	9,398	5,891	8,176	5,125
47	T780-2	T1037-2	7,277	5,124	6,33	4,457
52	synos	T520-1	11,022	6,401	9,589	5,568
53	synos	T520-2	11,022	6,401	9,589	5,568
54	synos	T7	9,809	6,026	8,533	5,242
55	T7	T921-2	6,282	4,706	5,465	4,094
56	T7	T320	8,994	5,768	7,824	5,018
57	T7	T1961	8,478	5,592	7,375	4,865
58	synos	T798-1	10,883	6,367	9,468	5,539
59	T798-1	T859-1	8,875	5,757	7,721	5,008
66	synos	T190-1	12,197	6,743	10,611	5,866
67	synos	T190-2	12,197	6,743	10,611	5,866
68	synos	T607-1	7,251	5,051	6,308	4,394
69	T607-1	T595	7,115	5,001	6,19	4,35
70	T607-1	T214-2	6,984	4,936	6,076	4,294
71	synos	T1195	11,352	6,497	9,876	5,652
72	synos	T925	7,842	5,327	6,822	4,634
73	T925	T1178	5,441	4,248	4,733	3,695
74	T925	T214-1	6,928	4,944	6,027	4,301
75	synos	T214-3	7,148	5,03	6,218	4,376

Pagal šią lentelę, maksimalios trumpojo jungimo srovės gaunamos tarp transformatorių ir šynų. Pagal jas rinksiu skirstyklos įrenginius.

Smūginė srovė

Smūginė srovė randama pagal formulę

$$i_{sm} = k_{sm} \sqrt{2} I_{p0} \quad (3)$$

čia k_{sm} – smūgio koeficientas, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$k_{sm} = 1 + e^{\frac{0,1}{T_a}} \quad (4)$$

I_{p0} yra pradinė periodinė srovė (maksimali trifazio TJ srovė), T_a – laiko pastovioji, randama žinyuose.

$$k_{sm} = 1 + e^{\frac{0,1}{0,05}} = 1 + 0,819 = 1,819 ;$$

$$i_{sm} = 1,819 \cdot \sqrt{2} \cdot 12,448 = 32,022 \text{ kA}.$$

3.4. Skirstyklos įrenginių charakteristikų parinkimas

Pagal suskaičiuotas trumpojo jungimo maksimalias sroves, parenkami nauji pastotės įrenginiai.

Randamos transformatorių T-1 ir T-2 normalaus režimo maksimalios srovės ir poavarinio režimo srovės. Kadangi transformatoriai dirba lygiagrečiai, naudojama ši formulė:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{n\sqrt{3} \cdot U_N}, \quad (5)$$

čia $S_{\max}$ – transformatorių suminė galia, n – lygiagrečiai dirbančių transformatorių skaičius, o U_N – tinklo vardinė įtampa.

$$I_{d.f} = \frac{1,4 \cdot S_N}{(n-1)\sqrt{3} \cdot U_N}, \quad (6)$$

Čia $I_{d.f}$ – poavarinio režimo srovė (srovė, kuria transformatoriui reikės dirbti, jei kitas neveiktų), o S_N – skaičiuojamo transformatoriaus vardinė galia.

$$I_{\max} = \frac{41000000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10000} = 1183,568 \text{ A};$$

$$I_{d.fT-1} = \frac{1,4 \cdot 25000000}{(2-1)\sqrt{3} \cdot 10000} = 2020,726 \text{ A}.$$

$$I_{d.fT-2} = \frac{1,4 \cdot 16000000}{(2-1)\sqrt{3} \cdot 10000} = 1293,265 \text{ A}.$$

Įrengsime naujus Siemens firmos orinius narvelius SIMOPRIME (12 kV). Juos parinkome pagal skirstyklos įtampą (10 kV skirstyklai renkami 12 kV įrenginiai) ir smūgio srovę.

3.2 lentelė. Narvelių SIMOPRIME duomenys

Vardinė įtampa	12 kV
Vardinis dažnis	50 Hz
Trumpojo jungimo srovė	100 kA
Smūginė srovė	40 kA

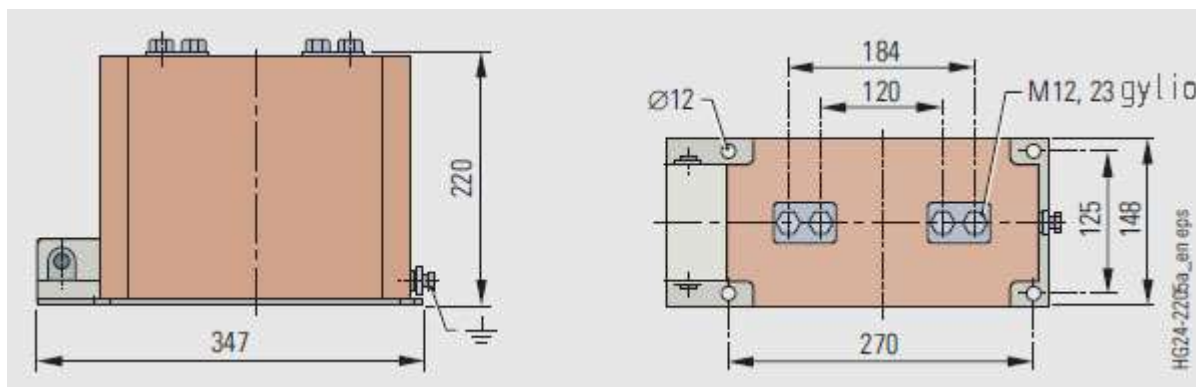
Į kiekvieną narvelį įmontuojami srovės transformatoriai; prireikus galima įmontuoti įtampos transformatorių.

Srovės transformatorius parinkau „Siemens“ firmos **4MA72** tipo, pritaikytus atlaikyti iki 12,5 kA maksimalią srovę, kurį galima naudoti 12 kV įtampos linijose.

Įtampos transformatorius rinkau tos pačios firmos, **4MR12** tipo, skirtus 12 kV įtampai ir tinkamus naudoti sistemose su 50 Hz dažniu.

3.3 lentelė. Srovės transformatoriaus duomenys:

Tipas	4MA72
Vardinė srovė	20-2500 A
Vardinė įtampa	12 kV
Trumpalaikė maksimali įtampa	28 kV



3.4 pav. Srovės transformatoriaus išmatavimai

3.4 lentelė. Įtampos transformatoriaus duomenys

Tipas	4MR12
Vardinė įtampa	12 kV
Trumpalaikė maksimali įtampa	28 kV

3.5. Apsaugos nuo trumpųjų jungimų parinkimas

Kiekviename narvelyje įrengsime Siemens firmos **3AH4165-4** tipo jungtuvus (15 kV). Jie geba atlaikyti 2000A darbinę srovę ir iki 31,5 kA trumpojo jungimo srovę, vadinasi, jie tinka šiai pastotei.

Parinkti skyrikliai – Siemens firmos 3CJ2 tipo vidutinei įtampai, mūsų atveju 12kV. 400A nominalios srovės skyrikliai turi įmontuotus saugiklius, todėl jų atskirai ieškoti nereikės.

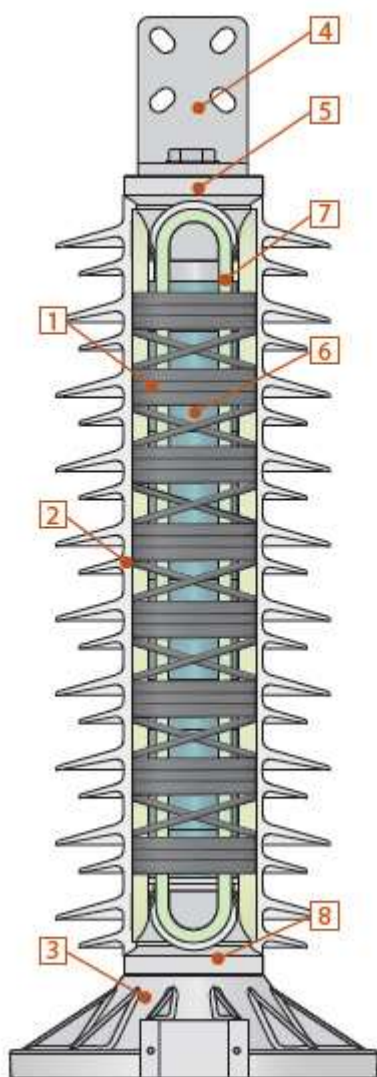
Kur reikia, naudosisu **3GD HH** saugiklius, pritaikytus 12kV įtampai (292 mm skersmens).

3.6. Apsaugos nuo viršįtampių parinkimas

Iš ABB katalogo išrinkau IEC 2 klasės **PEXLIM R-Y** įtampos ribotuvus, skirtus 110 kV įtampos sistemai, kurių vardinė įtampa yra 18-144 kV ir kurie geba atlaikyti 24-170 maksimalias sistemos įtampas.

3.3 lentelė. Ribotuvo duomenys

Tipas	PEXLIM R-Y
Įtampos ribos	<170 kV
Mechaninis stiprumas: ilgalaikis	1000 N
trumpalaikis	1600 N
Maksimali iškrovimo srovė	10 kA



3.5 pav. PEXLIM R-Y viršįtampių ribotuvo struktūra. 1 – apsauginės apvijos; 2 – silikoninis guminis izoliatorius; 3 – pagrindas; 4 – linijinis terminalas; 5 – viršutinė sankaba; 6 – ZnO blokai; 7 – stiklo pluošto kilpa; 8 – apatinė sankaba.

3.7. Įžeminimo skaičiavimas ir specifikacijos sudarymas

Transformatorių pastotė yra specialus riboto pavojingumo pastatas. Naudosiu keturių stiebų žaibolaidžio sistemą. Du iš jų stovės ant portalų ir du bus skirstyklos pastato šonuose. Jų aukštis $h=23$ m. Apsaugos patikimumui esant 0,99, randu kūgio aukštį ir spindulį iš šių formulių:

$$h_0 = 0,8h \quad (7)$$

$$r_0 = 0,8h \quad (8)$$

Mano atveju:

$$h_0 = 0,8 \cdot 23 = 18,4 \text{ m};$$

$$r_0 = 0,8 \cdot 23 = 18,4 \text{ m}.$$

Apsaugos aukštį h_x nustatau pagal prietaisų aukštį, kuris yra 6m.

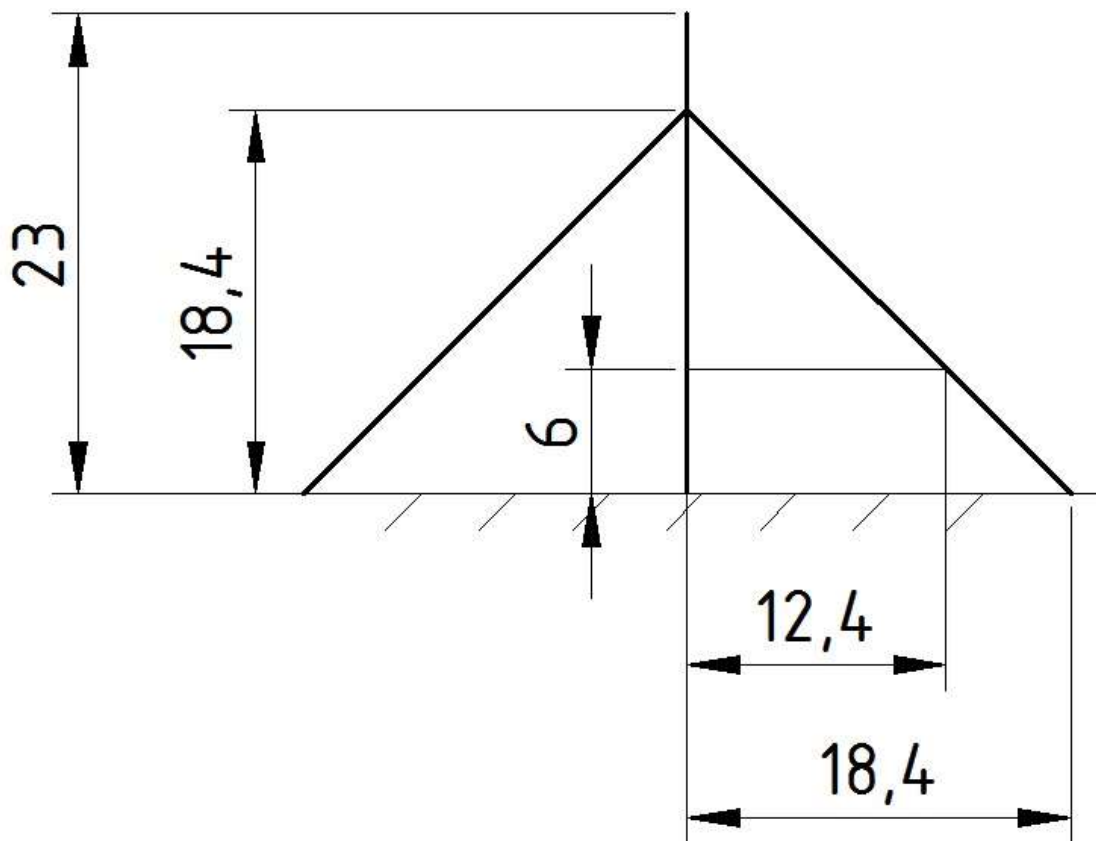
Apsaugos zonos spindulį randu iš formulės

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0} \quad (9)$$

Mano atveju, šis spindulys:

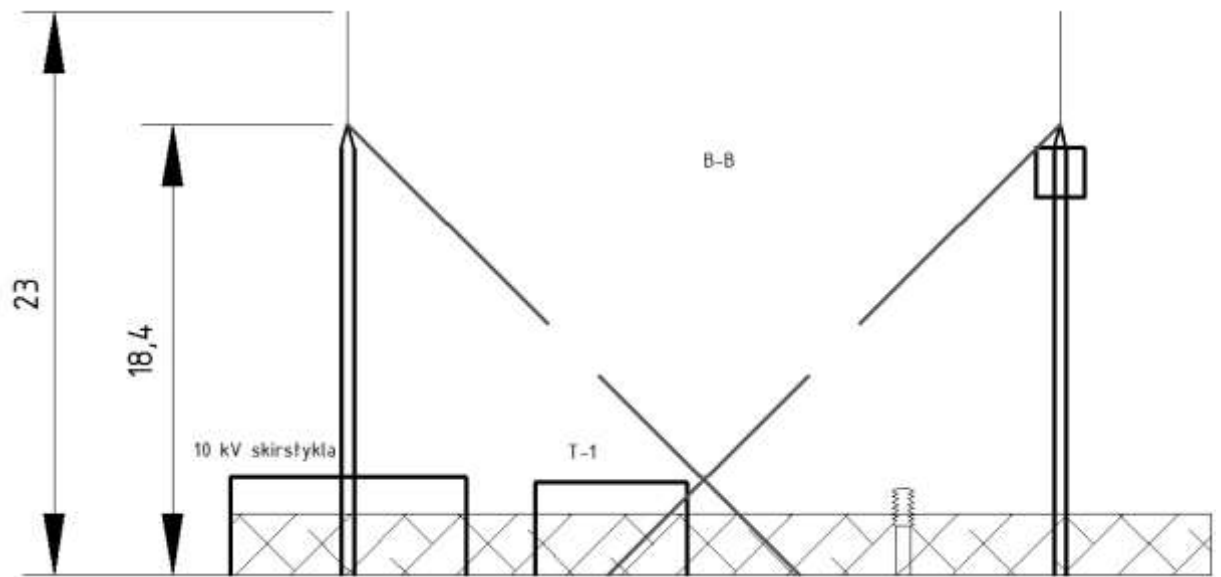
$$r_x = \frac{18,4 \cdot (18,4 - 6)}{18,4} = 12,4 \text{ m}.$$

Naudodamasi šiais duomenimis, nubraižau vieno žaibolaidžio apsaugos zona:



3.6 pav. Žaibolaidžio schema ir jo apsaugos zonos (ilgiai nurodyti metrais)

Žaibolaidius išdėliojusi atramos taškuose taip, kad abu spinduliai apimtų saugomą zoną, gaunu šią schema:



3.7 pav. Žaibolaidžių apsaugoma teritorija (ilgiai nurodyti metrais)

Įžeminimo varža skaičiuojama pagal formulę:

$$R_z = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left[\frac{4l(2t + l)}{d(4t + l)} \right] \quad (10)$$

čia: R_z – įžeminimo varža (neturi būti didesnė nei 10 Ω), ρ – grunto savitoji varža, d – strypo skersmuo, m, vertikalaus įžemiklio įgilinimas į gruntą, m.

Skaičiuoju varžą, kai žaibolaidžio ilgis $l=23$ m ir jo įgilinimas $t=1$ m, grunto savitoji varža $\rho=100$ Ωm (akmenuoto grunto varža, randama žinynuose) ir žaibolaidžio skersmuo $d=0,04$ m:

$$R_z = \frac{100}{2 \cdot \pi \cdot 23} \ln \left[\frac{4 \cdot 23(2 + 23)}{0,04(4 + 23)} \right] = 5,303 \Omega.$$

Gautas rezultatas mažesnis nei 10 Ω , todėl matmenys parinkti gerai. Didinant t , R_z mažėja, todėl parenku įgilinimo ilgį, proporcingą žaibolaidžiui, t.y. apie 10% jo ilgio. Kai įžemiklio įgilinimas $t=2,5$ m, įžeminimo varža bus:

$$R_z=5,245 \Omega.$$

4. Objekto rekonstrukcijos ekonominis įvertinimas

Kapitalinės investicijos

Kokybiškam pastotės rekonstavimui reikia įvertinti jos kapitalines investicijas, kurios susideda iš įrenginių ir jų montavimo bei senų įrenginių demontavimo kainos.

4.1 lentelė. Kapitalinės investicijos

Eil. Nr.	Įrenginių pavadinimas	Kiekis	Kaina, tūkst. €	Suma, tūkst. €
1	10 kV jungtuvai	33	16,0	528,0
2	Skyrikliai	38	5,8	220,4
3	Narveliai	40	11,5	460
4	10 kV srovės transformatoriai	105	1,45	152,25
5	10 kV įtampos transformatoriai	2	0,1	0,2
6	110 kV ribotuvai	6	2,0	12,0
7	Teleinformacinė įranga			33,0
8	Demontavimo darbai			26,0
9	Montavimo darbai			7,25
10	Derinimo darbai			30,26
	Iš viso			1469,36

5. Išvados

Šilko 110/10 kV TP bus rekonstruojama, nes daugelis įrenginių nebuvo keisti nuo jos įkūrimo, dėl to yra pasenę ir neefektyvūs. Tokie įrenginiai negali užtikrinti kokybiško elektros srovės tiekimo.

Įvertinus apkrovas, trumpojo jungimo, smūgines sroves bei kitus veiksnius, buvo pakeisti pasenę pastotės elementai: srovės, įtampos transformatoriai, narveliai, jungtuvai, ribotuvai, suprojektuota žaibosauga.

6. Literatūra

1. Kauno istorija Antrosios sovietinės okupacijos metu (1944–1990 m.) http://datos.kvb.lt/index.php?option=com_laikotarpiai&task=view&id=24&Itemid=70 (žiūrėta 2015 m. balandžio 29 d.).
2. SVINKŪNAS, Gytis; NAVICKAS, Algimantas. Elektros energetikos pagrindai. Kaunas, „Technologija“, 2013 m.
3. Narvelio katalogas internete http://w3.siemens.com/powerdistribution/global/SiteCollectionDocuments/en/mv/switchgear/air-insulated/simoprime/catalogue-simoprime_en.pdf (žiūrėta 2015 m. gegužės 9 d.).
4. Jungtuvo specifikacijos <http://w3.siemens.com/powerdistribution/global/EN/mv/medium-voltage-indoor-devices/indoor-vacuum-circuit-breaker/Pages/vacuum-circuit-breaker-3ah4.aspx> (žiūrėta 2015 m. gegužės 9 d.).
5. DEKSNYS, Rimantas Pranas; STANIULIS, Robertas; MIŠKINIS, Vaclovas. Elektrinių ir pastočių elektrinė dalis. Kursinis projektavimas. Kaunas, „Technologija“, 2007 m.
6. Viršįtampių ribotuvo katalogas internete <https://library.e.abb.com/public/99996453b441eaa7c1257d23002f1b5a/Surge%20Arrester%20Buyers%20Guide%20-%20Edition%2011%202014-05%20-%20English%20-%201HSM%209543%2012-00en.pdf?filename=Surge%20Arrester%20Buyers%20Guide%20-%20Edition%2011%202014-05%20-%20English%20-%201HSM%209543%2012-00en.pdf> (žiūrėta 2015 m. gegužės 11 d.).
7. Srovės ir įtampos transformatorių katalogas internete http://w3.siemens.com/powerdistribution/global/SiteCollectionDocuments/en/mv/indoor-devices/protective-measuring-transformers-m4/catalogue-protective-and-measuring-transformers-m4_en.pdf (žiūrėta 2015 m. gegužės 14 d.).