KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Evaldas Dobrovolskis

KREKENAVOS TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS REKONSTRUKCIJA

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas
doc. dr. Artūras Kalvaitis

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

KREKENAVOS TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS REKONSTRUKCIJA

Baigiamasis bakalauro projektas

Elektros inžinerija (kodas 612H62001)

Vadovas
(parašas) doc. dr. Artūras Kalvaitis
(data)

Recenzentas
(parašas) doc. dr. Algirdas Degutis
(data)

Projektą atliko
(parašas) Evaldas Dobrovolskis
(data)

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

Evaldas Dobrovolskis

Elektros inžinerija (612H62001)

Baigiamojo projekto „Krekenavos transformatorių pastotės rekonstrukcija“

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Gegužės 20 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Evaldo Dobrovolskio** baigiamasis projektas tema „Krekenavos 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)*

Dobrovolskis Evaldas. Krekenavos transformatorių pastotės rekonstrukcija. *Bakalauro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Artūras Kalvaitis; Kauno technologijos universitetas, elektros ir elektronikos fakultetas, elektros sistemų katedra.

Kaunas, 2015. 44 psl.

SANTRAUKA

Aš esu Evaldas Dobrovolskis, Kauno technologijos universiteto, elektros ir elektronikos fakulteto studentas. Pasirinkau energijos keitiklių ir jų valdymo specializaciją, elektros energetikos sistemų katedroje. Mano vadovas – doc. dr. Artūras Kalvaitis. Bakalauro baigiamąjame darbe atlikau Krekenavos transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukciją. Ši pastotė gali veikti esant skirtingiems darbo režimams, todėl normaliam ir avariniui režimams apskaičiavau trifazio trumpojo jungimo sroves. Pagal gautą didžiausią trumpojo jungimo srovę paskaičiavau smūginę srovę. Remdamasis gautais rezultatais, skirstyklos rekonstravimui parinkau prijungiamąsias transformatorių šynas, jungtuvus, srovės transformatorius, įtampos transformatorius, viršįtampių ribotuvus bei dviejų tipų skyriklius. Parinkęs visus reikalingus įrenginius atlikau skirstyklos ekonominį įvertinimą.

Reikšminiai žodžiai: Krekenava, rekonstrukcija, srovė, šynos, transformatorius, skyriklis, jungtuvas.

Dobrovolskis, Evaldas. Reconstruction of Krekenava transformer substation. Final project of *bachelors* qualification degree / supervisor Assoc. Dr. Artūras Kalvaitis; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of electrical energetics power systems.

Kaunas, 2015. 44 psl.

SUMMARY

My name is Evaldas Dobrovolskis. I am studying in Kaunas University of Technology, electrical and electronical faculty. I chose energy converters and their management specialization in department of electrical energetics power systems. My mentor is Assoc. Dr. Artūras Kalvaitis. In my bachelors final work I made reconstruction project of Krekenava transformer substation 110 kV switchyard. This transformer substation can work in different modes, therefore I calculated three-phase short-circuit current for two of those modes – normal and emergency. After I found biggest three-phase short-circuit current I calculated shock current. Based on these calculations I selected connecting bus for power transformers, circuit breakers, voltage and current transformers, high voltage surge arresters and two different types of disconnectors. After selecting all necessary equipment I calculated current value of a switchyard.

Keywords: Krekenava, reconstruction, current, busbars, transformer, disconnector, circuit breaker.

Turinys

Įvadas 9
1. Krekenavos transformatorių pastotės ir jos 110 kV skirstyklos apžvalga 10
2. Trumpųjų jungimų skaičiavimas 12
3. Smūgio srovės skaičiavimas 25
4. 110 kV šynų parinkimas 26
5. Jungtuvų parinkimas 30
6. Srovės transformatorių parinkimas 32
7. Įtampos transformatorių parinkimas 35
8. Viršįtampių ribotuvų ir skyriklių parinkimas 36
9. Finansinis įvertinimas 39
Išvados 42
Literatūra 43

Paveikslų sąrašas

1 pav. Supaprastinta 110 kV skirstyklos schema po rekonstravimo.....12

2 pav. Tinklo normalaus darbo režimo ekvivalentinė skaičiuojamoji schema.....19

3 pav. Tinklo normalaus darbo režimo supaprastinta ekvivalentinė skaičiuojamoji schema.....20

4 pav. Supaprastinta iki 3 atšakų ekvivalentinė skaičiuojamoji schema.....21

5 pav. Trumpojo jungimo ant 115 kV šynų suprastinta ekvivalentinė skaičiuojamoji schema.....22

6 pav. Trumpojo jungimo ant 35 kV šynų suprastinta ekvivalentinė skaičiuojamoji schema.....23

7 pav. Trumpojo jungimo ant 10,5 kV šynų suprastinta ekvivalentinė skaičiuojamoji schema.....23

8 pav. tinklo ekvivalentinė skaičiuojamoji schema dirbant avariniu režimu.....25

9 pav. Viršįtampių ribotuvo voltamperinė charakteristika.....37

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Oro linijų ilgiai, laidininkų markės ir jų techniniai parametrai.....13

2 lentelė. Krekenavos TP galios transformatorių duomenys.....15

3 lentelė. Panevėžio TP autotransformatorių duomenys.....16

4 lentelė. Panevėžio TP galios transformatorių duomenys.....16

5 lentelė. TJ srovių vertės ant Krekenavos TP galios transformatoriaus T–2 šynų.....24

6 lentelė. TJ srovių vertės tinklui dirbant avariniu režimu.....25

7 lentelė. Parenkamo jungtuvo parametrai.....32

8 lentelė. Srovės transformatorių parinkimas pagal galios transformatorių realias apkrovas.....33

9 lentelė. PFIFFNER JOF123 T srovės transformatoriaus techniniai duomenys.....35

10 lentelė. Parenkamo įtampos transformatoriaus duomenys.....36

11 lentelė. TRIDELTA gamybos HTS 102 viršįtampio ribotuvo duomenys.....38

12 lentelė. TRIDELTA gamybos SBKC 102/10.2 viršįtampių ribotuvo duomenys.....38

13 lentelė. Parenkamų skyriklių duomenys.....39

14 lentelė. Skirstyklos atvirosios elektrinės dalies sąmata.....40

Įvadas

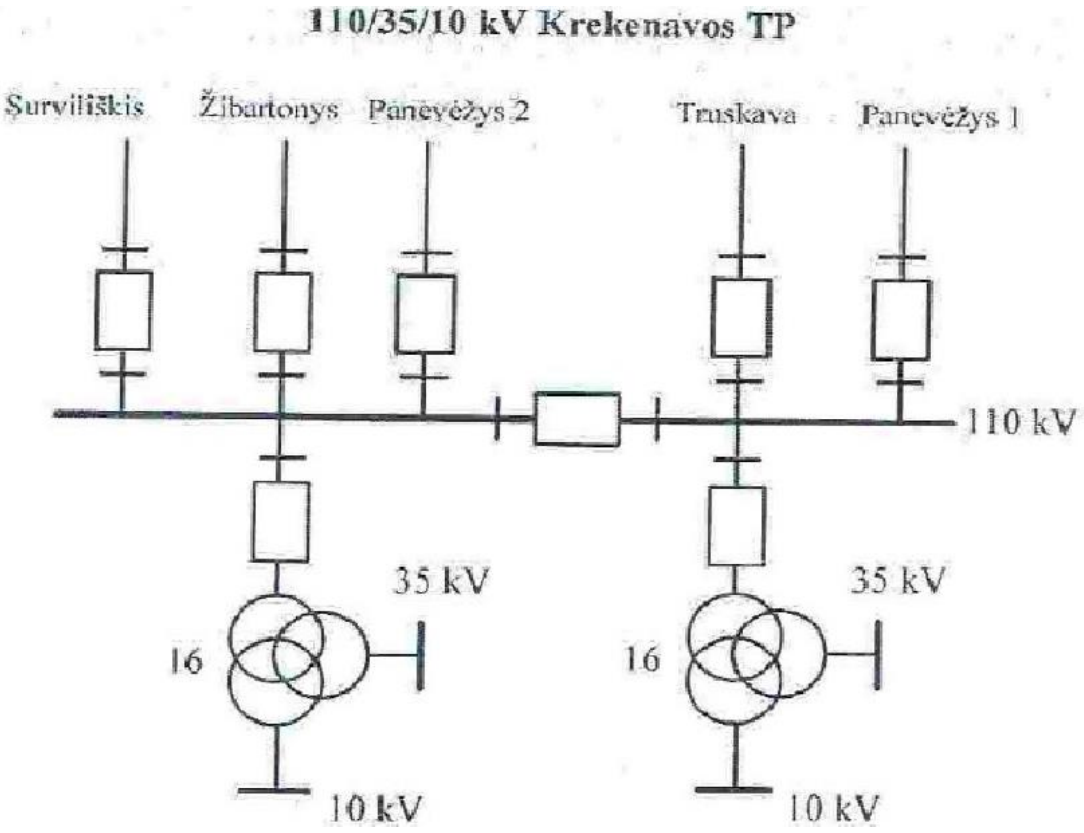
Krekenavos 110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos įrenginiai prieš rekonstravimą yra morališkai ir fiziškai pasenę, jie nebeatitinka keliamų patikimumo reikalavimų dėl to, įrenginiai turi būti keičiami naujais. Rekonstrukcijai atlikti parenkamos šynos, galios transformatoriams prie 110 kV tinklo prijungti. Kaip šynų įtampos transformatoriai panaudojami esami kombinuoti įtampos – srovės transformatoriai, jie patikrinami ar tinka eksploatacijai skirstykloje. Taip pat parenkami nauji jungtuvai, srovės transformatoriai, viršįtampių ribotuvai bei dviejų tipų skyrikliai – su įžeminimo peiliais iš vienos pusės ir be įžeminimo peilių. Parinkus 110 kV skirstyklos įrenginius, sudaroma naujos skirstyklos atvirųjų įrenginių sąmata bei įvertinama rekonstrukcija ekonomiškai.

1. Krekenavos transformatorių pastotės ir jos 110 kV skirstyklos apžvalga

Pastotė - tai įrenginys, skirtas transformuoti ir paskirstyti elektros energiją. Ji susideda iš tokių dalių - aukštos įtampos skirstykla, galios transformatoriai, žemos įtampos skirstykla. Skirstykla – elektros įrenginys, skirtas elektros energijai priimti ir skirstyti, turintis komutavimo aparatus, renkamąsias ir jungiamąsias šynas, pagalbinius įrenginius (kompresorius, akumuliatorius ir kt.), taip pat apsaugos, automatikos įtaisus ir matavimo prietaisus. Priklausomai nuo reikiamo energijos patikimumo lygio ir elektros linijų skaičiaus keičiasi ir pastotės konstrukcija. Pastotės pagal konstrukcija skirstomos į uždarąsias ir atvirąsias. Krekenavos 110/35/10 kV transformatorių pastotė yra atvirojo tipo.

Krekenavos TP ir jos 110 kV skirstykla prie sistemos yra prijungta penkiomis 110 kV linijomis: Krekenava-Panevėžys 1, Krekenava-Panevėžys 2, Krekenava-Žibartonys, Krekenava-Surviliškis ir Krekenava-Truskava. Per šią pastotę elektros energija tiekiama iš Panevėžio TP į Kėdainių TP bei Žibartonių link. Kadangi 110 kV skirstyklos įrenginiai eksploatuojami nuo 1970 metų, jie nebeužtikrina patikimo skirstyklos veikimo bei sklandaus energijos tiekimo tinkle. Dėl šios priežasties Krekenavos transformatorių pastotėje esančiai 110 kV skirstyklai būtina atlikti rekonstrukciją. Skirstyklos rekonstravimas padidins elektros energijos perdavimo patikimumą Panevėžio bei Kėdainių regionuose. Taip pat naujos įrangos diegimas turės įtakos nuostolių tinkle sumažinimui.

Po rekonstrukcijos 110 kV skirstyklos elektrinių sujungimų schema bus – vienguba sekcionuota šynų sistema „SS-(mazginė)“ su jungtuvais tarpsekcijinėje bei linijų grandyse. Ši sujungimų schema užtikrins sklandesnį bei efektyvesnį pastotės veikimą. Jos 110 kV skirstykloje esantys įrenginiai yra fiziškai susidėvėję bei morališkai pasenę. Dėl šios priežasties projekte numatytas 110 kV įrenginių pakeitimas naujais. Visi esantys elementai – jungtuvai, skyrikliai, viršįtampių ribotuvai, kombinuoti srovės ir įtampos transformatoriai, srovės transformatoriai, jų statybinės konstrukcijos, gnybtinai, kabeliai, kabelių kanalai, portalai - išmontuojami. Dalis esamų pastotės 110 kV įrenginių ir jų metalinių atraminių konstrukcijų panaudojami rekonstruojant pastotę. Atlikus pastotės rekonstrukciją, elektros energijos tiekimas 110 kV tinkle vyks sklandžiau, patikimiau bei patiriant mažiau nuostolių.



1 pav. Supaprastinta 110 kV skirstyklos schema po rekonstravimo

2. Trumpųjų jungimų skaičiavimas

Norint parinkti įvarius skirstyklos įrenginius reikia žinoti trumpojo jungimo sroves bei didžiausią galimą smūgio srovę. Trumpasis jungimas (TJ) – normaliomis darbo sąlygomis nenumatytas sujungimas tarp fazių, o sistemose su įžeminta neutrale – vienos arba kelių fazių sujungimas su žeme arba nuliniu laidu. Pagrindinė trumpųjų jungimų priežastis yra elektros tinklo elementų ir įrenginių izoliacijos senėjimas ir pažeidimas dėl viršįtampių, personalo klaidų, gamtos veiksnių. TJ metu srovė viršija vardinę nuo keleto iki kelių dešimčių kartų. Tai priklauso nuo tinklo parametrų ir avarijos atstumo nuo maitinimo šaltinio. Kuo trumpasis jungimas arčiau šaltinio, tuo srovė didesnė. Tiksliai skaičiuoti trumpuosius jungimus yra pakankamai sunku nes reikia įvertinti ir normaliame ar poavariniame režime vykstančius elektromagnetinius bei elektromechaninius procesus. Dėl šios priežasties šiame darbe trumpieji jungimai skaičiuojami apytiksliai.

Krekenavos 110/35/10 kV transformatorių pastotė prie sistemos prijungta penkiomis oro linijomis: Krekenava-Panevėžys 1, Krekenava-Panevėžys 2, Krekenava-Žibartonys, Krekenava-Surviliškis ir Krekenava-Truskava. Kadangi oro linija Krekenava-Žibartonys yra 110 kV tinklo atšaka, kuria elektros energija tiekiama vartotojams (šioje linijoje generuojančių elektros energiją šaltinių nėra), tai ši linija trumpųjų jungimų skaičiavimams įtakos neturi ir į skaičiavimo schemą nėra įtraukiama. (Brėžinys Nr.1) Visų oro linijų parametrai bei pavadinimai, kurie yra reikalingi trumpiesiems jungimams apskaičiuoti duoti lentelėse. Kadangi skaičiavimai bus atliekami apytiksliai, naudojamos tik reaktyviosios laidininkų atstojamosios varžos.

1 lentelė. Oro linijų ilgiai, laidininkų markės ir jų techniniai parametrai

Indeksas	Linija	Ilgis (km)	Markė	Santykinė laidininko varža x_0, Ω/km	Leistina srovė, A
L_1	Krekenava-Panevėžys1	24.446	AS-150	0.38	450
L_2	Krekenava-Panevėžys2	24.931	AS-240	0.42	605
L_3	Krekenava-Truskava	21.700	AS-150	0.38	450
L_4	Krekenava-Surviliškis	18.900	AS-150	0.38	450
L_5	Truskava-Kėdainiai	23.200	AS-150	0.38	450
L_6	Surviliškis-Kėdainiai	18.900	AS-150	0.38	450
L_7	Kėdainiai-Nevėžis1	2.900	AS-150	0.38	450
L_8	Kėdainiai-Nevėžis2	2.900	AS-150	0.38	450

Sudaroma skaičiuojamoji ekvivalentinė nagrinėjamos tinklo dalies schema. (Brėžinys Nr. 1)

Skaičiuojama bus santykiniais vienetais, todėl priimami vardiniai dydžiai trumpųjų jungimų skaičiavimui:

Bazinė galia – S_b = 100 MVA;

Bazinės įtampos: U_{b115} = 115 kV, U_{b35} = 35 kV, $U_{b10,5}$ = 10,5 kV.

Bazinė srovė prie bazinės įtampos apskaičiuojama pagal formulę:

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} * U_b}; \quad (1.1)$$

Apskaičiuojamos bazinės srovės prie skirtingų bazinių įtampų:

$$I_{b115} = \frac{100 * 10^3}{\sqrt{3} * 115} = 0{,}502\ kA;$$

$$I_{b35} = \frac{100 * 10^3}{\sqrt{3} * 35} = 1.650\ kA;$$

$$I_{b10,5} = \frac{100 * 10^3}{\sqrt{3} * 10{,}5} = 5{,}499\ kA;$$

Transformatorių apvijų reaktyviųjų varžų skaičiavimai

Kadangi visi transformatoriai yra 3 apvijų , tai apskaičiuojamos aukštos, vidutinės ir žemos įtampų transformatoriaus apvijų atstojamosios varžos - X_{TA}, X_{TV}, $X_{TŽ}$ .Varžoms santykiniais vienetais apskaičiuoti naudojamos tokios formulės:

$$X_{TAV*} = \frac{U_{kAV} * S_b}{100 * S_T}; \quad (1.2)$$

$$X_{TAŽ*} = \frac{U_{kAŽ} * S_b}{100 * S_T}; \quad (1.3)$$

$$X_{TVŽ*} = \frac{U_{kVŽ} * S_b}{100 * S_T}; \quad (1.4)$$

$$X_{TA*} = \frac{X_{TAV} + X_{TAŽ} - X_{TVŽ}}{2}; \quad (1.5)$$

$$X_{TV*} = \frac{X_{TAV} + X_{TVŽ} - X_{TAŽ}}{2}; \quad (1.6)$$

$$X_{TŽ*} = \frac{X_{TAŽ+}X_{TVŽ}-X_{TAV}}{2}. \quad (1.7)$$

Krekenavos TP galios transformatoriai

Krekenavos 110/35/10 kV TP veikia du vienodi galios transformatoriai, kurių duomenys trumpiesiems jungimams apskaičiuoti yra pateikti lentelėje:

2 lentelė. Krekenavos TP galios transformatorių duomenys

Pavadinimas	Trumpojo jungimo Įtampa U_k, %			Sn, MVA
	A-V	V-Ž	A-Ž	
ТДТН-16000/110	10,5	6,5	17,5	16

Atliekami apvijų atstojamųjų varžų skaičiavimai:

$$X_{TAV16*} = \frac{10,5 * 100}{100 * 16} = 0,656\ s.v.;$$

$$X_{TAŽ16*} = \frac{17,5 * 100}{100 * 16} = 1,094\ s.v.;$$

$$X_{TVŽ16*} = \frac{6,5 * 100}{100 * 16} = 0,406\ s.v.;$$

$$X_{T-1A16*} = X_{T-2A16*} = \frac{0,656 + 1,094 - 0,406}{2}\ 0,672\ s.v.;$$

$$X_{T-1V16*} = X_{T-2A16*} = \frac{0,656 + 0,406 - 1,094}{2} = -0,016\ s.v.;$$

$$X_{T-1Ž16*} = X_{T-2A16*} = \frac{1,094 + 0,406 - 0,656}{2} = 0,422\ s.v.$$

Taip pat, pastotėje esantys galios transformatoriai bus apkrauti vartotojų. Dėl to, norint apskaičiuoti trumpuosius jungimus reikia nustatyti jų apkrovos reaktyviąsias varžas bei elektrovaras.

Iš žynino priimama, kad vidutinė transformatorių apkrova yra $X_{d*N} = 0,35\ s.v.$; apkrovos elektrovara santykiniais vienetais yra $E_{ap*} = 0,85\ s.v.$

Apkrauto transformatoriaus galia apskaičiuojama:

$$S_{ap} = S_N * k; \quad (1.8)$$

čia S_N – nominalioji transformatoriaus galia; k – apkrovos koeficientas.

Priimama, kad pilnu pajėgumu veikiantis galios transformatorius yra apkrautas 85 %:

$$S_{ap16} = 16 * 0{,}85 = 13{,}6 \text{ MVA}.$$

Apkrovos varža santykiniais vienetais apskaičiuojama pagal formulę:

$$X_{ap*} = X_{d*N} * \frac{S_b}{S_{ap}}; \quad (1.9)$$

$$X_{ap1*} = X_{ap2*} = X_{ap3*} = X_{ap4*} = 0{,}35 * \frac{100}{13{,}6} = 2{,}574\ s.v.$$

Panevėžio TP autotransformatoriai

Panevėžio 330/110/10kV transformatorių pastotėje veikia 2 vienodų parametrų autotransformatoriai. Parametrai, kurie reikalingi jų apvijų atstojamosioms reaktyviosioms varžoms apskaičiuoti pateikiami lentelėje:

3 lentelė. Panevėžio TP autotransformatorių duomenys

Pavadinimas	Trumpojo jungimo Įtampa U_k, %			Nominalioji galia Sn, MVA
	A-V	V-Ž	A-Ž	
ATDCTN-200000/330/110	10	22	33	200

Kadangi šiuo atveju būtina nurodyti 110 kV įtampos tinklo pradžią, šie autotransformatoriai priimami kaip sistemos elektrovaros šaltiniai (110 kV tinklo pradžia). Dėl to skaičiavimams reikės tik autotransformatorių vidurinės (110kV) įtampos apvijos atstojamosios reaktyviosios varžos:

$$X_{T-1V200*} = X_{T-2V200*} = -0{,}0025\ s.v.$$

Nevėžio TP galios transformatoriai

Nevėžio 110/35/6 kV transformatorių pastotėje veikia du galios transformatoriai. Jų techniniai parametrai trumpiesiems jungimams apskaičiuoti pateikti lentelėje:

4 lentelė. Panevėžio TP galios transformatorių duomenys

Pavadinimas	Trumpojo jungimo Įtampa U_k, %			Sn, MVA
	A-V	V-Ž	A-Ž	
ТДТН-40000/110	10,5	6,5	17,5	16

Kadangi prie šių transformatorių vidurinės įtampos (35 kV) yra prijungti vartotojai, tai į vidurinės įtampos apvijos reaktyviąją varžą sudarant skaičiuojamąją ekvivalentinę schemą, nekreipiama dėmesio. Apskaičiuojamos galios transformatoriaus aukštos ir žemosios įtampų apvijų atstojamosios reaktyviosios varžos:

$$X_{T-1A40*} = X_{T-2A40*} = = 0{,}269\ s.v.;$$

$$X_{T-1V40*} = X_{T-2A40*} = -0{,}006\ s.v.;$$

$$X_{T-1Ž40*} = X_{T-2A40*} = 0{,}169\ s.v.$$

Prie Nevėžio TP galios transformatorių prijungti yra prijungti du 6 ir 25 MVA hidrogeneratoriai. Pateikiami šių hidrogeneratorių techniniai duomenys, kurie padės apskaičiuoti jų, kaip tinklo elementų reaktyviąsias atstojamąsias varžas bei generuojamas elektrovaras:

S_{G6} = 6 MVA; S_{G25} = 25 MVA; Galios koeficientas cosφ=0,8.

Apskaičiuojamos hidrogeneratorių varžos santykiniais vienetais pagal formulę:

$$X_{G*} = X_{dHidro*} * \frac{S_b}{S_G}; \qquad (1.10)$$

čia X_{dHidro} = 0.27 – hidrogeneratoriaus atstojamoji varža.

$$X_{G25*} = 0{,}27 * \frac{100}{25} = 1{,}08\ s.v.; \qquad X_{G6*} = 0{,}27 * \frac{100}{6} = 4{,}5\ s.v.$$

Apskaičiuojamos hidrogeneratorių elektrovaros pagal formulę:

$$E_{G*} = U_{N*N} + I_{N*N} * X_{dHidro*} * \sin\varphi\ ; \qquad (1.11)$$

Čia U_{N*N} – vardinė generatoriaus gnybtų įtampa santykiniais vienetais; I_{N*N} – vardinė generatoriaus srovė santykiniais vienetais; $\sin\varphi$ – sinusas kampo tarp srovės ir įtampos.

$$\sin\varphi = \sqrt{1-(\cos\varphi)^2}; \qquad (1.12)$$

$$\sin\varphi = \sqrt{1-(0{,}8)^2} = \sqrt{0{,}36} = 0{,}6;$$

$$E_{G25*} = E_{G6*} = 1 + 1 * 0{,}27 * 0{,}6 = 1.162\ s.v.$$

Oro linijų atstojamosios reaktyvosios varžos

Skaičiuojamos oro linijų (analizuojamo 110 kV tinklo) reaktyviosios varžos santykiniais vienetais, kurios apskaičiuojamos pagal tokią formulę:

$$X_{L*} = X_0 * \mathrm{l} * \frac{\mathrm{S_b}}{{U_b}^2}; \quad (1.13)$$

čia X_0 – santykinė laidininko reaktyvioji varža, Ω/km; l – linijos ilgis, km.

$$X_{L1*} = 0{,}38 * 24{,}446 * \frac{100}{115^2} = 0{,}070\ s.v.;$$

$$X_{L2*} = 0{,}42 * 24{,}931 * \frac{100}{115^2} = 0{,}079\ s.v.;$$

$$X_{L3*} = 0{,}38 * 21{,}700 * \frac{100}{115^2} = 0{,}062\ s.v.;$$

$$X_{L4*} = 0{,}38 * 18{,}900 * \frac{100}{115^2} = 0{,}054\ s.v.;$$

$$X_{L5*} = 0{,}38 * 23{,}200 * \frac{100}{115^2} = 0{,}067\ s.v.;$$

$$X_{L6*} = 0{,}38 * 18{,}900 * \frac{100}{115^2} = 0{,}054\ s.v.;$$

$$X_{L7*} = 0{,}38 * 2{,}900 * \frac{100}{115^2} = 0{,}008\ s.v.;$$

$$X_{L8*} = 0{,}38 * 2{,}900 * \frac{100}{115^2} = 0.008\ s.v.$$

Atliekami pradiniai atstojamųjų varžų prastinimai, kur suprastintos atstojamosios reaktyviosios varžos skirtingų režimų ekvivalentinėse schemose išliks nepakitusios.

Nuosekliai jungiamos varžos:

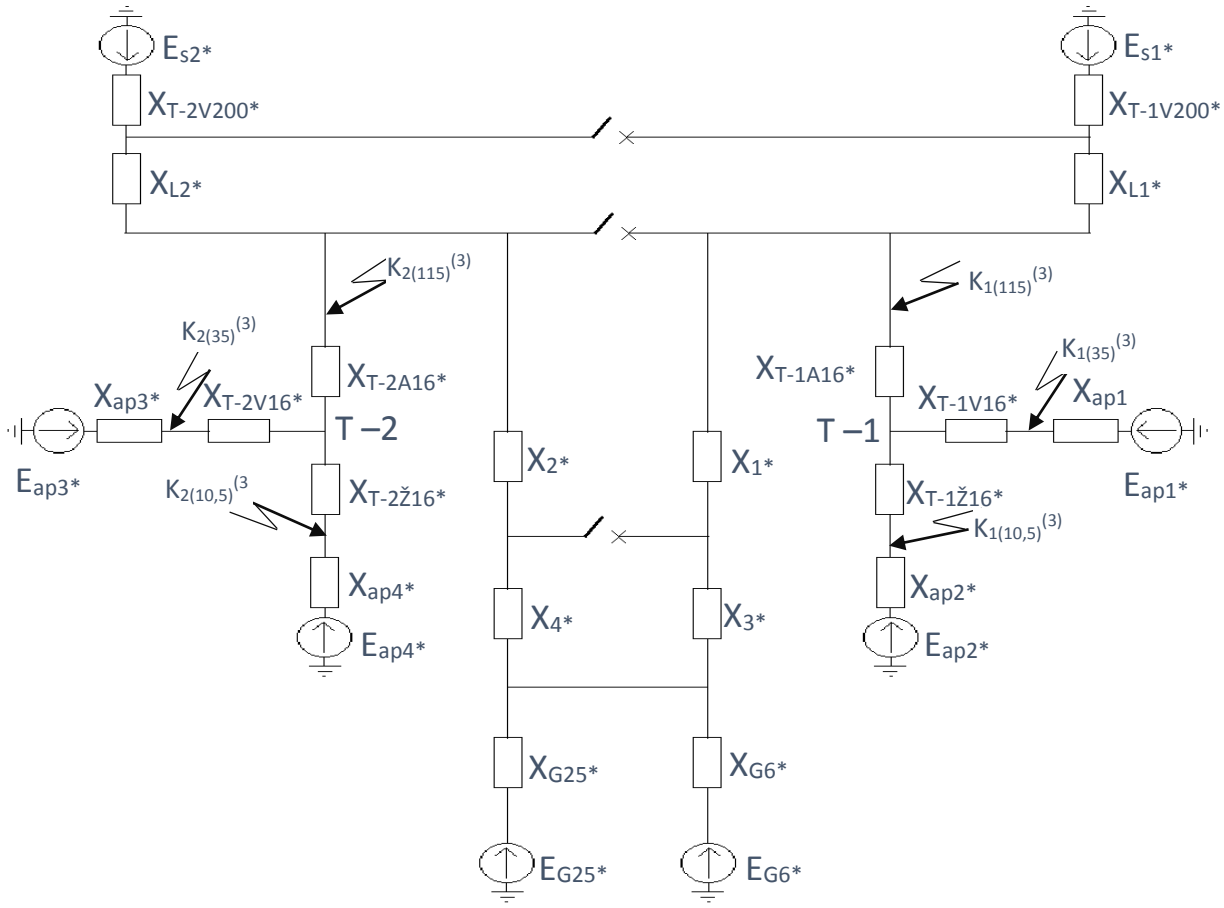
$$X_{1*} = X_{L3*} + X_{L5*} = 0{,}062 + 0{,}067 = 0{,}129\ s.v.;$$

$$X_{2*} = X_{L4*} + X_{L6*} = 0{,}054 + 0{,}054 = 0{,}108\ s.v.;$$

$$X_{3*} = X_{L8*} + X_{T-1A40*} + X_{T-1\check{Z}40*} = 0{,}008 + 0{,}0{,}269 + 0{,}169 = 0{,}446\ s.v.;$$

$$X_{4*} = X_{L7*} + X_{T-2A40*} + X_{T-2\check{Z}40*} = 0{,}008 + 0{,}0{,}269 + 0{,}169 = 0{,}446\ s.v.$$

Sudaroma skaičiuojamoji ekvivalentinė schema esant normaliam darbo režimui. Pastinama sudaryta schema.



2 pav. Tinklo normalaus darbo režimo ekvivalentinė skaičiuojamoji schema

Skaičiuojami trumpieji jungimai normaliam darbo režimui

Prastinama schema. Nuosekliai jungiamos varžos:

$X_{10*} = X_{TV200*} + X_{L1*}$ = -0,0025 + 0,070 = 0,068 s.v. ;

$X_{11*} = X_{TV200*} + X_{L2*}$ = -0,0025 + 0,079 = 0,077 s.v.;

$X_{12*} = X_{1*} + X_{3*}$ = 0,129 + 0,446 = 0,575 s.v.;

$X_{13*} = X_{2*} + X_{4*}$ = 0,108 + 0,446 = 0,554 s.v.

Schema prastinama nuo Krekenavos TP galios transformatoriaus T–2 vietos link galios transformatoriaus T-1, ant kurio šynų ir bus skaičiuojami trumpieji jungimai.

Jungiamos lygiagrečiai ir nuosekliai Krekenavos TP T–2 galios transformatoriaus varžos bei lygiagrečiai jungiamos apkrovos elektrovaros:

$$X_{T-216*} = \frac{\left(X_{ap3*} + X_{T-2V16*}\right) * \left(X_{T-2\check{Z}16*} + X_{ap4*}\right)}{\left(X_{ap3*} + X_{T-2V16*}\right) + \left(X_{T-2\check{Z}16*} + X_{ap4*}\right)} + X_{T-2A16*}$$

$$= \frac{(2{,}574 - 0{,}016) * (0{,}422 + 2{,}574)}{(2{,}574 - 0{,}016) + (0{,}422 + 2{,}574)} + 0{,}672 = 2{,}052\ s.v.;$$

$$E_{apT-216*} = \frac{E_{ap4*} * \left(X_{ap3*} + X_{T-2V16*}\right) + \left(X_{T-2\check{Z}16*} + X_{ap4*}\right) * E_{ap3*}}{\left(X_{ap3*} + X_{T-2V16*}\right) + \left(X_{T-2\check{Z}16*} + X_{ap4*}\right)}$$

$$= \frac{0{,}85 * (2{,}574 - 0{,}016) + (0{,}422 + 2{,}574) * 0{,}85}{(2{,}574 - 0{,}016) + (0{,}422 + 2{,}574)} = 0{,}85\ s.v.$$

Toliau lygiagrečiai jungiamos schemos varžos bei elektrovaros:

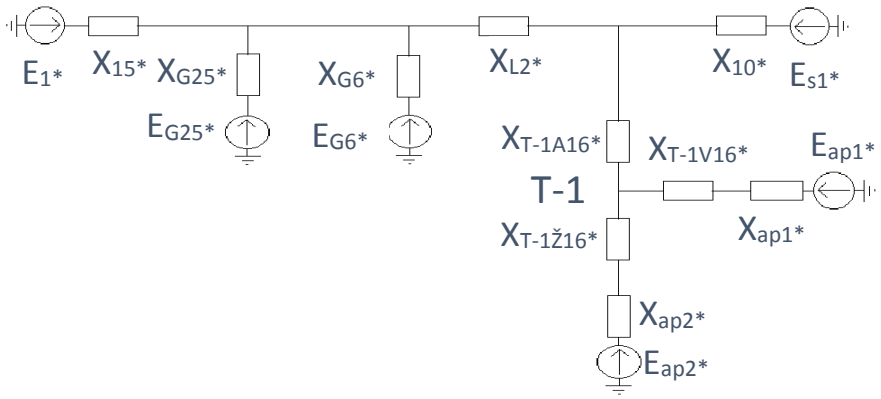
$$X_{14*} = \frac{(X_{11*}) * (X_{T-216*})}{(X_{11*}) + (X_{T-216*})} = \frac{0{,}077 * 2{,}052}{0{,}077 + 2{,}052} = 0{,}074\ s.v.$$

Priimama, kad sistemą sudaro tobuli elektrovaros šaltiniai, kurių galia neribota, o atstojamoji varža lygi 0, tada:

$$E_{s2*} = E_{s1*} = 1\ s.v.;$$

$$E_{1*} = \frac{E_{apT-216*} * X_{11*} + X_{T-216*} * E_{s2*}}{X_{11*} + X_{T-216*}} = \frac{0{,}85 * 0{,}077 + 2{,}052 * 1}{0{,}077 + 2{,}052} = 0{,}995\ s.v.;$$

$$X_{15*} = X_{14*} + X_{13*} = 0{,}074 + 0{,}554 = 0{,}627\ s.v.$$



3 pav. Tinklo normalaus darbo režimo supaprastinta ekvivalentinė skaičiuojamoji schema

$$X_{16*} = \frac{(X_{15*}) * (X_{G25*})}{(X_{15*}) + (X_{G25*})} = \frac{0{,}627 * 1{,}08}{0{,}627 + 1{,}08} = 0{,}397\ s.v.;$$

$$E_{2*} = \frac{E_{G25*} * X_{15*} + X_{G25*} * E_{1*}}{X_{15*} + X_{G25*}} = \frac{1{,}162 * 0{,}627 + 1{,}08 * 0{,}995}{0{,}627 + 1{,}08} = 1{,}056\ s.v.;$$

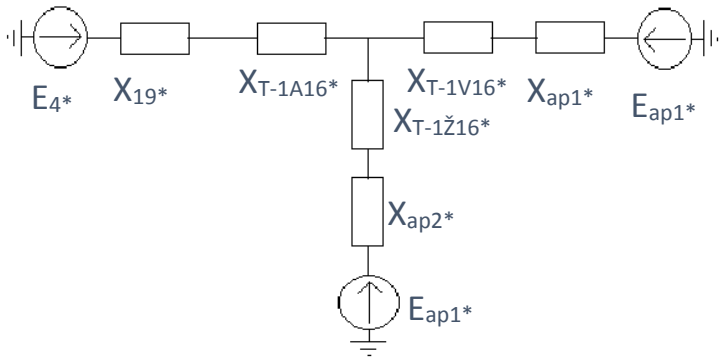
$$X_{17*} = \frac{(X_{16*}) * (X_{G6*})}{(X_{16*}) + (X_{G6*})} = \frac{0{,}397 * 4{,}5}{0{,}397 + 4{,}5} = 0{,}365\ s.v.;$$

$$E_{3*} = \frac{E_{G6*} * X_{16*} + X_{G6*} * E_{2*}}{X_{16*} + X_{G6*}} = \frac{1{,}162 * 0{,}397 + 4{,}5 * 1{,}056}{0{,}397 + 4{,}5} = 1{,}065\ s.v.;$$

$$X_{18*} = X_{17*} + X_{12*} = 0{,}365 + 0{,}575 = 0{,}939\ s.v.;$$

$$X_{19*} = \frac{(X_{18*}) * (X_{10*})}{(X_{18*}) + (X_{10*})} = \frac{0{,}939 * 0{,}068}{0{,}939 + 0{,}068} = 0{,}063\ s.v.;$$

$$E_{4*} = \frac{E_{s1*} * X_{18*} + X_{10*} * E_{3*}}{X_{18*} + X_{10*}} = \frac{1 * 0{,}939 + 0{,}068 * 1{,}065}{0{,}939 + 0{,}068} = 1{,}004\ s.v.$$

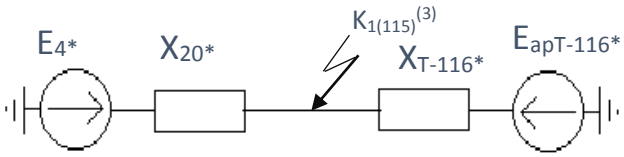


4 pav. Supaprastinta iki 3 atšakų ekvivalentinė skaičiuojamoji schema

Skaičiuojama trumpojo jungimo srovė galios transformatoriaus T–1 110 kV šynose:

$$X_{20*} = \frac{\left(X_{ap1*} + X_{T-1V16*}\right) * \left(X_{ap2*} + X_{T-1Ž16*}\right)}{\left(X_{ap1*} + X_{T-1V16*}\right) + \left(X_{ap2*} + X_{T-1Ž16*}\right)} = \frac{(2{,}574 - 0{,}016) * (2{,}574 + 0{,}422)}{(2{,}574 - 0{,}016) + (2{,}574 + 0{,}422)} = 1{,}38\ s.v.;$$

$$X_{T-116*} = X_{20*} + X_{T-1A16*} = 1{,}38 + 0{,}672 = 2{,}052\ s.v.$$



5 pav. Trumpojo jungimo ant 115 kV šynų suprastinta ekvivalentinė skaičiuojamoji schema

Kadangi abu galios transformatoriai vienodi, tai jų apkrovų elektrovaros vienodos:

$$E_{apT-216*} = E_{apT-116*} = 0{,}85\ s.v.$$

Skaičiuojama suminė varža ir elektrovara:

$$E_{sum1*} = \frac{E_{4*} * X_{T-116*} + E_{apT-116*} * X_{19*}}{X_{T-1*} + X_{19*}} = \frac{1{,}004 * 2{,}052 + 0{,}85 * 0{,}063}{2{,}052 + 0{,}063} = 1\ s.v.;$$

$$X_{sum1*} = \frac{(X_{T-116*}) * (X_{19*})}{(X_{T-116*}) + (X_{19*})} = \frac{2{,}052 * 0{,}063}{2{,}052 + 0{,}063} = 0{,}061\ s.v.$$

Randama trumpojo jungimo srovė ant 115 kV šynų:

$$I_{k1(115)} = \frac{E_{sum1*}}{X_{sum1*}} * I_{b(115)} = \frac{1}{0{,}061} * 0{,}502 = 8{,}215\ kA;$$

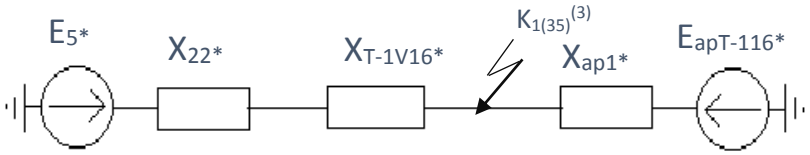
Skaičiuojami trumpieji jungimai ant galios transformatoriaus T–1 35 kV šynų:

$$X_{21*} = X_{19*} + X_{T-1A16*} = 0{,}063 + 0{,}672 = 0{,}735\ s.v.;$$

$$X_{22*} = \frac{(X_{21*}) * \left(X_{ap2*} + X_{T-1\check{Z}16*}\right)}{(X_{21*}) + \left(X_{ap2*} + X_{T-1\check{Z}16*}\right)} = \frac{0{,}735 * (2{,}574 + 0{,}422)}{0{,}735 + (2{,}574 + 0{,}422)} = 0{,}59\ s.v.;$$

$$E_{5*} = \frac{E_{4*} * \left(X_{ap2*} + X_{T-1\check{Z}16*}\right) + E_{apT-116*} * X_{21*}}{\left(X_{ap2*} + X_{T-1\check{Z}16*}\right) + X_{21*}}$$

$$= \frac{1{,}004 * (2{,}574 + 0{,}422) + 0{,}85 * 0{,}735}{(2{,}574 + 0{,}422) + 0{,}735} = 0{,}974\ s.v.$$



6 pav. Trumpojo jungimo ant 35 kV šynų suprastinta ekvivalentinė skaičiuojamoji schema

Skaičiuojamos suminės varžą bei elektrovarą:

$$X_{sum2*} = \frac{(X_{ap1*}) * (X_{22*} + X_{T-1V16*})}{(X_{ap1*}) + (X_{22*} + X_{T-1V16*})} = \frac{2{,}574 * (0{,}59 - 0{,}016)}{2{,}574 + (0{,}59 - 0{,}016)} = 0{,}47\ s.v.;$$

$$E_{sum2*} = \frac{E_{5*} * X_{ap1*} + E_{apT-116*} * (X_{22*} + X_{T-1V16*})}{X_{ap1*} + (X_{22*} + X_{T-1V16*})}$$

$$= \frac{0{,}974 * 2{,}574 + 0{,}85 * (0{,}59 - 0{,}016)}{2{,}574 + (0{,}59 - 0{,}016)} = 0{,}951\ s.v.$$

Skaičiuojama trumpojo jungimo srovė ant 35 kV šynų:

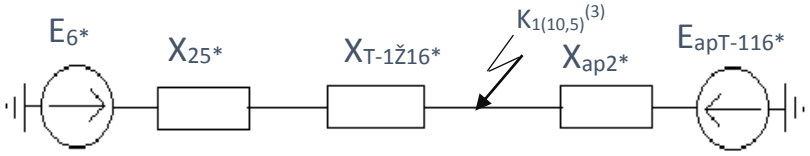
$$I_{k1(35)} = \frac{E_{sum2*}}{X_{sum2*}} * I_{b(35)} = \frac{0{,}951}{0{,}47} * 1{,}65 = 3{,}341\ kA.$$

Skaičiuojama trumpojo jungimo srovė ant galios transformatoriaus 10,5 kV šynų:

$$X_{25*} = \frac{(X_{21*}) * (X_{ap1*} + X_{T-1V16*})}{(X_{21*}) + (X_{ap1*} + X_{T-1V16*})} = \frac{0{,}735 * (2{,}574 - 0{,}016)}{0{,}735 + (2{,}574 - 0{,}016)} = 0{,}571\ s.v.$$

$$E_{6*} = \frac{E_{4*} * (X_{ap1*} + X_{T-1V16*}) + E_{apT-116*} * X_{21*}}{(X_{ap1*} + X_{T-1V16*}) + X_{21*}}$$

$$= \frac{1{,}004 * (2{,}574 - 0{,}016) + 0{,}85 * 0{,}735}{(2{,}574 - 0{,}016) + 0{,}735} = 0{,}97\ s.v.$$



7 pav. Trumpojo jungimo ant 10,5 kV šynų suprastinta ekvivalentinė skaičiuojamoji schema

Skaičiuojamos suminės varža bei elektrovara:

$$X_{sum3*} = \frac{(X_{ap2*}) * (X_{25*} + X_{T-1Ž16*})}{(X_{ap2*}) + (X_{25*} + X_{T-1Ž16*})} = \frac{2{,}574 * (0{,}571 + 0{,}422)}{2{,}574 + (0{,}571 + 0{,}422)} = 0{,}716\ s.v.;$$

$$E_{sum3*} = \frac{E_{6*} * X_{ap1*} + E_{apT-116*} * (X_{25*} + X_{T-1Ž16*})}{X_{ap1*} + (X_{25*} + X_{T-1Ž16*})}$$

$$= \frac{0{,}97 * 2{,}574 + 0{,}85 * (0{,}571 + 0{,}422)}{2{,}574 + (0{,}571 + 0{,}422)} = 0{,}937\ s.v.$$

Skaičiuojama trumpojo jungimo srovė ant 10,5 kV šynų:

$$I_{k1(10{,}5)} = \frac{E_{sum3*}}{X_{sum3*}} * I_{b(10{,}5)} = \frac{0{,}937}{0{,}716} * 5{,}499 = 7{,}188\ kA$$

Kadangi kitais atvejais skaičiavimai buvo atliekami analogiškai, tai jie pateikiami nebus. Pateikiamos ekvivalentinės skaičiavimų schemos bei gauti rezultatai lentelėse atlikus skaičiavimus.

Trumpųjų jungimų srovės ant galios transformatoriaus T-2 šynų:

5 lentelė. TJ srovių vertės ant Krekenavos TP galios transformatoriaus T–2 šynų

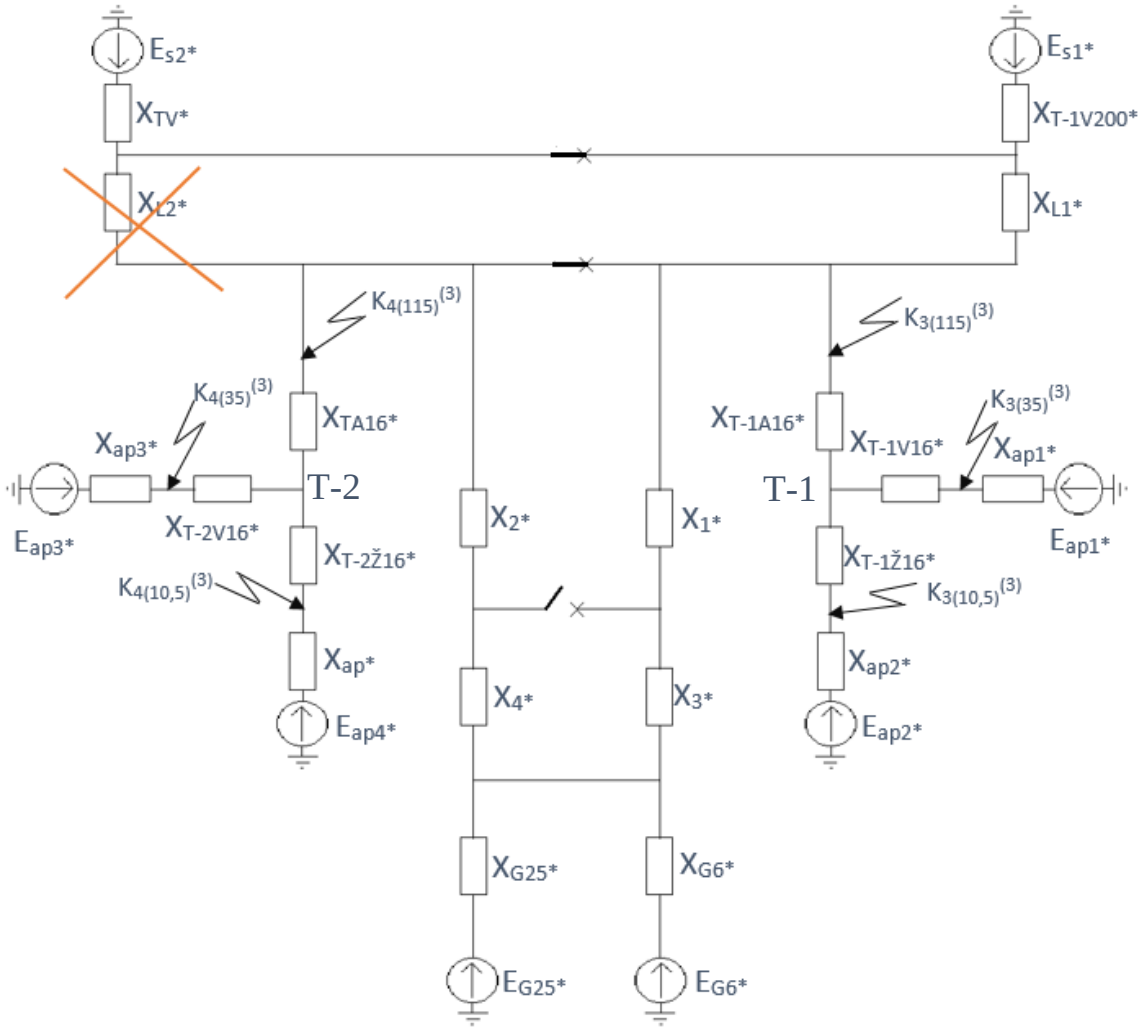
Šynų įtampa, kV	Trumpojo jungimo srovė, kA	Žymėjimas
115	7,351	$I_{k2(115)}$
35	3,319	$I_{k2(35)}$
10,5	7,165	$I_{k2(10,5)}$

Trumpojo jungimo srovių skaičiavimas dirbant tinklui avariniu režimu kai nutraukta linija Krekenava – Panevėžys 2.

Apskaičiuotos trumpųjų jungimų srovės ant T–1 ir T–2 galios transformatorių šynų avariniame tinklo darbo režime:

6 lentelė. TJ srovių vertės tinklui dirbant avariniu režimu

Šynų įtampa, kV	Trumpojo jungimo srovė, kA	Žymėjimas	Trumpojo jungimo srovė, kA	Žymėjimas
	Transformatorius T–1		Transformatorius T–2	
115	8,36	$I_{k3(115)}$	8,36	$I_{k4(115)}$
35	3,345	$I_{k3(35)}$	3,345	$I_{k4(35)}$
10,5	7,191	$I_{k3(10,5)}$	7,191	$I_{k4(10,5)}$



8 pav. tinklo ekvivalentinė skaičiuojamoji schema dirbant avariniu režimu

3. Smūgio srovės skaičiavimas

Smūgio srovė (I_{sm}) – periodinės trumpojo jungimo dedamosios amplitudinė reikšmė. Smūgio srovės reikšmę reikalinga skaičiuoti norint patikrinti įvairių aukštos įtampos įrenginių mechaninį bei elektrinį atsparumą TJ metu.

Didžiausia trumpojo jungimo srovė buvo apskaičiuota kai nagrinėjamas elektros tinklas dirbs avariniu režimu. Didžiausios trumpojo jungimo srovės vertė :

$I_k = 8{,}36\ kA$.

Kadangi ši didžiausia trumpojo jungimo srovė buvo gauta ant 115 kV įtampos transformatoriaus šynų, o šiame darbe svarbiausias ir yra 115 kV tinklas, nes rekonstruojame 115 kV skirstyklą. Dėl to, skaičiuojama smūginė srovė pagal gautą didžiausią trumpojo jungimo srovę. Priimama, kad koeficientas k_{sm}=1,65 (vidutinė vertė kai elektrinės sujungtos su sistema oro linijomis).

Smūginė srovė apskaičiuojama pagal formulę:

$$I_{sm} = I_k * k_{sm} * \sqrt{2}\,; \qquad (2.1)$$

Apskaičiuojama smūgio srovė, kuri bus reikalinga parenkant 110 kV skirstyklos įrenginius:

$I_{sm} = 8{,}36 * 1{,}65 * \sqrt{2} = 19{,}507\ kA$

4. 110 kV šynų parinkimas

Galios transformatorius su 110 kV tinklu jungiančios šynos yra palyginti trumpos, todėl jų skerspjūvis nustatomas ne pagal ekonomišką srovės tankį, o pagal ilgalaikę leistiną srovę. Parenkamos lanksčios AS-150/24 plieno-aliuminio šynos, 150 mm^2 aliuminio ir 24 mm^2 plieno skerspjūvių, kurių $I_{leist.}$ = 460 A.

Šynos parenkamos pagal tokias pagrindines sąlygas:

1) Aplinkos sąlygas (lauko, vidaus);
2) Naudojamą laidininkų medžiagą (varis, aliuminis);
3) Formą, profilį;
4) Leistinas sroves kai transformatorius dirba normaliu ir avariniu arba remontiniu režimais;
5) Šiluminį atsparumą;
6) Vainikinio išlydžio iškrovos panaikinimą.

1. Šynos privalo tenkinti ilgalaikės leistinos srovės sąlygas:

$$I_{\max} \le I_{leist.},\ I_{d.f} \le I_{leist.};$$

čia: I_{max} – didžiausia renkamų šynų srovė dirbant transformatoriui normaliu režimu, A;

$I_{d.f}$ – didžiausia remontinio arba poavarinio režimo renkamų šynų srovė, A;

$I_{leist.}$ – leistina šynų apkrova, A.

$$I_{\max} = \frac{S_N}{\sqrt{3}\cdot U_N} = \frac{116\cdot 10^3}{\sqrt{3}\cdot 115} = 83{,}978 \text{ A}, \quad (3.1)$$

$$I_{d.f} = \frac{k_p \cdot S_N}{\sqrt{3}\cdot U_N} = \frac{1{,}5\cdot 16\cdot 10^3}{\sqrt{3}\cdot 115} = 125{,}967 \text{ A}, \quad (3.2)$$

čia priimama, kad transformatoriaus sistemingos perkrovos koeficientas k_p = 1,5;

S_N – transformatoriaus vardinė galia; U_N – transformatoriaus vardinė įtampa.

Sąlygos $I_{\max} = 83{,}978A \le I_{leist.} = 460A$ ir $I_{d.f} = 125{,}967 \le I_{leist.} = 460A$ tenkinamos.

2. Tikrinu laidininko skerspjūvius pagal ilgalaikį leistiną įšilimą. Skerspjūviai bus parinkti teisingai, jei laidininkas tenkins nusistovėjusio režimo sąlygas:

Laidininko ilgalaikio įšilimo sąlygos $I_{d.f} \le I_l'$;

I_l' – perskaičiuota leistinoji srovė, kuri lygi:

$$I_l' = I_l \sqrt{\frac{\vartheta_1 - \vartheta_0}{\vartheta_1 - \vartheta_{0N}}}\ ; \tag{3.3}$$

čia ilgalaikė leistinoji temperatūra $\vartheta_1 = 80^0$C, aplinkos temperatūra $\vartheta_0 = 35^0$C, aplinkos vardinė temperatūra $\vartheta_{0N} = 25^0$C, o leistinoji srovė $I_l = 460$ A.

$$I_l' = 460 \sqrt{\frac{80 - 35}{80 - 25}} = 416{,}086\ A; \tag{3.4}$$

Sąlyga $I_{d.f} = 125.967$ A $< I_l' = 416{,}086$ A yra tenkinama.

3. Parinktos šynos tikrinamos terminiam trumpojo jungimo srovių poveikiui.

Šynų įšilimo temperatūra iki trumpojo jungimo:

$$\vartheta_k \le \vartheta_{kleist.}, \tag{3.5}$$

čia: ϑ_k - šynų įšilimo temperatūra trumpojo jungimo metu;

$\vartheta_{kleist.}$ - leistina šynų įšilimo temperatūra, priimama, kad + 200°C.

Šynų įšilimo temperatūra normalaus darbo metu:

$$\vartheta_n = \vartheta_o + (\vartheta_{nleist.} - \vartheta_o)\frac{I_{\max}^2}{I_{leist.}^2}, \tag{3.6}$$

čia: ϑ_o - vardinė aplinkos temperatūra, priimama, kad + 25°C;

$\vartheta_{nleist.}$ - leistina šynų įšilimo temperatūra normalaus darbo metu, priimama + 80°C.

$$\vartheta_n = 25 + (80 - 25)\frac{83{,}978^2}{460^2} = 26{,}833\ ^\circ\text{C}.$$

Žinant ϑ_n, iš temperatūrinių kreivių aliuminiui nustatoma:

$A\vartheta_n = 0{,}37 \cdot 10^4$ A²·s/mm².

Apskaičiuojamas dydis proporcingas šynos perkaitimui trumpojo jungimo metu:

$$A\tau_k = \frac{B_k}{S^2}, \tag{3.7}$$

čia: B_k – šiluminis impulsas nuo trumpojo jungimo srovės, A²·s;

S – šynos skerspjūvis, mm², S = 150 mm².

$$B_k = (I_k)^2 \cdot (t_{atj.} + T_a), \tag{3.8}$$

čia: $t_{atj.}$ – atjungimo trukmė, s;

T_a – aperiodinės trumpojo jungimo laiko srovės pastovioji, (iš lentelės) kai $k_s = 1{,}65$, tai $T_a = 0{,}02$.

$$t_{atj.} = t_{ra} + t_j = 0{,}1 + 0{,}12 = 0{,}22 \text{ s};$$

čia: t_{ra} – rezervinis relinės apsaugos suveikimo laikas, s;

t_j – jungtuvo atjungimo laikas, s.

$$B_k = \left(8{,}36 \cdot 10^3\right)^2 \cdot \left(0{,}22 + 0{,}2\right) = 29{,}35 \cdot 10^6 \text{ A}^2\text{·s};$$

$$A\tau_k = \frac{29{,}35 \cdot 10^6}{150^2} = 0{,}13 \cdot 10^4 \text{ A}^2\text{·s/mm}^2.$$

Dydis proporcingas temperatūrai trumpojo jungimo metu:

$$A\vartheta_k = A\vartheta_n + A\tau_k = 0{,}37 \cdot 10^4 + 0{,}13 \cdot 10^4 = 0{,}5 \cdot 10^4 \text{ A}^2\text{·s/mm}^2;$$

Iš temperatūrinių kreivių nustatoma $\vartheta_k = +75\,°\text{C}$.

+ 75°C < + 200°C sąlyga tenkinama, šynos terminiam trumpojo jungimo srovių poveikiui atsparios.

4. Vainikinio išlydžio įvertinimas.

Vainikinė iškrova nevyks, jeigu didžiausias elektrinio lauko stipris laidininko paviršiuje:

$$1{,}07E \leq 0{,}84E_0 \text{ , } kV/cm;$$

Čia E_0 – vainikinės iškrovos pradžios elektrinio lauko stipris, lygus:

$$E_0 \approx 30{,}3m\left(1 + \frac{0{,}3}{\sqrt{r_0}}\right);$$

Čia m – laidininko nelygumo koeficientas. Daugiavielio laidininko m = 0,82; r_0 – laidininko spindulys, cm.

Parinkto laidininko E_0 :

$$E_0 \approx 30{,}3 * 0{,}82\left(1 + \frac{0{,}3}{\sqrt{0{,}864}}\right) \approx 32{,}865 \ kV/cm;$$

$$E_0 * 0{,}84 = 27.067 \ kV/cm;$$

Didžiausias elektrinio lauko stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$E = \frac{0{,}354 * U * k}{n * r_0 * lg\frac{D_{vid}}{r_{ekv}}}; \qquad (3.9)$$

čia U – šynos linijinė įtampa, kV; k – koeficientas, įvertinantis fazės laidinkų skaičių n;

$D_{vid} = \sqrt[3]{D_{12} * D_{23} * D_{13}}$ – vidutinis atstumas tarp skirtingų fazių, cm (110 kV skirstyklose vidutiniškai 200 cm); r_{ekv} – išskaidytos fazės ekvivalentinis spindulys, cm.

Šiuo atveju: laidų skaičius n = 1, dėl to, koeficientas k = 1 ir $r_{ekv} = r_0$.

Apskaičiuojamas tiriamo atvejo didžiausias elektrinio lauko stipris:

$D_{vid} = \sqrt[3]{200 * 200 * 400}$ = 252 cm;

$E = \frac{0{,}354 * 115 * \sqrt{3} * 1}{1 * 0{,}864 * lg\frac{252}{0{,}864}}$ = 33,814 kV/cm;

$E * 1{,}07 = 36{,}181\ kV/cm$;

Sąlyga $1{,}07E = 36{,}181 \leq 0{,}84E_0 = 27{,}067$ kV/cm yra tenkinama.

5. Jungtuvų parinkimas

Jungtuvai – tai aukštos įtampos komutaciniai aparatai, kurių veikimas pagrįstas lanko gesinimu. Jungtuvu galima įjungti ir išjungti darbo srovę, tačiau pagrindinis jo uždavinys — automatiškai išjungti trumpojo jungimo srovę. Taip pat jis turi išlaikyti klaidingą įjungimą į trumpąjį jungimą, kai prieš visiškai įsijungiant kontaktams per jį prateka smūginė trumpojo jungimo srovė. Apsaugų sistemos sužadintas jungtuvas apsaugo grandinę nuo trumpųjų jungimų. Jis gali automatiškai išsijungti ir nuo kitų sutrikimų — perkrovos, pernelyg sumažėjusios arba padidėjusios įtampos, jos dingimo arba energijos tekėjimo krypties pasikeitimo atvejais.

Eledujiniai jungtuvai lanko gesinimui naudoja aukšto slėgio inertines dujas - sieros fluoridą (SF_6). Sieros fluoridas yra bespalvės, bekvapės, nenuodingos dujos, bet, veikiamos elektros lanko jos skyla į nuodingas medžiagas. Tokie jungtuvai yra saugūs, jų didelis išjungimo resursas, todėl yra naudojami vis dažniau. Pastaruoju metu dauguma naujų jungtuvų mūsų šalyje statoma būtent šio tipo. Sieros fluorido tankis 5 kartus didesnis už oro, o elektrinis atsparumas 2 - 3 kartus. Esant tokiomis pat sąlygomis, SF_6 aplinkoje lankas gesinamas 100 kartų greičiau negu ore, dėl to tokio tipo jungtuvų efektivumas žymiai didesnis.

Kadangi jungtuvas yra pagrindinis aukštosios įtampos komutacinis aparatas, tai šis įrenginys parenkamas pagal įvairias sąlygas. Viena iš pagrindinių parinkimo sąlygų yra elektrodinaminio atsparumo palyginimas:

$$I_{ks} \leq I_d; \tag{5.1}$$

čia I_{ks} – smūginė srovė, kA; I_d – jungtuvo dinaminio atsparumo srovė, kA.

Taip pat tikrinamos šios sąlygos:

$$I_{d.f} \leq I_N; \tag{5.2}$$

$$U_t \leq U_V; \tag{5.3}$$

Čia U_t – tinklo nominalioji įtampa, U_V – įrenginio (jungtuvo) vardinė įtampa.

Parenku ALSTOM firmos SF6 tripolį jungtuvą su spyruokline pavara. Jungtuvo parametrai:

7 lentelė. Parenkamo jungtuvo parametrai

Tipas	GL 311 F1/4031 P
Vardinė įtampa, kV	123
Vardinė srovė, A	3150
Dinaminė atsparumo srovė, kA	104
Vardinis dažnis, Hz	50
Žaibo impulso atsparumo įtampa, kV	550
Išjungimo srovė, kA	40
Terminio atsparumo srovė 3s, kA	40

Tikrinu ar jungtuvas tenkina sąlygas:

$i_s \leq i_d$

$19{,}507\ kA \leq 79\ kA$, sąlyga tenkinama;

$I_{d.f} \leq I_N$

$125{,}967\ A \leq 3150\ A$, sąlyga tenkinama;

$U_t \leq U_V$

$115\ kV \leq 123\ kV$, sąlyga tenkinama.

6. Srovės transformatorių parinkimas

Pastotės darbo režimas kontroliuojamas matavimo prietaisais. Apsaugai ir valdymui įrengiami rėlinės apsaugos ir automatikos įrenginiai. Matavimo prietaisams ir kitiems įrenginiams maitinti visose grandinėse, trijose arba dviejose fazėse, statomi srovės transformatoriai (TA). Jų tikslumo klasė priklauso nuo matavimo prietaisų ir rėlinės apsaugos reikalavimų. Srovės transformatoriai parenkami pagal vardinę įtampą, vardinę pirminę ir antrinę sroves, tikslumo klasę. Po to tikrinamas jų dinaminis ir terminis atsparumas.

Srovės transformatorių tikslumo klasė parenkama pagal paskirtį. Apskaitos skaitikliams prijungti naudojami 0.5 tikslumo klasės, techniniams matavimams – 1.0 tikslumo klasės, rėlinei apsaugai – 3.0 ir žemesnės klasės srovės transformatoriai. Transformatorių tikslumo klasė užtikrinama, jei antrinės grandinės apkrova (S_2) neviršija transformatorių antrinės vardinės galios (S_{2N}):

$$S_2 \leq S_{2N} \tag{6.1}$$

Parenkant srovės transformatorius komercinei apskaitai, būtina sąlyga, kad apskaičiuoti antrinių apvijų srovės parametrai esant maksimaliai prijunginio apkrovai būtų ne mažesni kaip 40 proc. ir ne didesni kaip 120 proc., o esant minimaliai prijunginio apkrovai – ne mažesni kaip 1 proc. (0,5 tikslumo klasės srovės transformatoriams – ne mažesni kaip 5 proc.) elektros skaitiklio vardinės srovės (EĮĮT 145 p.).

8 lentelė. Srovės transformatorių parinkimas pagal galios transformatorių realias apkrovas

Srovės transformatorių parinkimas galios transformatoriams pagal elektros energijos apskaitą:	
Prijunginys	**Galios transformatroriai T-1, T-2**
Maksimali dviejų transformatorių žiemos apkrova	7,38 MW/0,9(cosφ)=8,2MVA*
I_{max} tekanti per srovės transformatorių, kai vienas transformatorius atjungtas, o kitas apkrautas pilna pastotės apkrova, A	$I_{max} = \frac{8200kVA}{\sqrt{3} * 110\ kV} = 43\ A$
I_{min} tekanti per srovės transformatorių, esant minimaliai vieno transformatorius apkrovai vasaros metu, A	0,828 MW/0,9(cosφ)=0,92MVA
	$I_{min} = \frac{920kVA}{\sqrt{3} * 110\ kV} = 4{,}8\ A$

Parinkti srovės transformatoriai su transformacijos koeficientais apskaitos grandinėse	100/1
Apvijos apkrovimas žiemos metu, esant maksimaliai apkrovai	$\frac{43}{100} * 100\% = 43\ \%$ 120%≥leistina ≥ 40% apkrova
Apvijos apkrovimas vasaros metu, esant minimaliai apkrovai	$\frac{4,8}{100} * 100\% = 4,8\ \%$ leistina ≥ 1% apkrova

*- galios transformatorių apkrovos dydžiai pateikti pagal AB „LESTO“ duomenis

Galios transformatorių T-1 ir T-2 grandinės 110 kV srovės transformatorių pirminė vardinė srovė priimama 100 A. Galios transformatorių vardinė srovė 84 A.

110 kV srovės transformatorių transformacijos koeficientai:

100/1

100/1

600/1

600/1

600/5

110 kV linijų grandyse srovės transformatoriai parenkami pagal leistiną laidų apkrovą. 110 kV OL Krekenava- Žibartoniai, laidas 95 mm2, maksimali leistina srovė 330 A. Kitose linijose Krekenava-Panevėžys 1, Krekenava-Surviliškis ir Krekenava-Truskava laidas 150 mm2, maksimali leistina srovė 450 A. Visiems šių linijų grandyse statomiems srovės transformatoriams priimta vienoda 500 A pirminė srovė su ilgalaikiu leistinu perkrovimo koeficientu 1.2, t.y. 600 A.

Numatomos keturios rėlinės apsaugos šerdys (pagal rėlinės apsaugos reikalavimus) su transformacijos koeficientu:

500/1

500/1

500/1

500/1

110 kV OL Krekenava-Panevėžys 2, laidas 240 mm2, maksimali leistina srovė 605 A. Priimama 600 A pirminė srovė su ilgalaikiu leistinu perkrovimo koeficientu 1.2, t.y. 720 A. Numatomos keturios rėlinės apsaugos šerdys (pagal rėlinės apsaugos reikalavimus) su transformacijos koeficientu:

600/1

600/1

600/1

600/1

Sekcijinėje grandyje, įvertinus būsimą skirstyklos praplėtimą, parenkamas srovės transformatorius su 600A pirmine srove ir ilgalaikiu leistinu perkrovimo koeficientu 1.2, t.y. 720 A. Numatomos penkios rėlinės apsaugos šerdys (pagal rėlinės apsaugos reikalavimus) su transformacijos koeficientu:

600/1

600/1

600/1

600/1

600/1

Parenkami PFIFFNER firmos JOF123 T tipo srovės transformatoriai, kurių duomenys:

9 lentelė. PFIFFNER JOF123 T srovės transformatorių techniniai duomenys

Tipas	JOF123 T
Standartas	IEC
Izoliatorius	Porcelianas
Didžiausia tinklo įtampa, kV	123
Atlaikoma žaibo impulsine įtampa, kV	550
Vardinis dažnis, Hz	50
Vardinės pirminės srovės, A	100, 500, 600
Pirminių apvijų skaičius	1
Maksimali dinaminė trumpojo jungimo srovė, kA	100
Maksimali terminė trumpojo jungimo srovė 1s, kA	40
Vardinė antrinė srovė, A	1/ 5
Tikslumo klasė	0,2s / 5P

7. Įtampos transformatorių parinkimas

Įtampos matavimo transformatorius (TV) – tai elektros įrenginys, skirtas didelėms elektros tinklo įtampoms transformuoti į mažesnes, tinkančias matuoti. TV konstrukcija panaši į galios transformatoriaus. Pagrindiniai TV parametrai yra šie: pirminė ir antrinė įtampa (U_{N1} ir U_{N2}) bei galia S_{TV}. TV tiksliausiai veikia tada, kai prie jo prijungto matavimo elemento varža didelė, t.y. $Z_a \approx \infty$. Pirminė vardinė įtampa parenkama pagal tinklo įtampą (330, 110, 35, 10, 6, 0,4 kV). Daugumos transformatorių antrinė vardinė įtampa vienoda – 100 V.

Įtampos transformatoriai parenkami su dviem, komercinei apskaitai skirtomis 0,2 tikslumo klasės apvijomis ir dviem 3P tikslumo klasės apvijomis – rėlinei apsaugai. Praktikos metu surinkta duomenų, jog pagal rėlinės apsaugos ir komercinės apskaitos reikalavimus 110 kV skirstykloje, transformacijos koeficientai turi būti:

$\frac{110}{\sqrt{3}}$; $\frac{0{,}1}{\sqrt{3}}$; $\frac{0{,}1}{\sqrt{3}}$; $\frac{0{,}1}{\sqrt{3}}, kV$;

Panaudojami esami PFIFFNER firmos EJOF 123 tipo kombinuoti įtampos/srovės matavimo transformatoriai. Jie bus naudojami kaip šynų įtampos transformatoriai.

10 lentelė. Parenkamo įtampos transformatoriaus duomenys

Tipas	EJOF 123
Didžiausia tinklo įtampa, kV	123
Vardinis dažnis, Hz	50
Vardinė antrinė įtampa, V	$110\sqrt{3}$; $0{,}1\sqrt{3}$
Tikslumo klasė	0,2
	3P

Parinkti įtampos transformatoriai turi tenkinti šią sąlygą:

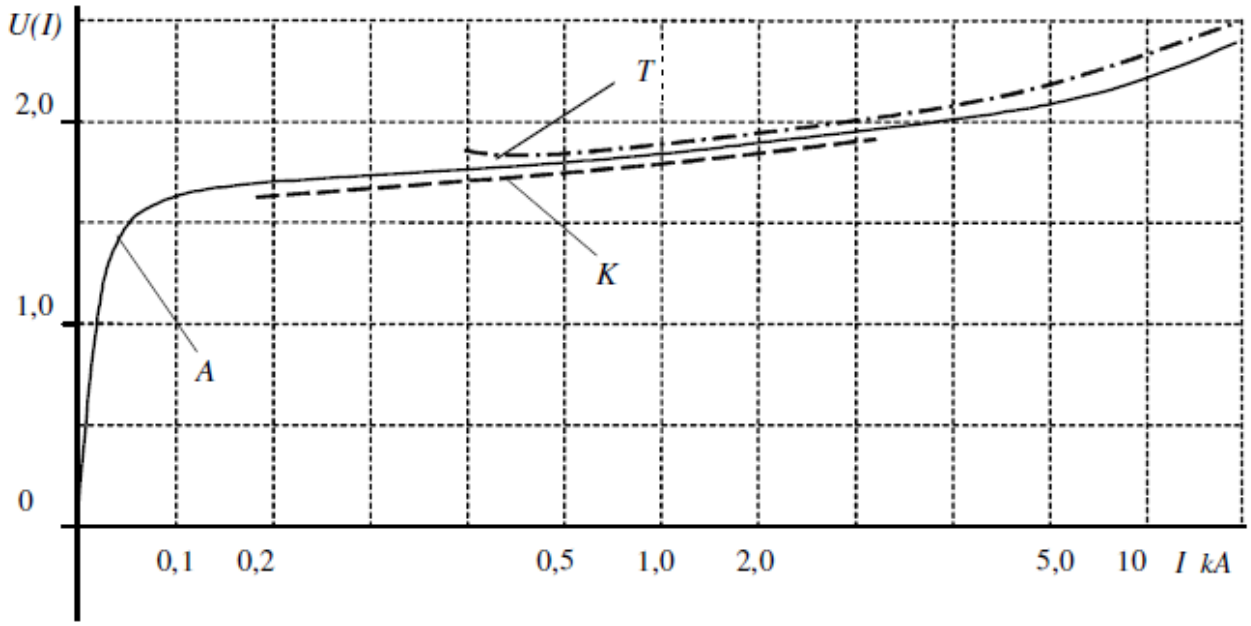
$U_t \leq U_V$

$115\ kV \leq 123\ kV$, iškelta sąlyga tenkinama. Esami kombinuoti įtampos/srovės transformatoriai tinkami naudoti.

8. Viršįtampių ribotuvų ir skyriklių parinkimas

Elektros įrenginių izoliacijos apsaugos sistemų su ribotuvais efektyvumą lemia linijų apsaugos nuo žaibo efektyvumas, tinklo elektromagnetinės savybės, elektros tinklo konfigūracija, ribotuvų kokybė bei jų apsauginės charakteristikos.

Viršįtampių ribotuvai naudojami įrenginių izoliacijai apsaugoti nuo komutacinių ir atmosferinių viršįtampių efektyviai įžemintos, izoliuotos ar kompensuotos neutralės tinkluose. Viršįtampių ribotuvas jungiamas į tinklą tiesiogiai be kibirkštinio tarpelio. Normalaus darbo režimo metu per ribotuvą srovė praktiškai neteka. Atsiradus tinkle viršįtampiams srovė per ribotuvą didėja tolygiai be staigių šuolių, kaip iškroviklyje, todėl viršįtampių pereinamasis procesas yra švelnesnis, tačiau apsaugos zona siauresnė.



9 pav. Viršįtampių ribotuvo voltamperinė charakteristika

Viršįtampių ribotuvo voltamperinė charakteristika priklauso nuo viršįtampių proceso pobūdžio: A – lygis, kai izoliaciją veikia atmosferinių viršįtampių pilnoji banga, K – lygis, kai vyksta perjungimo viršįtampių pereinamasis procesas ir T – lygis, kai susidaro trumpas stataus fronto impulsas, atsirandantis dėl kibirkštinio iškroviklio prisijungimo.

Krekenavos 110/35/10/kV pastotės apsaugai nuo atmosferinių viršįtampių ateinančių iš 110 kV linijų pusės įrenginiai apsaugomi projektuojamais viršįtampių ribotuvais, o galios transformatoriai esamais pastatomais arčiau jų. Dėl viršįtampių ribotuvų parinkimo ir išdėstymo skirstyklos teritorijoje buvo gauta UAB „Modesa“ ataskaita . Preliminariais skaičiavimais vršįtampių lygis gali būti iki 327 kV.

Parenku viršįtampių ribotuvą pagal vardinę įtampą, t.y. 110 kV. Šio tipo viršįtampių ribotuvai stovės prie galios transformatorių. Parenku TRIDELTA gamybos HTS 102 tipo viršįtampių ribotuvą, kurio parametrai:

11 lentelė. TRIDELTA gamybos HTS 102 viršįtampio ribotuvo duomenys

Tipas	HTS 102
Didžiausia tinklo įtampa, kV	123
Vardinė įtampa, kv eff	102
Maksimali nominali srovė, kA	10
Ilgo veikimo maksimali impulsinė srovė, A	800
Maksimali impulsinė srovė , kA	100
Trumpo jungimo srovė, kA / 0,2s	63

Parenku viršįtampių ribotuvus, kurie saugos skirstyklą nuo atmosferinių viršįtampių ateinančių linijomis. Parenku Parenku TRIDELTA gamybos SBKC 102/10.2 tipo viršįtampių ribotuvą, kurio parametrai:

12 lentelė. TRIDELTA gamybos SBKC 102/10.2 viršįtampių ribotuvo duomenys

Tipas	SBKC 102/10.2
Didžiausia tinklo įtampa, kV	123
Vardinė įtampa, kv eff	102
Maksimali nominali srovė, kA	10
Ilgo veikimo maksimali impulsinė srovė 2 ms, A	500
Maksimali impulsinė srovė , kA	100
Trumpo jungimo srovė, kA / 0,2s	40

Atliekant remonto darbus sistemoje, stengiamasi išjungti kuo mažesnę jos dalį, kad nuostoliai dėl elektros energijos netiekimo būtų kuo mažesni. Todėl reikia daug komutacinių aparatų, kad būtų galima atjungti tik remontuojamą elementą. Be to, atjungimas turi būti patikimas ir vizualiai matomas, nes daugumos jungtuvų kontaktai paslėpti. Šias funkcijas atlieka skyrikliai. Skyriklis - tai kontaktinė sistema, skirta atjungti ir vizualiai išskirti kontaktams. Jie statomi abipus elektros aparato (jungtuvo, transformatoriaus) ir atjungiami remonto metu. Tačiau skyrikliai negali atjungti darbo srovės, nes neturi lanko gesinimo įrenginių, todėl schemos sudaromos taip, kad srovę grandinėje atjungia jungtuvas, o tik po to atjungiami skyrikliai, nuo priešingų veiksmų skyriklį saugo blokuotės. Skyrikliais galima įjungti ir išjungti transformatoriaus įmagnetinimo srovę, įjungti oro liniją tuščioje veikoje ir t.t. Skyriklių konstrukcija paprasta, nors jų gabaritai aukštai įtampai būna dideli.

Pagal turimą smūginę srovę, nominalią įtampą bei kitus dydžius parenkami 2 tipų skyrikliai – tripoliai su varikline pavara ir įžeminimo peiliu iš vienos pusės bei tripoliai su varikline pavara be įžeminimo peilių. Skirikliai parenkami ALSTOM firmos atitinkamai S2DAT ir S2DA tipų:

13 lentelė. Parenkamų skyriklių duomenys

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimų duomenys	Katalogo duomenys	
		S2DAT	S2DA
$U_{įr} \leq U_N$	$U_{įr} = 115$ kV	$U_N = 123$ kV	$U_N = 123$ kV
$I_{max} \leq I_N$	$I_{max} = 83{,}9$ A	$I_N = 4000$ A	$I_N = 4000$ A
$i_{sm} \leq i_d$	$i_{sm} = 19{,}5$ kA	$i_d = 130$ kA ($I_T = 63$ kA)	$i_d = 130$ kA ($I_T = 63$ kA)
$B_K \leq I_T^2 t_T$	$B_K = 29350$ kA^{2}s	$I_T^2 t_T = (63 * 10^3)^2 * 1 = 3969 * 10^3\ kA^2 s$	$I_T^2 t_T = (63 * 10^3)^2 * 1 = 3969 * 10^3\ kA^2 s$

9. Finansinis įvertinimas

Įvertinu visų parinktų įrenginių kainą ir surašau į lentelę:

14 lentelė. Skirstyklos atvirosios elektrinės dalies sąmata

110 kV ASĮ elektrinės dalies sąmata				
Sąm. Eil.	Skirstyklos įrenginiai	Kiekis	Kaina tūkst. EUR	Iš viso tūkst. EUR
1	Jungtuvas	8	32	256
2	Skyriklis su įžeminimo peiliu	9	10	90
3	Skyriklis be įžeminimo peilio	5	8	40
4	Srovės transformatorius 100A	6	10	60
5	Srovės transformatorius 500A	12	10	120
6	Srovės transformatorius 600A	6	10	60
8	Viršįtampių ribotuvas	15	2,5	22,5
Iš viso				648,5
Kaina su PVM (21%)				784

Projekto atsipirkimo laikas

Kiekvienam atliktam projektui būtina apskaičiuoti jo atsipirkimo laiką, įvertinti ar jį verta vykdyti. Energetiniams objektams tai padaryti sunku. Pirmiausiai, tai dėl būtino patikimumo ir saugumo privalu atnaujinti, rekonstruoti pastotes, įrenginius, linijas ir t.t. ir nors tai gali būti ir brangu. Antra, sunku tiksliai numatyti kiek elektros energijos bus parduota per kelerius metus ir kiek tiksliai tai duos pelno. Todėl ir skaičiavimai nebus labai tikslūs.

Pradinės investicijos susideda iš dviejų dalių:

$$K = K_{įr} + K_{stat}; \tag{9.1}$$

Čia $K_{įr}$ - kapitalinės investicijos įrengimams, K_{stat} - kapitalinės investicijos statybos ir montavimo darbams. Priimu, kad $K_{įr}$ sudaro 70 % visų pradinių investicijų, o likusia dalį sudaro K_{stat}.

$$K_{įr} = 784\ t\bar{u}kst.Eur.;$$

$$K_{stat} = \frac{784}{70\%} \cdot 30\% = 336\ t\bar{u}kst.Eur.;$$

$$K = 784 + 336 = 1120\ t\bar{u}kst.Eur.$$

Reikalinga 1 120 000 Eur paskola iš banko.

Kad nustatyti kuriam laikui imti paskolą, skaičiuojamas Krekenavos TP uždirbamas pelnas per metus.

Galios transformatorių per metus perduota el. energija į 10 kV tinklą:

$$W_1 = P_{vid} * t = \frac{7{,}38 + 0{,}828}{2} * 365 * 24 = 35\,951\,000\ kWh; \quad (9.2)$$

35 kV tinklą: $W_2 = W_1 = 35\,951\,000\ kWh$;

Kadangi tikslūs duomenys nėra žinomi, priimama, kad per galios transformatorius į 10 kV ir 35 kV tinklus elektros energijos perduodama po lygiai.

Iš viso Krekenavos pastotė per metus perduoda, paskirsto: $W_1 + W_2 = 71902000$ kWh.

Tam, kad tiksliai būtų paskaičiuotas pastotės uždirbamas pelnas, reikia įvertinti transformatorių bendrąsias valdymo ir veikimo išlaidas per metus:

$$C = C_{po} + C_{Pk} + C_D \ \frac{Eur}{met}\ . \quad (9.3)$$

Tuščios eigos nuostoliai:

$$C_{po} = C_e * 8760\,\frac{h}{met} * P_0\,,\frac{Eur}{met}\,.; \quad (9.4)$$

čia C_e – energijos mokestis perdavimo tinklui, (= 0,035 Eur); P_o – tuščios eigos nuostoliai, (iš techn. specifikacijos = 18 kW).

$C_{po} = 0{,}035 * 8760 * 18 = 5518{,}8$ Eur/met.

<u>Vario nuostoliai:</u>

$$C_{Pk} = C_e * 8760\,\frac{h}{met} * \alpha^2 * P_k\,,\frac{Eur}{met}\,.; \quad (9.5)$$

čia P_k – vario nuostoliai, (iš techn. specifikacijos = 118 kW).

$$\alpha = \frac{nuolatinė\ darbo\ apkrova}{vardinė\ apkrova} = \frac{(8200 + 960)/2\ kVA}{16000\ kVA} = 0{,}286; \quad (9.6)$$

$$C_{Pk} = 0{,}035 * 8760 * 0{,}286^2 * 118 = 2959{,}28 \ \frac{Eur}{met};$$

Suminės išlaidos nuo galios mokesčio:

$$C_D = C_d * (P_0 + P_k) \frac{Eur}{met}; \quad (9.7)$$

čia C_d – galios mokestis, (= 100 Eur/kW met.).

$$C_D = 100 * (18 + 118) = 13600 \ \frac{Eur}{met};$$

$$C = 5518{,}8 + 2959{,}28 + 13600 = 22078 \ \frac{Eur}{met}.$$

Taigi transformatorių bendrosios valdymo ir veikimo išlaidos bus 22078 Eur/met.

Į 10 kV tinklą perduodamos el. energijos kaina 0,055 Eur., į 35 kV – 0,046 Eur, iš Perdavimo tinklo perkama po 0,035 Lt, gaunama atitinkamai 0,02 ir 0,003 Eur.

Skaičiuojamas pelnas : į 10 kV tinklą – $35\ 951\ 000 * 0{,}055 = 1977305\ Eur;$

į 35 kV tinklą – $35\ 951\ 000 * 0{,}046 = 1653746\ Eur;$

Pilnas galutinis pelnas įvertinant nuostolius:

$$1977305 + 1653746 - 22078 = 3\ 608\ 973 \frac{Eur}{met}.$$

Gaunant tokį pelną, galima imti metams 1 120 000 Eur paskolą iš banko, tais metais sumokant 5% metinių palūkanų.

Iš gaunamo pastotės pelno $3\ 608\ 973\ Eur$ metų pabaigoje tektų sumokėti $1\ 120\ 000 * 1{,}05 = 1176000$ Eur. Viso gauto pelno sumos negalima skirti paskolos gražinimui, nes gaunamas pelnas yra procentais išdalinamas: techniniams ir komerciniams nuostoliams padengti, nusidėvėjimui, remontui, eksploatacinėms išlaidoms, transporto, komunalinėms, ryšių, pinigų surinkimo sąnaudoms, mokesčiams, kt. sąnaudoms. Šiuo atveju skirti viso pelno paskolos gražinimui ir nereikėtų. Užtektų trečdalio metų pelno, norint gražinti paskolą bankui, o kita pelno dalis liktų kitoms išlaidoms padengti.

Iš skaičiavimo matyti, kad pastotės rekonstrukcija atsipirks per vienerius metus. Dėl to šį projektą vykdyti apsimoka, nes dar net metams nepraėjus bus pastebimas grynasis pelnas.

Išvados

1. Įvertinau Krekenavos transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos būklę prieš rekonstrukciją. Išanalizavau jos ir 110 kV tinklo, prie kurios skirstykla prijungta, schemas bei sudariau skaičiuojamąsias ekvivalentines schemas trumpųjų jungimų srovėms apskaičiuoti.
2. Apskaičiavau trifazio trumpojo jungimo sroves normaliam bei avariniui režimams. Didžiausia gauta TJ srovės vertė yra 8,36 kA. Taip pat pagal didžiausią trumpojo jungimo srovę apskaičiavau smūginę srovę, kurios vertė yra 19,057 kA. Apskaičiavau šias srovių vertes, nes jos buvo reikalingos 110 kV skirstyklos įrenginių parinkimui.
3. Parinkau prijungiamąsias AS-150 markės šynas, prijungti galios transformatoriams prie tinklo. Taip pat parinkau firmų ALSTOM, PFIFFNER bei TRIDELTA 110 kV skirstyklai reikalingus įrenginius, t.y. jungtuvus, srovės bei įtampos transformatorius, viršįtampių ribotuvus ir taip pat dviejų tipų skyriklius – su įžeminimo peiliu ir be. Visi šie įrenginiai užtikrins stabilesnį bei patikimesnį Krekenavos transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos veikimą.
4. Taip pat sudariau atviruųjų skirstyklos įrenginių sąmatą bei apskaičiavau per kiek laiko atsipirks skirstyklos rekonstrukcija. Per pirmus metus skirstykla atneš 3 608 973 Eur pelną. Gauto pelno užteks rekonstrukcijos paskolai (1 120 000 Eur) padengti bei sumokėti likusius mokesčius. Iš to galima daryti išvadą, kad 110 kV rekonstrukcijos projektą vykdyti apsimoka.

Literatūra

1. Aukštos įtampos įrenginiai. Žinynas, Vytautas Miškinis, Alfridas Razma ; Vilnius 2003 ;

2. Elektrinių ir pastočių elektrinė dalis. Projektavimas ; Rimantas Pranas Deksnys, Robertas Staniulis, Vaclovas Miškinis ; Kaunas 2008 ;

3. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения ; Баумштеина , с. а. Бажанова Москва Энергоатомиздат 1989 ;

4. Izoliacija ir viršįtampiai. Vadovėlis, J.Baublys, P.Jankauskas, l.A.Markevičius, A.Morkvėnas ; Kaunas, 2008 ;

5. Elektros energetikos pagrindai , Gytis Svinkūnas, Algimantas Navickas; Kaunas 2011 ;

6. Trumpieji jungimai elektros sistemose, V.Ažubalis, J. Koryzna ; Vilnius 1986 ;

7. Elektrinės ir pastotės. Paskaitų konspektas, R.Deksnys ; Kaunas 1994 ;

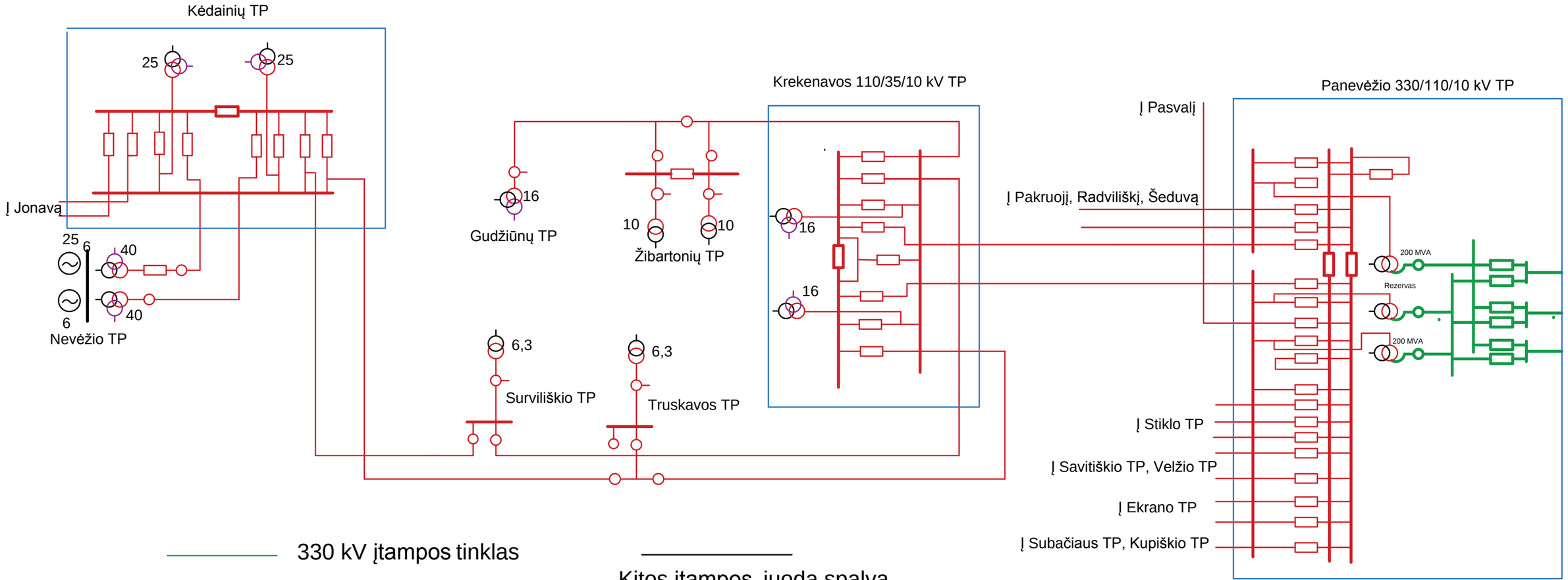
8. http://www.pfiffner-group.com/en-ch/products/high-voltage/jof-t-24-123-kv/ ;

9. http://www.elektrosauga.lt/Elektrosaugos-laboratorija/Publikacijos-ir-norminiai-aktai/Skirstyklu-ir-pastociu-elektros-irenginiu-irengimo-taisykles ;

10. http://www.alstom.com/microsites/grid/products-and-services/AIS/ ;

11. http://www.tridelta.de/hochspannung-kunststoff-en.html ;

12. http://www.rosenergoholding.ru/catalog .



330 kV įtampos tinklas

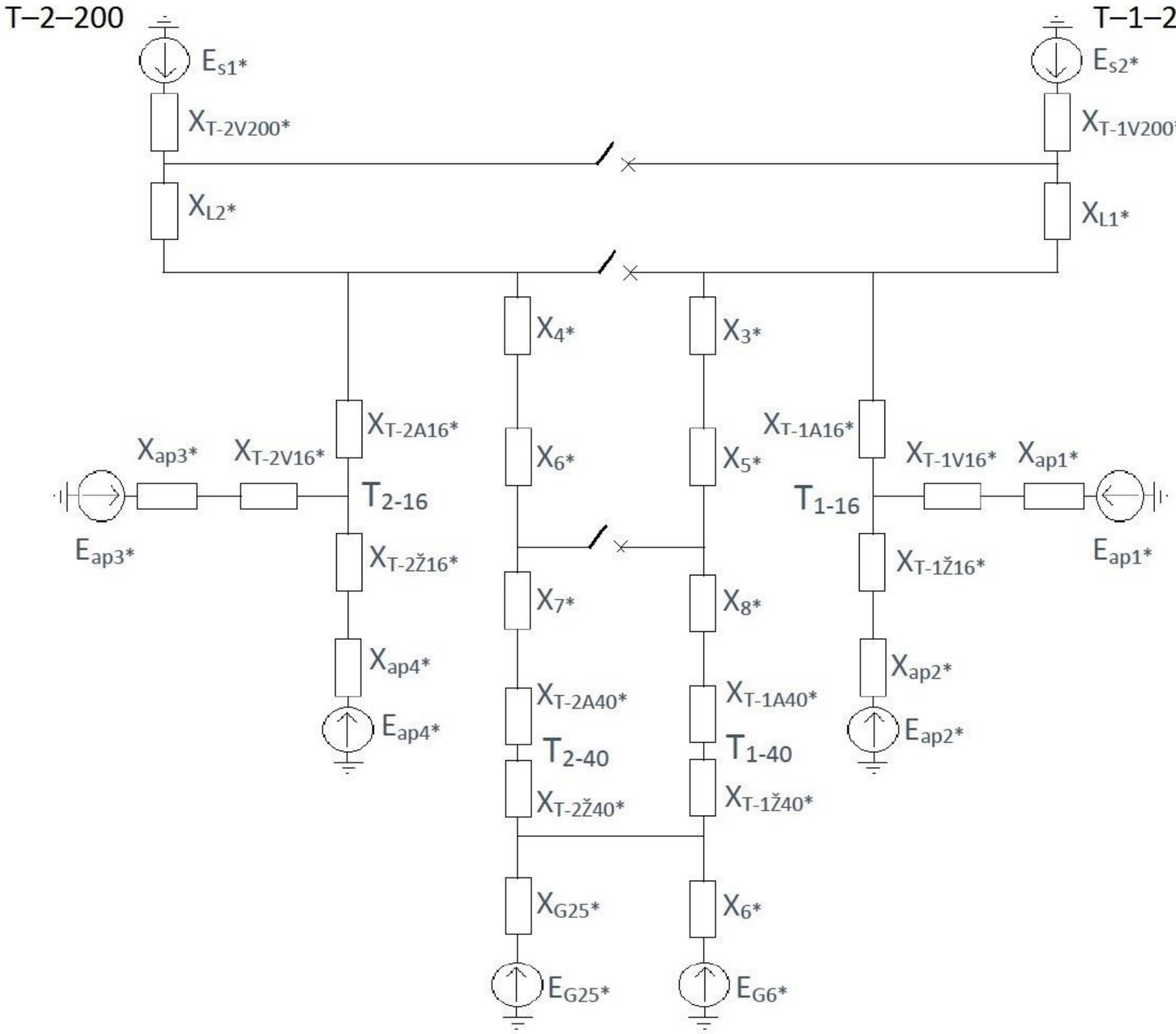
110 kV įtampos tinklas

35 kV įtampa

Kitos įtampos juoda spalva

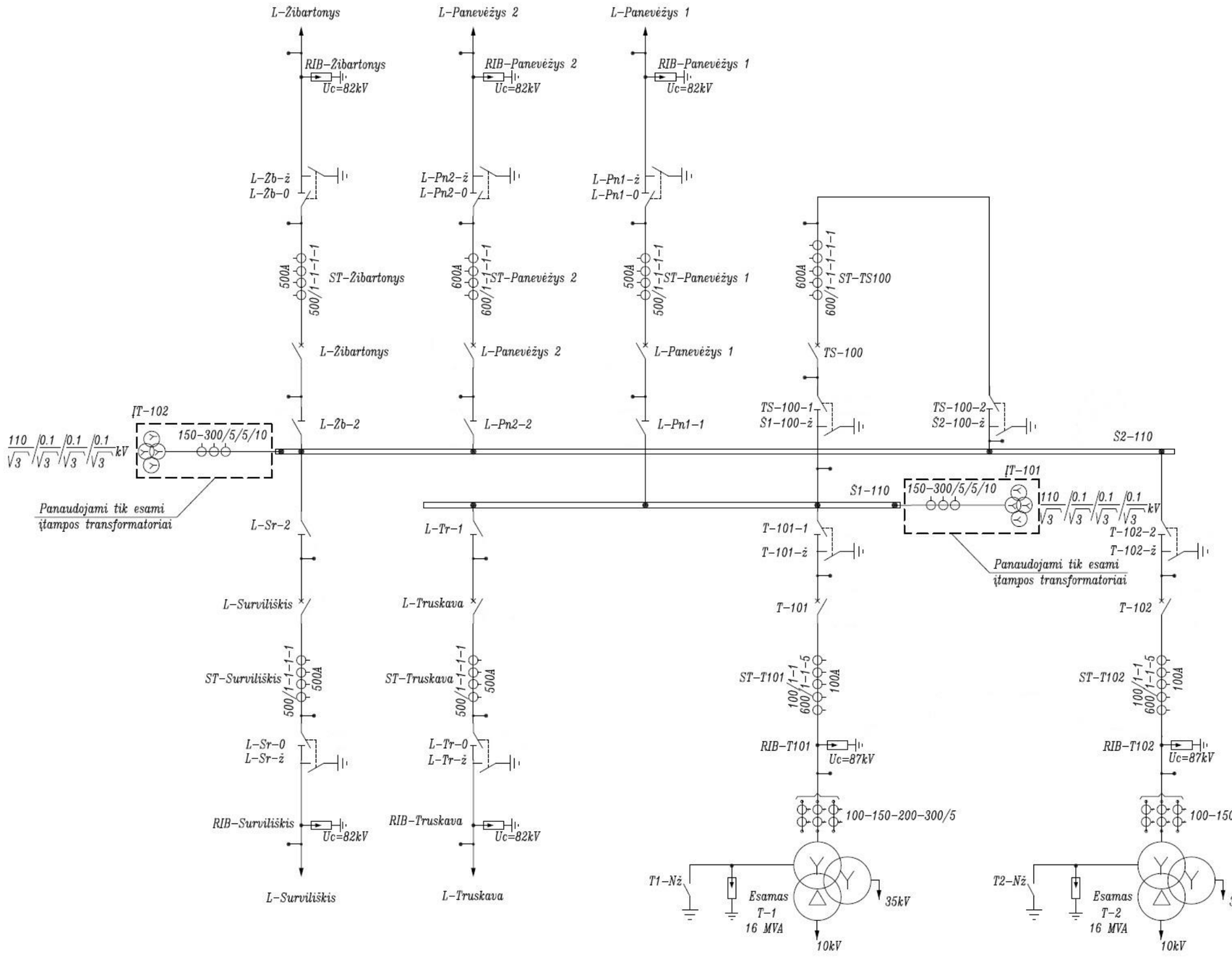
Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Krekenavos transformatorių pastotės rekonstrukcija	
EEKV-1	Studentas	E. Dobrovolskis			Nagrinėjamo 110 kV įtampos tinklo schema	Laida: O
	Vadovas	A. Kalvaitis				
Stadija: BBD	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas				2015-BBD-EES katedra-2	Lapas: 1 / Lapų: 1

A3



Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Krekenavos transformatorių pastotės rekonstrukcija		
EEKV-1	Studentas	E. Dobrovolskis			Tinklo ekvivalentinė skaičiuojamoji schema		Laida
	Vadovas	A. Kalvaitis					O
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra				2015-BBD-EES katedra-2	Lapas	Lapų
BBD	Studentų g. 48, Kaunas					1	1

A3



Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Krekenavos transformatorių pastotės rekonstrukcija	
EEKV-1	Studentas	E. Dobrovolskis			110 kV skirstyklos elektrinių sujungimų schema	Laida O
	Vadovas	A. Kalvaitis				
Stadija BBD	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas				2015-BBD-EES katedra-2	Lapas 1 / Lapų 1

A3