

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

Tomas Sakalauskas

RELINĖS APSAUGOS NUO ĮŽEMĖJIMO
ATRANKUMO TYRIMAS
Magistro darbas

Vadovas

doc. dr. L. Buivis

ŠIAULIAI, 2007

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU:

Katedros vedėjas

doc. dr. T. Šimkevičius

2007 06

RELINĖS APSAUGOS NUO IŽEMĖJIMO
ATRANKUMO TYRIMAS

Magistro darbas

Vadovas

doc. dr. L. Buivis

2007 06

Atliko

EM-5 gr. stud.

T. Sakalauskas

Recenzentas

ŠU Technologijos fakulteto
Elektros inžinerijos katedros
asist. M. Rauchas

2007 06

ŠIAULIAI, 2007

Tomas S. Selectivity investigation of relay protection from earth fault. Master thesis of energy engineer/research advisor Assoc. Prof. Dr. L. Buivis; Šiauliai University, Technological Faculty, Electrical Engineering Department. –Šiauliai, 2007. – 46 p.

SUMMARY

The selectivity research of link protection of grounding has been done and the grounding modes of neutrality and their influence to grounding selectivity have been analyzed. Moreover, the distribution of protection under a controlling element has been studied. The research of the equipment of link protection used in the Stock Company “VST” Šiauliai region has been implemented and compared its functions. There have also been analyzed four types of effect due to wrong link protection of grounding. It was estimated that during the period of disturbance of grounding a higher line of harmonic appears in the current of null string. The experiment was implemented which estimated bias of transformers of null string by the influence of higher rates. Regularity related between rates and bias has been estimated. In addition the research explained the reasons which determines selectivity during the period of the grounding disturbance

TURINYS

TURINYS.....	3
ĮŽANGA.....	7
1. ELEKTROS TINKLO NEUTRALĖS DARBO REŽIMAI.....	8
1.1. Izoliuotos neutralės tinklas.....	10
1.1.1. Dirbant normaliaame darbo režime.....	11
1.1.2. Su įžemėjimo pažaida.....	13
1.2 Kompensuotosios neutralės tinklas.....	15
1.3 Varža įžemintos neutralės tinklas.....	18
1.4 Išvados.....	19
2. ĮŽEMĖJIMO APSAUGŲ SKIRSTYMAS PAGAL KONTROLIUOJAMĄ PARAMETRĄ.....	20
2.1 Apsaugos matuojančios nulinės sekos įtampą.....	20
2.2 Apsaugos matuojančios nulinės sekos srovę.....	21
2.3 Išvados.....	21
3. APSAUGŲ NUO ĮŽEMĖJIMO REALIZAVIMO YPATUMAI RELINĖS APSAUGOS SISTEMOJE.....	22
3.1 SIEMENS 7SJ.....	22
3.1.1 Jautri įžemėjimo apsauga.....	22
3.1.2 Apsauga pagal įtampą.....	22
3.1.3 Įžemėjusios fazės nustatymas.....	22
3.2 VAMP 255.....	23
3.3 YC3 2/2.....	24
3.3 Išvados.....	25
4. KLAIDINGOS RELININĖS APSAUGOS NUO ĮŽEMĖJIMO SUVEIKTYS.....	25
4.2 Fazinių žymėjimų sumaišymas energetinėje sistemoje.....	27
4.4 pav. Fazių sumaišymo energetinėje sistemoje schema.....	28
4.3 Trumpalaikiai įžemėjimo pažaidai.....	28
4.4 Srovės aukštesniosios harmonikos.....	31
4.5 Išvados.....	32
5. AUKŠTESNIŲ DAŽNIŲ ĮTAKOS TYRIMAS NULINĖS SEKOS TRANSFORMATORIŲ PAKLAIMOMS.....	32
5.1 Bandymo atlikimo tvarka.....	32
5.2 Bandymo rezultatai.....	35
5.3 Išvados.....	42
IŠVADOS.....	43
LITERATŪRA.....	45
PRIEDAI.....	46

PRIEDAI

1 priedas Bandymo įrangos „Omicron“ CMC 256 – 6 techniniai duomenys	46
2 priedas Nulinės sekos transformatoriaus TZLM bandymo protokolas	51
3 priedas Nulinės sekos transformatoriaus TZRL-U3 bandymo protokolas	55
4 priedas Nulinės sekos transformatoriaus KA-100/08 ALCE bandymo protokolas.....	58

LENTELĖS

1.1 lentelė Neutralės įžeminimo būdai pasaulio valstybėse	9
3.1 lentelė $3I_0$ nustatos įvairiems dažniamas	24
5.1 lentelė Transformatoriaus TZRL-U3 matavimų duomenys su RT-40 rele	35
5.2 lentelė Transformatoriaus TZRL-U3 matavimų duomenys su USZ 2/2 rele	35
5.3 lentelė Transformatoriaus TZRL-U3 matavimų duomenys su 7SJ622 rele	36
5.4 lentelė Transformatoriaus TZLM matavimų duomenys su USZ 2/2 rele	36
5.5 lentelė Transformatoriaus ALCE KA-100/08 matavimų duomenys su USZ 2/2 rele.....	37
5.6 lentelė Transformatoriaus TZPM – U3 santykinės paklaidos su RT-40 rele	37
5.7 lentelė Transformatoriaus TZPM – U3 santykinės paklaidos su USZ 2/2 rele.....	38
5.8 lentelė Transformatoriaus TZPM – U3 santykinės paklaidos su 7SJ622 rele.....	39
5.9 lentelė Transformatoriaus TZLM santykinės paklaidos su USZ 2/2 rele.....	40
5.10 lentelė Transformatoriaus ALCE KA-100/08 santykinės paklaidos su USZ 2/2 rele.....	41

PAVEIKSLAI

1.1 pav. Įžemėjimo pažaidos 2005.01.01 – 2007.04.30 laikotarpyje.....	8
1.2 pav. Atstojamoji izoliuotos neutralės tinklo schema.....	11
1.3 pav. Vektorinė diagrama izoliuotos neutralės tinkle.....	12
1.4 pav. Vienos fazės įžemėjimo pažaida izoliuotos neutralės tinkle.....	13
1.5 pav. Įžemėjimo pažaidos vektorinė diagrama izoliuotos neutralės tinkle.....	14
1.6 pav. Atstojamoji tinklo schema.....	14
1.7 pav. Atstojamoji kompensuotosios neutralės tinklo schema.....	16
1.8 pav. Vienos fazės įžemėjimo pažaida kompensuotosios neutralės tinkle.....	16
1.9 pav. Atstojamoji tinklo schema, kompensuotosios neutralės tinkle, įžemėjus vienai fazei..	17
1.10 pav. Atstojamoji varža įžemintos neutralės tinklo schema.....	18
2.1 pav. Įtampos transformatoriaus jungimo schema.....	20
2.2 pav. Relinės apsaugos reaguojančios į nulinės sekos srovę principinė schema.....	21
2.3 pav. Harmonikos pasireiškiančios nulinės sekos srovėje.....	21
3.1 pav. Blokinė kryptinės apsaugos nuo įžemėjimo schema.....	23
3.2 pav. I_0 suveikimo sektorius.....	24
4.1 pav. Įžemėjimo pažaidos kabelio galūnėje schema.....	25
4.2 pav. Pažaida kabelio galūnėje.....	26
4.3 pav. Įžemėjimo pažaida narvelyje.....	26
4.4 pav. Fazių sumaišymo energetinėje sistemoje schema.....	28
4.5 pav. Trumpalaikės įžemėjimo pažaidos oscilogramos.....	29
4.6 pav. Trumpalaikės įžemėjimo pažaidos oscilogramos.....	30
4.7 pav. Spektrinė nulinės sekos srovės sudėtis.....	31
4.8 pav. Harmonikų sudėtis įžemėjimo pažaidos metu.....	32
5.1 pav. Bandymo atlikimo schema: BA- srovės generavimo įranga,.....	34
5.2 pav. TZPM – U3 transformatoriaus su RT-40 rele paklaidų kitimo grafikas.....	38
5.3 pav. TZPM – U3 transformatoriaus su USZ 2/2 rele paklaidų kitimo grafikas.....	39
5.4 pav. TZPM – U3 transformatoriaus su 7SJ 622 rele paklaidų kitimo grafikas.....	40
5.5 pav. TZLM transformatoriaus su USZ 2/2 rele paklaidų kitimo grafikas.....	41
5.7 pav. KA-100/08 ALCE transformatoriaus su USZ 2/2 rele paklaidų kitimo grafikas.....	42

IŽANGA

Ižemėjimo pažaidos nustatymo būdai, kai yra atjunginėjamos elektros perdavimo linijos rajoninėse transformatorių pastotėse jau senai neatitinka šio laikmečio ir yra žalingos elektros vartotojams.

Kuo ilgiau tęsiasi ižemėjimo pažaidos vietos nustatymas ir lokalizavimas, tuo didesnė tikimybė elektros tinkle atsirasti tarpfaziniams trumpiesiems jungimams.

Paskutiniu metu vis daugiau 6-35 kV elektros tinklų pertvarkoma iš izoliuotos neutralės tinklo į kompensuotos neutralės. Pradėjus naudoti elektros kabelius su politilenine izoliacija padidėjo ir elektros tinklo talpuminės srovės. Elektrinių ir elektros tinklų eksploatavimo taisyklių 918 punktas numato 6-35 kV elektros tinkluose lanko gesinimo įrenginiai turi būti naudojami, kai talpinės srovės didesnės kaip 10 A

Kaip parodė eksploatavimo patirtis kompensuotosios neutralės tinkle, sukompensuotame elektros tinkle 85% ižemėjimo pažaidų pranyksta savaime, ižemėjimo srovės kreivei pereinant nulinį tašką.[12]

Ižemėjimo pažaidų metu dažniausiai pažeidžiami silpniausi elektros tinklo elementai tai yra aukštos įtampos varikliai ir kabeliai. Iš visų energetinėje sistemoje naudojamų elementų jie turi silpniausią izoliaciją nuo elektros pažaidos. Elektros tinklo pažaidų įvykusių 6-10 kV elektros tinkle analizavimas parodė, kad daugiau nei 75% [1] visų pažaidų tenka ižemėjimo pažaidoms. Yra sukurtas gana didelis spektras relinių apsaugų, veikiančių įvairiais principais, tačiau rasti selektyvios ir jautrios ižemėjimo pažaidos nustatymo įrangos nepavyko. Didelę pažangą padarė mikroprocesorinių apsaugos komplektų panaudojimas. Mikroprocesorinės apsaugos įgalina padidinti apsaugos jautrumą, greitaveikiškumą ir duomenų apdorojimą mikroprocesoriaus pagalba. Viena iš svarbių problemų su kuria susiduriama nustatant ižemėjimo pažaidos parametrus, tai aukštadažnių signalų buvimas izoliacijos pažaidos ir nusistovėjusio ižemėjimo metu. Taip pat nėra sukurta patikimų ir visus darbo režimus aprašančių algoritmų.

Ižemėjimas – izoliuotosios arba kompensuotosios neutralės tinklų elektros įrenginio aktyviųjų dalių atsitiktinis susijungimas su ižemintomis įrenginio dalimis arba su žeme. [2]

Ižemėjimo srovė – ižemėjimo vietoje į žemę tekanti srovė [2]

Šiame darbe atliktas techninės informacijos tyrimas parodė, kad

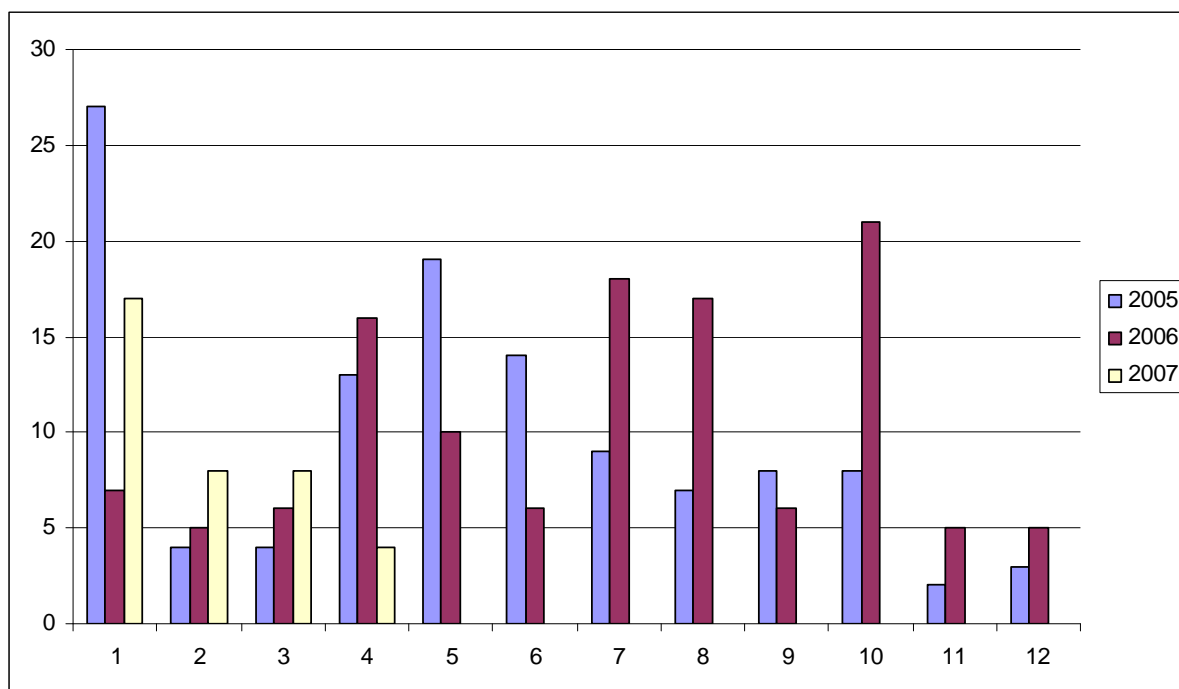
1. ELEKTROS TINKLO NEUTRALĖS DARBO REŽIMAI

Padidinti aukštos įtampos 10-35 kV elektros tinklo patikimumą galima sumažinus įžemėjimo pažaidos srovės dydį pažaidos vietoje. Tai įmanoma pasiekti kiek galima sumažinus linijos ilgį, o pagal Elektros įrenginių įrengimo taisyklių viršijus normose leistiną 10 A srovės dydį būtina kompensuoti induktyviosiomis varžomis.[7]

Įžemintos neutralės elektros tinkle kiekviena įžemėjimo pažaida tolygi vienfaziam trumpajam jungimui ir turi per kuo trumpesni laiko tarpą būti atjungta pažaidos vieta. Tuo metu kai pažeista elektros tinklo vieta yra atjungta nuo elektros tinklo, pažaidos vietoje susidaręs elektros lankas užgęsta ir automatinio kartotino įjungimo metu nuo elektros tinklo atjungta pažaidos vieta vėl prijungiama prie elektros tinklo.

6-35 kV elektros tinklo neutralė yra neižeminta arba įžemintas induktyviosiomis varžomis. Tokiame elektros tinkle įžemėjimo pažaida nesukelia jokio neigiamo poveikio elektros energijos vartotojams ir tokios elektros tinklo pažaidos nereikia tuojau pat atjungti nuo elektros tinklo. Pažaidos vietoje teka elektros tinklo talpuminės srovės.

Buvo atlikta įžemėjimo pažaidų analizė nuo 2005 sausio 01 d. iki 2007 balandžio 30 d. ir duomenys pateikti 4.1 pav. Įžemėjimo pažaidų pasiskirstymas buvo surašytas kiekvieną mėnesį. Iš grafiko galima išskirti, kad pagrindinis įžemėjimo pažaidų srautas vyksta nuo pavasario iki rudens. Įžemėjimo pažaidų srautai labai priklauso nuo meteorologinių sąlygų. Iš grafiko labai išsiskiria 2005 sausio mėnuo, kaip tik tuo laiku praūžė uraganas „Ervinas“.



1.1 pav. Įžemėjimo pažaidos 2005.01.01 – 2007.04.30 laikotarpyje.

Elektros tinkle vykstantys procesai esant vienfaziai tinklo pažaidai priklauso nuo tinklo neutralaus laido darbo režimo. Pagal pasaulinę praktiką 6-35 kV elektros tinklas gali dirbti keturiuose darbo režimuose, tačiau mano nuomone gali būti nagrinėjama ir penktas darbo režimas, tai yra kombinuotai įžemintos neutralės tinklas:

1. **Izoliuotosios neutralės tinklas** - elektros tinklas, kurio neutralė neįžeminta.[2]
2. **Kompensuotosios neutralės tinklas** – elektros tinklas, kurio vienas arba keletas neutralės taškų įžeminti induktyviosiomis varžomis.[2]
3. **Varža įžemintos neutralės tinklas** – elektros tinklas, kurio neutralė įžeminta didele varža.[2]
4. **Tiesiogiai įžemintos neutralės tinklas** – elektros tinklas, kuriame neutralė tiesiogiai sujungta su įžemintuvu. [2]
5. **Kombinuotai įžemintos neutralės tinklas** - elektros tinklas, kurio neutralė įžeminta aktyvine ir induktyviosiomis varžomis.

1.1 lentelė

Neutralės įžeminimo būdai pasaulio valstybėse

Valstybė	Naudojama [tampa [kV]	Elektros tinklo darbo režimai			
		Izoliuotosios neutralės tinklas	Kompensuotosios neutralės tinklas	Varža įžemintos neutralės tinklas	Tiesiogiai įžemintos neutralės tinklas
Lietuva	6–35	+	+		
Rusija	6–35	+	+		
Austrija	11–12			+	+
Kanada	4–25			+	+
JAV	4–25			+	+
Ispanija	10–30			+	+
Italija	10–20	+			
Portugalija	10–30			+	
Prancūzija	12–24			+	
Japonija	6,6	+		+	
Vokietija	10–20		+		
Austrija	10–30		+		
Belgija	6,3–17			+	
Didžioji Britanija	11			+	+
Šveicarija	10–20		+		
Suomija	20	+	+		

Elektros įrenginių įrengimo taisyklėse I Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės punktas 39. numato: „6-35 kV įtampos elektros tinklo veikimo režimas – su izoliuota arba įžeminta per talpinės įžemėjimo srovės kompensavimo įrenginius neutrals.“

Karti patirtis rodo, kad izoliuotos ir kompensuotos neutralės tinklai toli gražu neatitinka esamų reikalavimų.

Vienfaziai įžemėjimai yra viena iš labiausiai paplitusių pažaidos rūšių trifaziame tinkle. Tinkluose su tiesiogiai įžeminta neutrals (110 kV ir aukštesnės įtampos tinkluose, o taip pat ir 0,4-0,23 kV tinkle) vienfaziai įžemėjimai būna lydimi pakankamai didelių srovių, artimų trumpajam jungimui. Tokios rūšies tinklo pažaidos turi būti likviduojamos per kuo trumpesnį laiko tarpą. Šiam tikslui pasiekti yra pasitelkiama automatika ir įrengiama kelių pakopų (kryptinė ar nekryptinė) nulinės sekos srovės arba distancinė apsauga [2].

Buvusios Tarybų sąjungos, kurios dalimi buvo ir Lietuvos Respublika, 6-35 kV elektros tinklas yra izoliuotas arba kompensuotas. Tokiame tinkle vienfazių įžemėjimų pažaidos srovės yra pakankamai nedidelės ir neviršija 20-30 A [1]. Todėl šios rūšies tinklas, vadinamas tinklu su mažomis įžemėjimo srovėmis. Bet tokios tinklo pažaidos sukelia labai didelę riziką sugadinti elektros įrenginius. Elektros tinklui dirbant normaliaame darbo režime, įtampa tarp žemės ir fazinio laido yra apie $\frac{U_l}{\sqrt{3}}$, o tuo tarpu įvykus tinklo įžemėjimo pažaidai įtampa tarp žemės ir nepažeisto linijos fazinio laido tampa U_l . Toks elektros tinklo darbo režimas kelia didelę grėsmę žmonių ir gyvūnų sveikatai, jie gali būti traumuoti žingsnio įtampos.

Kaip matyti iš aukščiau pateiktų samprotavimų, įžemėjimo apsaugos atrankumui gali turėti neutralės darbo režimai, todėl toliau sekančiuose palyginimuose analizuoju tris pirmuosius neutralės režimus, su tiesiogiai įžemintos neutralės režimu atrankamo problema neaktuali.

1.1. Izoliuotos neutralės tinklas

Izoliuotosios neutralės tinklas plačiai taikomas 6-10 kV elektros tinkle. Šiame režime neutralusis šaltinio taškas yra izoliuotas nuo žemės. Skirstomuosiuose Lietuvos elektros tinkluose maitinančių transformatorių antrinės apvijos sujungtos žvaigžde, todėl neutralusis taškas fiziškai neįmanomas. EETET riboja režimo su izoliuota neutrals naudojimą. Įžemėjimo srovės kompensacija yra privaloma, jei įžemėjimo srovės viršija 10A .

Izoliuotosios neutralės elektros tinklo privalumai:

1. Nereikia tuojau pat atjungti pažaidos vietos nuo tinklo.
2. Mažos srovės vienfazio įžemėjimo pažaidos metu.

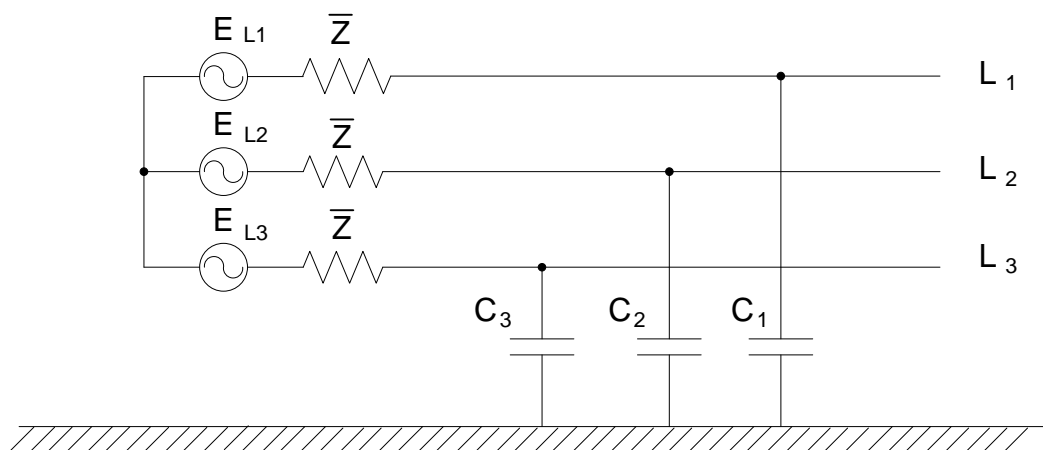
Izoliuotosios neutralės elektros tinklo trūkumai:

1. Tikimybė atsirasti elektros lanko sukeltų višįtampių.
2. Tikimybė atsirasti įžemėjimo pažaidoms keliose vietose, nes vienfazio įžemėjimo metu fazinės įtampos padidėja iki linijinių.
3. Būtinybė naudoti įrenginius, kurių fazinė izoliacija turi atlaikyti linijines įtampas ilgalaikiame darbo režime.
4. Sukelia pavojus žmonių gyvybei.
5. Sudėtinga įrengti selektyviai veikiančias relines apsaugas nuo įžemėjimo pažaidos.
6. Dažnos įtampos transformatorių pažaidos, dirbant tinklui su įžemėjimo pažaida.

1.1.1. Dirbant normaliaame darbo režime

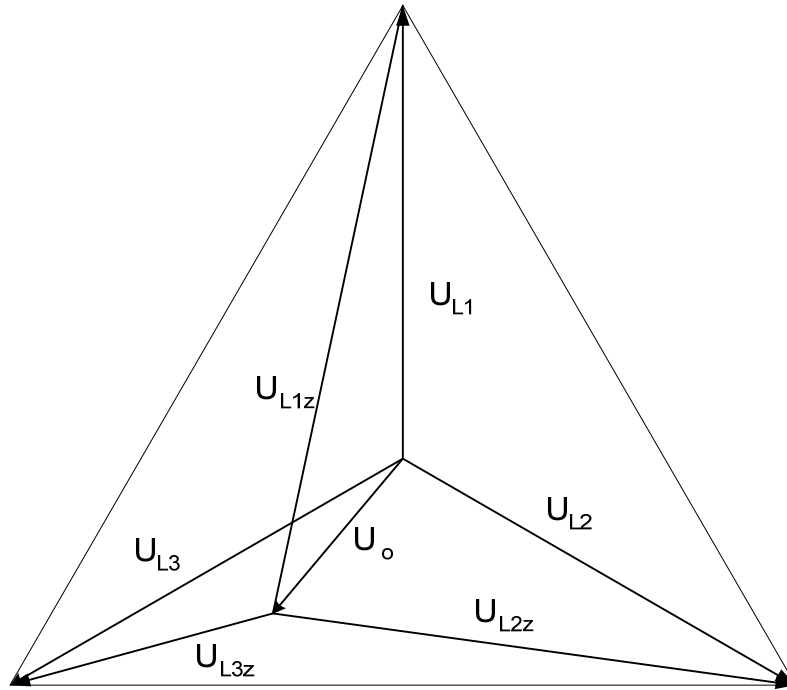
Izoliuotosios neutralės tinklas - elektros tinklas, kurio neutralė neįžeminta.[2] 1.1 pav. pateikta atstojamoji elektros tinklo schema.

Trifazėje elektros tinklo sistemoje linijinės įtampos vektoriai suformuoja lygiašonį trikampį, o fazinių įtampų vektoriai trijų šakų žvaigždę. Izoliuotos neutralės tinkle neutralaus taško žemės atžvilgiu potencialo dydį apsprendžia fazinių laidininkų izoliacijos laidumas. Laidumas susidėtų iš talpumu tarp žemės ir nuotėkiais per izoliacijos varžą. Bet kadangi izoliacijos aktyvinis laidumas pakankamai mažas ir sudaro nedidelę dalį nuotėkio, todėl praktiniams skaičiavimams yra nenaudojamas. Tuo tarpu talpuminis laidumas sudaro ženklų dalį nuotėkio. Jei kiekvieno fazinio laidininko talpumas žemės atžvilgiu yra lygūs tai neutralės potencialas žemės atžvilgiu yra lygus nuliui. Tai būdinga elektros tinklams su kabelinėmis elektros linijomis.



1.2 pav. Atstojamoji izoliuotos neutralės tinklo schema.

Oro linijose dėl fazinių laidininkų skirtingo išsidėstymo žemės atžvilgiu laidininkų talpumas skirtingas, todėl tarp elektros sistemos neutralaus taško ir žemės atsiranda potencialas. Fazių įtampų žvaigždė išsikraipo kaip parodyta 1.2 pav.



1.3 pav. Vektorinė diagrama izoliuotos neutralės tinkle

Vektorinės diagramos fazinių įtampų vektorius su neutraliuoju tašku žymėsime \underline{U}_{L1} , \underline{U}_{L2} , \underline{U}_{L3} , o fazinių įtampų vektorius su žemės potencialu žymėsime \underline{U}_{L1z} , \underline{U}_{L2z} , \underline{U}_{L3z} . Izoliuotos neutralės tinkle talpuminės srovės pratekėjusios per fazinius talpumus negali grįžti per neutralę į šaltinį, todėl žemė yra mazgas kuriame įtekančių srovių suma turi būti lygi nuliui. Todėl galime užrašyti lygybę:

$$wC_{L1}U_{L1z} + wC_{L2}U_{L2z} + wC_{L3}U_{L3z} = 0 \quad (1.1)$$

Vektorinė diagrama kai elektros tinklas dirba normaliaame darbo režime. Kaip matosi iš pav. jei vektoriumi U_0 pažymėsime neutralės įtampą žemės atžvilgiu tai:

$$U_{L1z} = U_{L1} - U_0; \quad U_{L2z} = U_{L2} - U_0; \quad U_{L3z} = U_{L3} - U_0. \quad (1.2)$$

Todėl galime užrašyti lygybę:

$$wC_{L1}U_{L1z} + wC_{L2}U_{L2z} + wC_{L3}U_{L3z} = U_0 \cdot (wC_{L1} + wC_{L2} + wC_{L3}) \quad (1.3)$$

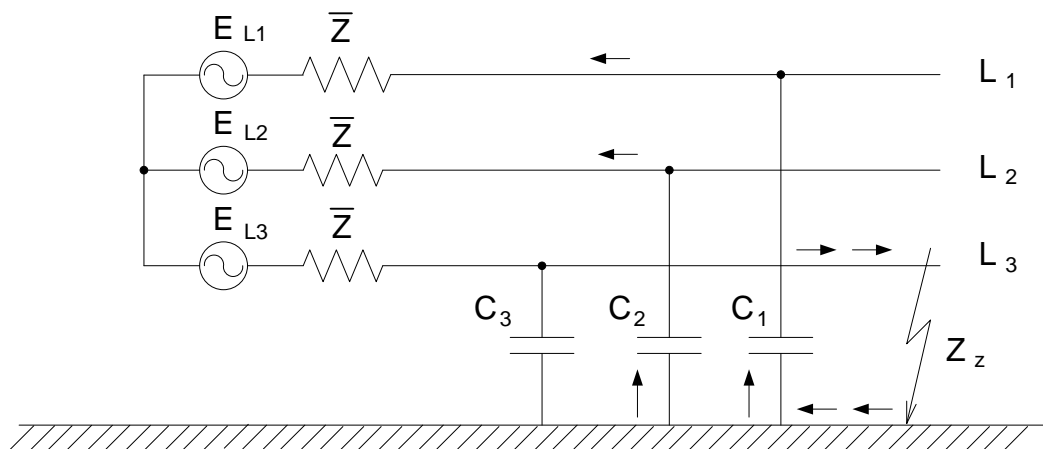
Kairė lygybės pusė yra suma srovių, kurios tekėtų per fazinius talpumus, jei įtampa tarp sistemos neutralaus taško ir žemės būtų lygi. Esant lygiems faziniams talpumams $C_1 = C_2 = C_3$ ši suma būtų lygi nuliui, nes fazinės įtampos \underline{U}_{L1} , \underline{U}_{L2} , \underline{U}_{L3} kiekvienu laiko momentu susibalansuoja. Tada dešinė lygties pusė taip pat lygi nuliui ir neutralusis taškas turi žemės potencialą.

Tačiau elektros sistemos faziniai talpumai praktiškai niekada nebūna lygūs $C_1 \neq C_2 \neq C_3$ todėl iš lygybės galime spėsti kad kairė lygybės pusė nėra lygi nuliui. Neutralaus taško potencialas nesutampa su žemės potencialu.

Iš išraiškos matyti, kad srovių suma pratekėjusi per fazinius talpumus ir veikiamą potencialų skirtumą tarp neutralaus taško ir žemės susibalansuoja fazinėmis talpumo srovėmis.

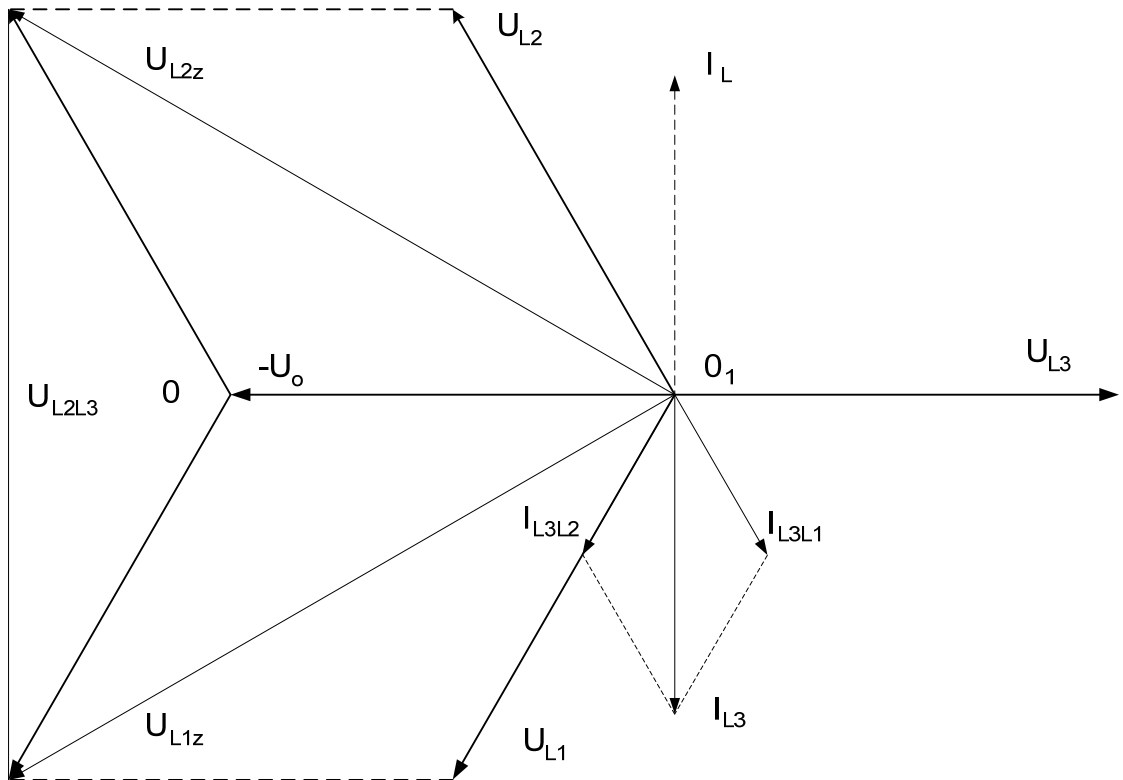
1.1.2. Su įžemėjimo pažaida

Atsiradus įžemėjimo pažaidai elektros tinkle, pažeisto laidų fazinės įtampos potencialas pasidaro artimas nuliui, bet linijinės įtampos lieka nepakitusios ir iš įtampų vektorių sudaro lygiašonį trikampį. Nepažeistų laidų fazinės įtampos žemės atžvilgiu išauga iki linijinių. 1.4 pav pateikta vektorinė pažaidos diagrama.



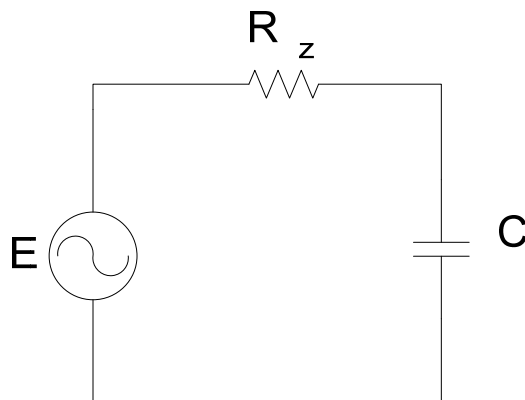
1.4 pav. Vienos fazės įžemėjimo pažaida izoliuotos neutralės tinkle.

Pažaidos vietoje teka vienfazio įžemėjimo pažaidos srovė. Nuo šaltinio per pažeistą laidą pažaidos srovė teka į tą pačią pusę, kaip ir apkrovos srovė. Pažaidos vietoje, kur laidininkas susisiekiama su žeme, nuteka į žemę, paskui nuo žemės paviršiaus per nepažeistų laidų talpumus grįžta į šaltinį. Per tarpfazinius talpumus srovės neteka ir šie talpumai neturi įtakos įžemėjimo pažaidos srovei. Galima priimti, kad talpuminės srovės priklauso nuo potencialų skirtumo tarp nepažeistų laidininkų ir žemės, o taip pat ir nuo talpuminio laidumo. Įžemėjimo pažaidos vektorinė diagrama pavaizduota 1.5 pav.



1.5 pav. Įžemėjimo pažaidos vektorinė diagrama izoliuotos neutralės tinkle

Per nepažeistų fazių talpumus tekarovė, kurių vektoriai I_{L3L1} ir I_{L3L2} pralenkia įtampos vektorius U_{L1z} ir U_{L2z} 90° kampu. Geometrinė suma I_{L3L1} ir I_{L3L2} srovių parodo kokia srovė teka įžemėjimo pažaidos vietoje.



1.6 pav. Atstojamoji tinklo schema.

Jei priimtume idealų variantą, kada įžemėjimo varža lygi nuliui. Tada galima užrašyti išraišką:

$$I_{L3} = \sqrt{3} I_{L3L1} = 3\omega C E \quad (1.4)$$

čia: ω - kampinis dažnis $2\pi f$

C - tinklo talpumas

E - energetinės sistemos EVJ lygi fazinei įtampai.

Ši formulė daugiau tinkama praktiniams skaičiavimams, kadangi yra įvertinta įžemėjimo pažaidos varža.

$$I_{ef} = \frac{I_{L3}}{\sqrt{1 + \left(\frac{I_{L3}}{E} R_z\right)^2}} \quad (1.5)$$

čia: R_z - įžemėjimo pažaidos varža;

Ši pramoninio dažnio srovė priklauso nuo įtampos ir talpuminio laidumo viso tinklo: kuo ilgesnis tinklas tuo didesnė įžemėjimo srovė.

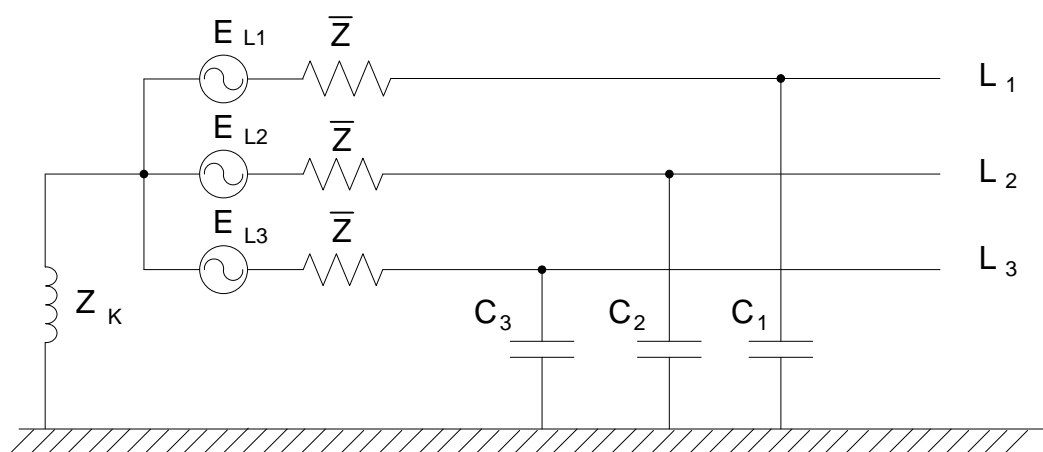
Surandame potencialų skirtumą tarp neutralaus taško ir žemės:

$$U_0 = \frac{1}{3\omega C} I_{ef} \quad (1.6)$$

$$U_0 = \frac{E}{\sqrt{1 + (3\omega C R_z)^2}} \quad (1.7)$$

1.2 Kompensuotosios neutralės tinklas

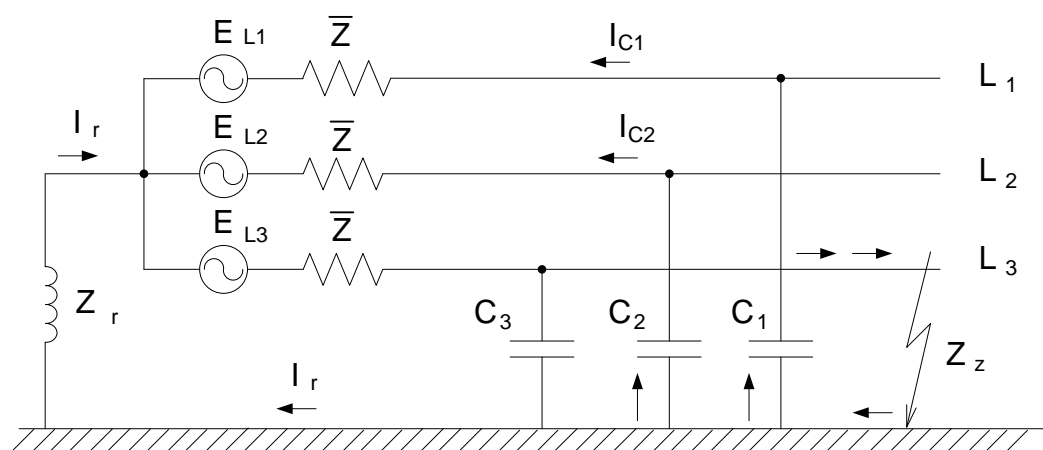
Kompensuotosios neutralės tinklas – elektros tinklas, vienas arba keletas neutralės taškų įžeminti induktyviosiomis varžomis [2]. Šiuo atveju reikia prie 6-10 kV šynų prijungti transformatorių sujungta pagal jungimo schemą Y/Δ ir įžeminti elektros tinklą per induktyvinę varžą. Ritės induktyvinės varžos reguliavimas turi būti sklandus, tai įmanoma pasiekti keičiant šerdies padėtį



1.7 pav. Atstojamoji kompensuotosios neutralės tinklo schema.

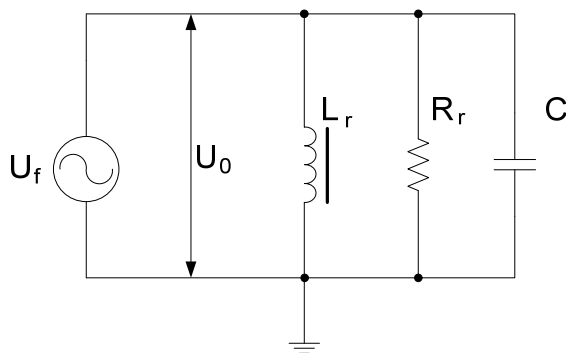
Reikalinga sureguliuoti induktyvinę varžą taip, kad elektros tinklas pasiektų srovių rezonansą. Tai būtina padaryti, kad būtų pilnai kompensuotos talpuminės elektros tinklo srovės įžemėjimo pažaidos vietoje.

Induktyvinės ritės su rankiniu induktyvinės varžos reguliavimu negali užtikrinti pilno talpuminių srovių kompensavimo įžemėjimo pažaidos metu, todėl kad elektros tinklo režimai, linijos ilgiai gali pasikeisti kelis kartus per parą, ką jau kalbėti apie ilgesnį laiko tarpą. Tuo metu kai induktyvinės ritės varža yra nustatyta vienam elektros tinklo režimui jis gali ženkliai pasikeisti. Todėl įžemėjimo pažaidos relinės apsaugos reaguojančios į pramoninio dažnio (50 Hz) srovės praktiškai negali būti naudojamos kompensuotosios neutralės tinkle.



1.8 pav. Vienos fazės įžemėjimo pažaida kompensuotosios neutralės tinkle.

Tinkle su įžeminta neutrale dažniausiai naudojamos relinės apsaugos, įžemėjimo pažaidoms nustatyti, kurios reaguoja į nulinės sekos srovės harmonikas sukeltas įžemėjimo pažaidos. Dauguma šių apsaugų kontroliuoja aukštesnės eilės harmonikas, pavyzdžiui: USZ-2/2, SPAC-800 (ABB), 7SJ (SIEMENS) ir kitos.



1.9 pav. Atstojamoji tinklo schema, kompensuotosios neutralės tinkle, įžemėjus vienai fazei.

Įžemėjus elektros sistemos vienai iš fazių neutralame taške atsiranda potencialas, kurio dydis artimas fazinei įtampai. Todėl per induktyviąją varžą teka srovė, kurios vektorius atsilieka nuo neutralės įtampos iki 90^0 kampu. Šis kampas priklauso nuo induktyvinės varžos aktyviosios dedamosios:

$$I_r = \frac{U_f}{\omega L_r} \quad (1.8)$$

Įžemėjimo pažaidos vietoje teka talpuminės elektros tinklo srovės, induktyvinės ritės srovė ir aktyvinės srovės dedamoji, kurios dydi priklauso nuo izoliacijos laidumo, įžemėjimo pažaidos aktyviosios dedamosios ir korunavimo pasekmių. 1.5 pav. vektorinėje diagramoje matosi I_L srovės vektorius, kuris teka per induktyvinę ritę.

Tinkamai nustačius induktyvinės ritės induktyviąją varžą talpuminės srovės praktiškai pilnai kompensuojamos. Visiškos kompensacijos sąlygos užrašomos lygybe:

$$I_L = I_C \quad \text{arba} \quad \frac{U_f}{\omega L_r} = 3\omega C U_f \quad (1.9)$$

1.3 Varža įžemintos neutralės tinklas

Varža įžemintos neutralės tinklas – elektros tinklas, kurio neutralė įžeminta didele varža. [2] Tokių elektros tinklo darbo režimą numato EIT tačiau plačiau jis nenagrinėjamas. Elektros tinklo su varža įžeminta neutrале schema pateikta 1.9 pav.

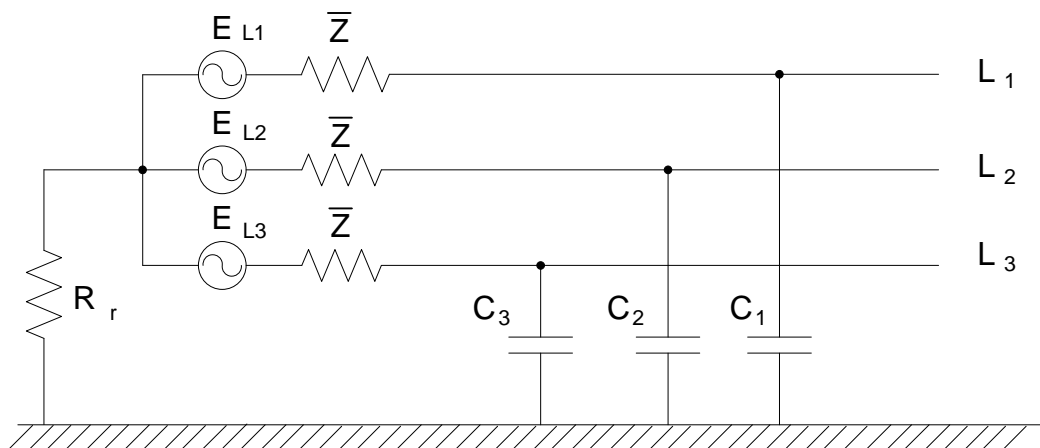
1986 metai varža įžemintos neutralės tinklo darbo režimas buvo pradėtas naudoti Tarybų Sąjungoje. Šis elektros tinklo darbo režimas naudojamas norint apsaugoti aukštos įtampos elektros variklius nuo vienfazių įžemėjimo pažaidų [1].

Įžemėjimo pažaidos metu varža įžemintos neutralės elektros tinkle, visuose prijunginiuose teka talpuminės srovės, o pažeistos linijos prijunginyje be to ir aktyvinė srovė, kuria sukuria per varžą įžeminta neutralė. Šis pagrindinis išskirtinumas padeda išspręsti kelias problemas:

1. Selektviai nustatyti kurioje linijoje atsirado įžemėjimas ir imtis priemonių pažaidos pašalinimui.
2. Ženkliai apriboti viršįtampų atsiradimą, įžemėjimo pažaidos vietoje susikūrus elektros lankui.
3. Sumažinti ferorezonanso procesų atsiradimą elektros įrenginiuose ir suteikia galimybę apsaugoti įtampos transformatorius.

6-35 kV elektros tinkle yra trys būdai varžą įžeminti neutralųjį tašką:

1. Mažos varžos.
2. Didelės varžos.
3. Kombinuotas.



1.10 pav. Atstojamoji varža įžemintos neutralės tinklo schema.

Mažos varžos įžeminimo būdas naudojamas tuo atveju, kai reikia vienfazę įžemėjimo pažaidą kuo greičiau atjungti nuo elektros tinklo, kad nebūtų sugadinti elektros įrenginiai (elektros varikliai

ir panašiai). Todėl pažaidos srovė turi būti pakankamai didelė, kad suveiktu relinė apsauga. Pažaidos srovės dydis priklauso nuo neutralės taškui įžeminti naudojamos varžos dydžio.

Didelės varžos įžeminimo būdas naudojamas, kai įžemėjimo pažaidos tuojau pat atjungti nereikia ir elektros tinklas gali dirbti įžemėjus vienai fazei, kol bus surasta įžemėjimo pažaida. Srovė tekanti per neutralės varžą turi būti tokio dydžio, kad neatsirastu elektros lanko sukelti viršįtampiai, bet turi būti pakankama įžemėjimo pažaidos nustatymui ir relinės apsaugos suveikimui į signalą.

Kombinuotas neutralės įžeminimas yra atliekamas neutralųjį tašką įžeminant induktyviaja varža, o lygiagrečiai ritei prijungiamas didelės varžos rezistorius. Ši aktyvinė varža neleidžia elektros tinkle atsirasti viršįtampiams, kai nepilnai sukompensuotas elektros tinklas. Aktyvioji srovės dedamoji pratekanti per rezistorių suteikia galimybę padidinti relinės apsaugos selektyvumą nuo įžemėjimo pažaidos.

Trys kriterijai, kuriais parenkama neutralės įžeminimo varža:

1. Varža turi sumažinti elektros lanko sukeltus viršįtampius.
2. Varža turi užtikrinti per ją pratekančios srovės dydį, kurios turi pakakti selektyviai relinei apsaugai suveikti.
3. Įžeminus neutralųjį tašką per varžą turi būti išlaikytos saugos nuo elektros smūgio kriterijai, kurių EIT dar nenumato.

1.4 Išvados

1. Apsaugos atrankumui turi įtakos kontroliuojamas tinklo parametras.
2. Atrankamos atžvilgiu labiausiai pažeidžiamas yra tinklo režimas su izoliuotąja neutrale.
3. Kombinuotai įžemintos neutralės tinkle atrankamo padidininimui yra palankiausias sąlygos.

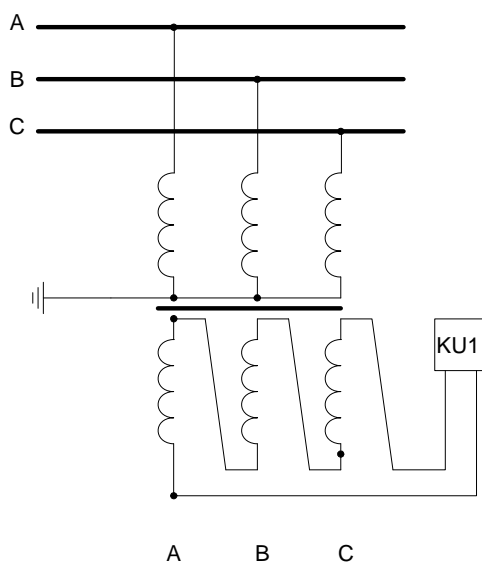
2. ĮŽEMĖJIMO APSAUGŲ SKIRSTYMAS PAGAL KONTROLIUOJAMĄ PARAMETRĄ

2.1 Apsaugos matuojančios nulinės sekos įtampą

Toks apsaugos išpildymo būdas gali būti naudojamas tik jei prie transformatorinės pastotės šynų yra prijungtas vienas, svarbus, vartotojas. Palyginus su nekryptinėmis įžemėjimo apsaugomis, reaguojančiomis tik į srovę, turi gana svarbų privalumą. Nulinės sekos įtampa turi daug mažiau aukštesnės eilės harmonikų ir įvykus trumpalaikiams įžemėjimams, toks matavimo būdas yra vienas iš patikimiausių. 2.1 pav. pateikta įtampos transformatoriaus jungimo schema.

Vienas iš tokio tipo neselektyvios įžemėjimo apsaugos trūkumų yra tai, kad sudegus vienam iš įtampos transformatorių saugančių aukštos įtampos saugiklių apsauga veikia neteisingai. Šis trūkumas paprastai sprendžiamas panaudojus fazių sekos rėles. Sudegus vienam iš įtampos transformatorių saugančių saugiklių atbulinės sekos relė blokuoja apsaugos poveikį. Tačiau saugomas objektas netenka apsaugos nuo įžemėjimo.

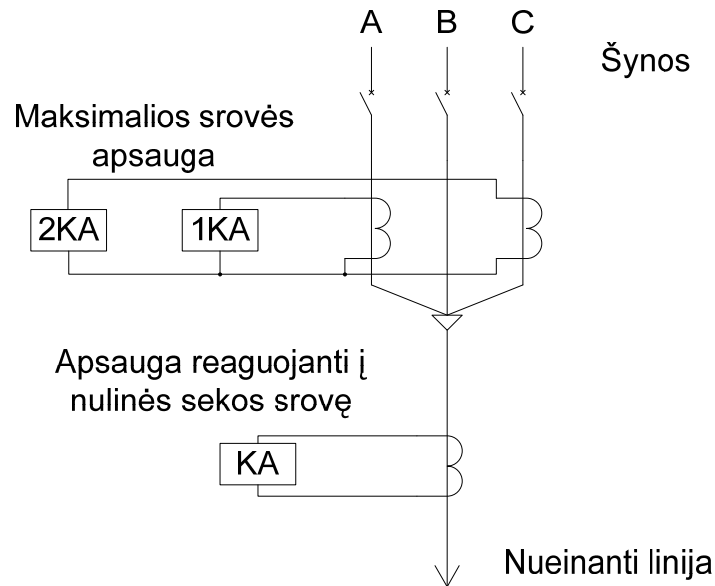
Minėtas apsaugos nuo įžemėjimo apsaugos būdas gali būti naudojamas tuo atveju, kada prie šynų yra prijungtas tik vienas vartotojas. Kai prie šynų yra prijungta daugiau nueinančių linijų, toks apsaugos būdas gali būti naudojamas, kaip neselektyvi įžemėjimo pažaidos signalizacija. Šis apsaugos būdas gali tik nurodyti apie atsiradusią įžemėjimo pažaidą elektros tinkle, bet nurodyti įžemėjusios elektros tinklo vietas.



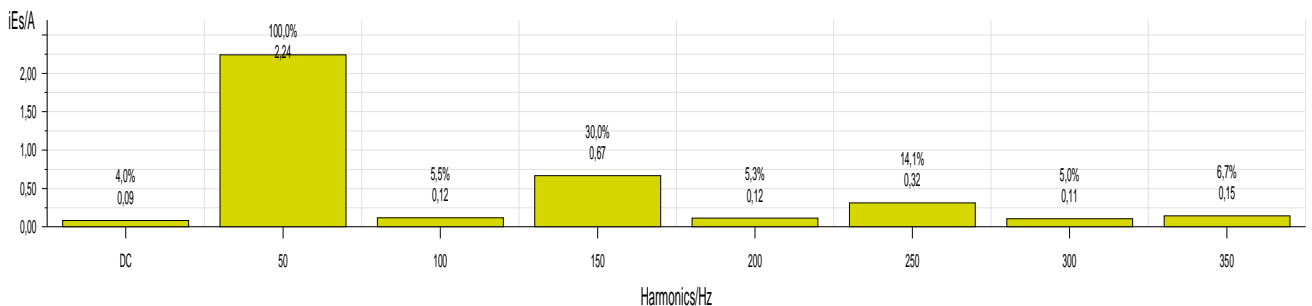
2.1 pav. Įtampos transformatoriaus jungimo schema

2.2 Apsaugos matuojančios nulinės sekos srovę

Ši apsauga, matuojanti nulinės sekos srovės dydį naudojama tinkluose su izoliuota ir kompensuota neutrale. Atrankumas ir jautrumas atitinkamai parenkant relinės apsaugos nuostatas. Tačiau šitoks apsaugos nuo įžemėjimo pažaidos būdas gali būti naudojamas tik į signalą. Kaip pateita 2.3 pav. elektros tinkle atsiradus nepastoviai įžemėjimo pažaidai nulinės sekos srovėje atsiranda gan didelis kiekis aukštesnės eilės harmonikų, o tada gali neselektyviai suveikti relinė apsauga.



2.2 pav. Relinės apsaugos reaguojančios į nulinės sekos srovę principinė schema



2.3 pav. Harmonikos pasireiškančios nulinės sekos srovėje

2.3 Išvados

1. Norint pasiekti aukštą atrankamo lygį nepakanka kontroliuoti vieną elektros tinklo parametą.
2. Nulinės sekos įtampos ir srovės matavimas įgalina nustatyti nulinės sekos galios kryptį, o tai ženkliai padidina įžemėjimo pažaidos atrankamą.

3. APSAUGŲ NUO ĮŽEMĖJIMO REALIZAVIMO YPATUMAI RELINĖS APSAUGOS SISTEMOJE

3.1 SIEMENS 7SJ

3.1.1 Jautri įžemėjimo apsauga

Jautri įžemėjimo apsauga gali būti naudojama įžemėjimo pažaidos atpažinimui tinkluose su izoliuota arba kompensuota neutralia. Tinkluose su įžeminta arba įžeminta per mažos varžos rezistorių apsauga gali būti naudojam įžemėjimo pažaidos nustatymui tik kai įžemėjimai turi didelę varžą. Jautri įžemėjimo apsauga gali atjungti pažeistą tinklo dalį, o taip pat gali ir signalizuoti apie pažaidą elektros tinkle. Jautrios įžemėjimo apsaugos yra pakankamai didelis jautrumas ir ji gali būti naudojama įžemėjimo pažaidai nustatyti, kai įžemėjimo srovė neviršija 1,6 A.

3.1.2 Apsauga pagal įtampą

Jautrios įžemėjimo apsaugos laiptas pagal įtampą reaguoja į nulinės sekos įtampą arba įtampų nulinio taško poslinkį $3 \cdot U_0$. Be to yra nustatomas ir pažeistas fazinis laidas, atskirai išmatuojant fazines įtampas. Nulinės sekos įtampa gali būti išmatuojama ir suskaičiuojama matuojant fazines įtampas. Norint, kad nulinės sekos įtampa būtų suskaičiuota reikalinga, kad apsaugų terminalas būtų prijungtas prie įtampos transformatoriaus antrinių grandinių, kurios būtų sujungtos žvaigžde su nuliniu laidu. Galimas ir tiesioginio nulinės sekos įtampos matavimas, tik šiuo atveju reikia mikroprocesoriaus įtampos matavimo grandines prijungti prie įtampos transformatoriaus antrinių grandinių sujungtų pagal atviro trikampio schemą. Ši jungimo schema pateikta 2.2 pav.

Nulinės sekos įtampos skaičiavimui naudojama:

$$3 \cdot U_0 = U_a + U_b + U_c \quad (3.1)$$

Galimas ir tiesioginio nulinės sekos įtampos matavimas, tik šiuo atveju reikia mikroprocesoriaus įtampos matavimo grandines prijungti prie įtampos transformatoriaus antrinių grandinių sujungtų pagal atviro trikampio schemą. Ši jungimo schema pateikta 2.1 pav.

3.1.3 Įžemėjusios fazės nustatymas

Kada suveikia jautri įžemėjimo apsauga yra nustatoma įžemėjusi fazė. Tam atlikti naudojamas fazinių įtampų matavimas. Jei kurios nors fazės fazinė įtampa žemesnė už nustatymą

UPH MIN (adresas 3106) tai ta fazė laikoma įžemėjusia iki to laiko, kol likusių dviejų fazių įtampos yra didesnės už nuostatą UPN MAX (adresas 3107)

3.2 VAMP 255

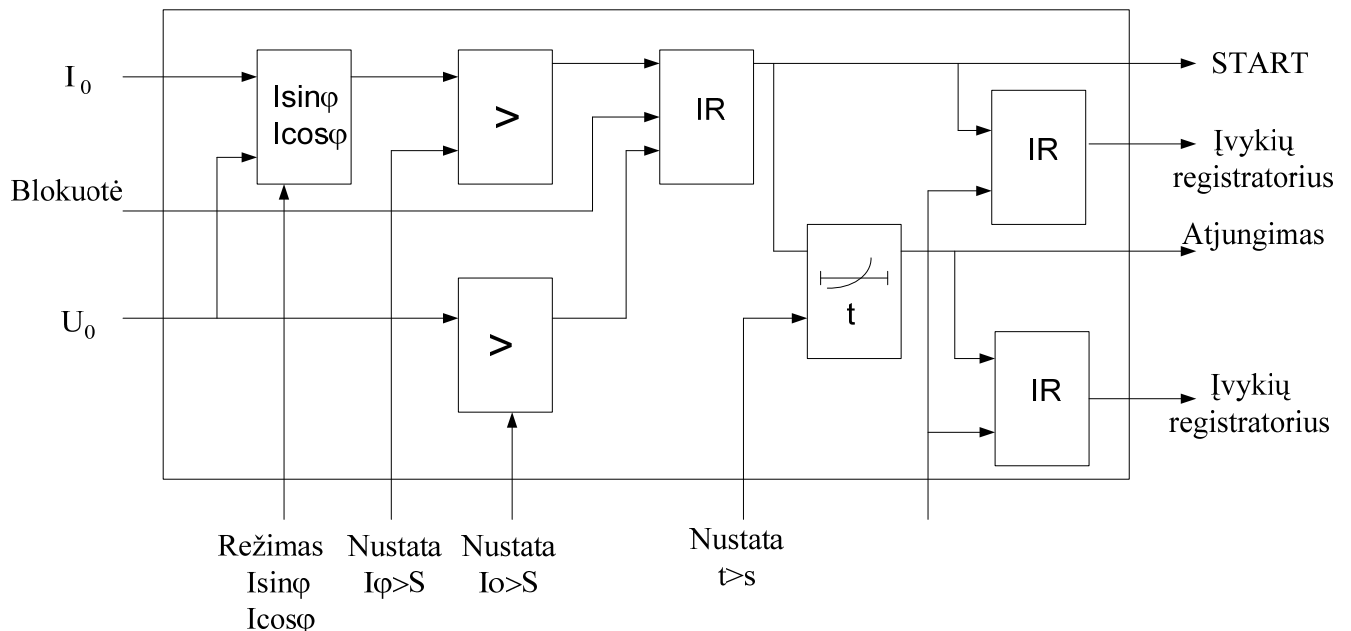
Kryptinė įžemėjimo apsauga naudojama, kur reikia jautrios ir selektyvios apsaugos nuo įžemėjimo pažaidos. Įžemėjimo pažaidos srovė gali būti tiesiogiai matuojama su nulinės sekos transformatoriais arba išskaičiuojama iš fazinių srovių. Nulinės sekos įtampa gali būti matuojama įtampos transformatoriumi, kurio apvijos sujungtos pagal atviro trikampio schema arba išskaičiuojama iš fazinių įtampų.

I_0 ir U_0 matavimams naudojamos pagrindinės harmonikos. Kryptinė įžemėjimo apsauga matuoja nulinės sekos įtampos dydį U_0 , nulinės sekos srovės dydį I_0 ir fazės kampą tarp jų.

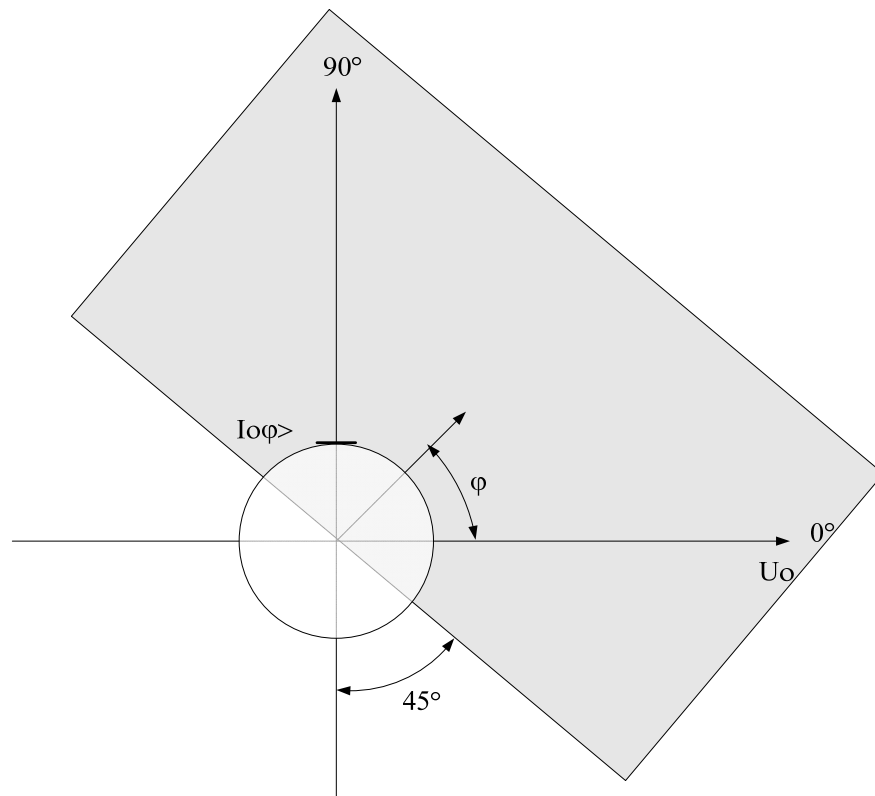
Kryptinė įžemėjimo apsauga turi du laiptus pagal srovės dydį $I_{0\varphi >}$, $I_{0\varphi >>}$ ir kiekvienas suveikties laiptas turi savo laiko delką.

Apsaugos režimas $I_0\text{Res}$ ($I_0\cos\varphi$) naudojamas tiesiogiai įžemintos neutralės tinkle, varža įžemintos neutralės tinkle ir kompensuotosios neutralės tinklas, o $I_0\text{Cap}$ ($I_0\cos\varphi$) naudojama izoliuotosios neutralės tinkle.

3.1 pav. yra pateikta blokinė kryptinės apsaugos nuo įžemėjimo schema iš šios schemos matosi kaip tarpusavyje susijusios nustatos ir matuojami dydžiai.



3.1 pav. Blokinė kryptinės apsaugos nuo įžemėjimo schema

3.2 pav. I_0 suveikimo sektorius

3.3 YC3 2/2

Ši apsauga skirta dėl selektyvios įžemėjimo signalizacijos, atsiradus vienfazei įžemėjimo pažaidai 10-6 kV elektros tinkle. Įrenginys naudojamas rajoninėse pastotėse su kompensuota neutrale.

YC3 2/2 relės veikimas pagrįstas tuo, kad įvykus vienfazei pažaidai elektros tinkle nulinės sekos srovėje išryškėja aukštesnės eilės harmonikos. Ši srovė ryškiausiai pasireiškia tame prijunginyje, kuriame ir yra vienfazė įžemėjimo pažaida.

3.1 lentelė

$3I_0$ nustatos įvairiems dažniamas

3I ₀ pirminės nuostatų visam dažnio diapazonui							
Dažnis Hz	50	150	250	350	550	650	2000
Nuostata A							
25	≥ 0,5	1,74	0,95	0,61	0,48	0,75	≥ 2,0
50	≤ 10	2,8	1,4	0,85	0,73	0,98	≥ 3,2
100	≥ 20	5,1	2,5	1,35	1,47	2,05	≥ 6,5
250	≥ 50	10,4	4,85	2,44	3,4	4,95	≥ 16

Aukštesnės eilės harmonikų lygis nulinės sekos srovėje priklauso nuo elektros tinklo režimo ir jo konfigūracijos, o taip pat ir nuo elektros tinklo pažaidos vietos. Užtikrinant selektyvų relinės

apsaugos veikimą įrenginys apima platų spektrą aukštesnės eilės harmonikų atsirandančiu nulinės sekos srovėje. Įrenginys dirba nuo $50 \div 2000$ Hz diapazone.

Įrenginys nefiksuoja įžemėjimo pažaidos, jei ji trunka trumpiau nei $40 \mu\text{s}$.

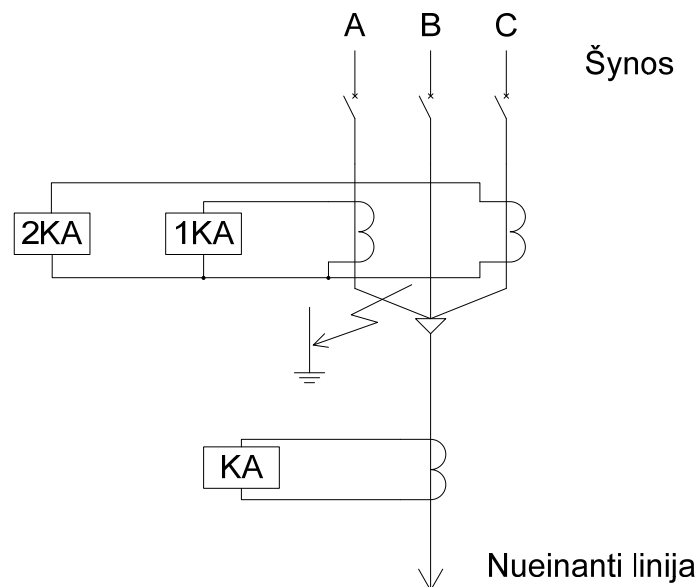
3.3 Išvados

1. Išnagrinėti mikroprocesoriniai relinės apsaugos terminalai ir jų įžemėjimo apsaugos atrankamo principai yra beveik lygiaverčiai.
2. Senosios kartos analoginis relinės apsaugos nuo įžemėjimo įrenginys pagal vykdomas funkcijas ryškiai atsilieka nuo mikroprocesorinių relinės apsaugos terminalų.

4. KLAIDINGOS RELININĖS APSAUGOS NUO ĮŽEMĖJIMO SUVEIKTYS

4.1 Vienfazis įžemėjimas kabelio galūnėje

Vienas iš galimų įžemėjimo variantu gali būti labiausiai pažeidžiamoje kabelio vietoje, kabelio galūnėje kaip pavaizduota 1 pav. Kadangi nulinės sekos transformatorius būna sumontuotas po kabelio galūnės, tai nulinės sekos srovė teka nuo šynų iki pažaidos vietos nepratekėdama pro nulinės sekos transformatorių.



4.1 pav. Įžemėjimo pažaidos kabelio galūnėje schema

Nulinės sekos dedamomoji $3I_0$ susidaranti dėl fazių nesimetrijos indukuoja palyginti mažą srovę nulinės sekos transformatoriuje ir tai nesuveikdina įžemėjimo apsaugos. Taipogi nesuveikia ir maksimalios srovės apsauga, kadangi nėra tarpfazinio trumpojo jungimo. Labai dažnai tokie

vienfaziai įžemėjimai sukelia dujų išlydį, kuris uždega alyvos garus ir sukelia gaisrą narvelio viduje. Tokios situacijos sprendimui galima būtų pasiūlyti apsaugą nuo elektros lanko, ji paveikia nuo pasikeitusio šviesos srauto kabeliniame narvelio skyriuje.



4.2 pav. Pažaida kabelio galūnėje



4.3 pav. Įžemėjimo pažaida narvelyje

4.2 Fazinių žymėjimų sumaišymas energetinėje sistemoje

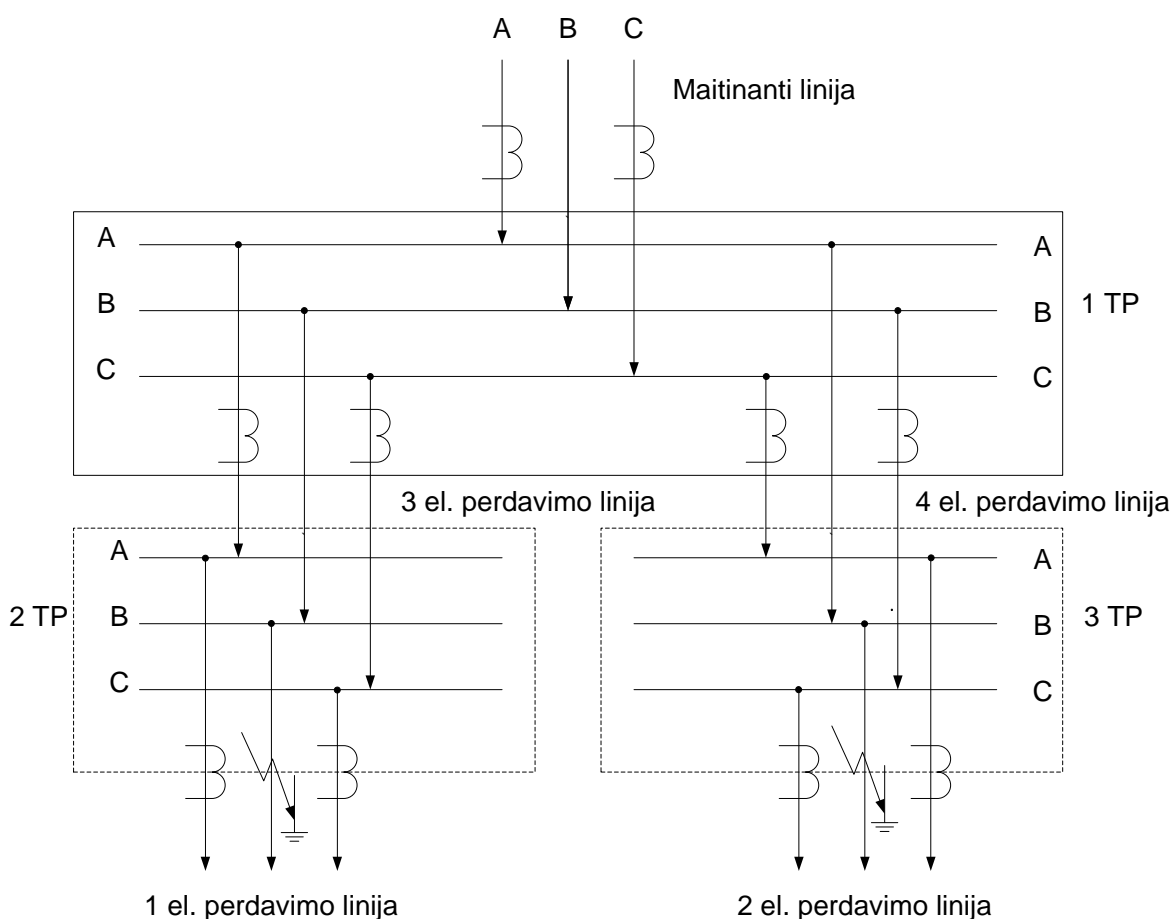
Ekonomiškų paskaičiavimų sumetimais 6-35 kV elektros tinkle labai dažnai yra įrengiami srovės transformatoriai tik A ir B fazėse. B fazėje srovės transformatoriai yra nenaudojami, kadangi maksimalios srovės apsauga (MSA) ir srovės atkirta (A) apsaugoms pilnai pakanka kontroliuoti tik dvi fazines sroves. Įžemėjimo pažaidų srovės yra pakankamai mažos ir esant tokiai tinklo pažaidai nei maksimalios srovės apsauga (MSA), nei srovės atkirta (A) niekada neturėtų suveikti. Šiuo atveju turi veikti tik įžemėjimo apsauga. Atsiradus elektros tinkle įžemėjimo pažaidai dvejose vietose ir skirtingose fazėse pažaidos srovė smarkiai padidėja. Šiuo atveju turi suveikti maksimalios srovės apsauga (MSA) arba srovės atkirta (A).

Eksploatacijos metu išaiškėjo, kad atskirose energetinėse sistemose yra sumaišyti fazinių laidų žymėjimai [2]. Vienoje transformatorinėje pastotėje fazė žymima kaip A, o kitoje kaip B. Toks fazių žymėjimo sumaišymas yra pakankamai dažnas reiškinys 6-35 kV elektros tinkle.

Paveikslėlyje (4 pav.) matosi, kad transformatorinėje pastotėje 2TP faziniai yra žymimi taip pat kaip ir maitinančioje pastotėje 1TP. Transformatorinės 1TP fazės A žymėjimas atitinka 2TP žymėjimą fazėje A ir t.t. Tačiau 4-je perdavimo linijoje fazių žymėjimai yra sumaišyti ir fazė A išeinanti iš maitinančios pastotės 1TP, pastotėje 3TP pasikeičia į B fazės žymėjimą, o fazė C pažymima kaip A. Tuo tarpu fazių seka transformatorinėje pastotėje 3TP nepasikeičia. Visos vektorinės diagramos, pagal priimtą žymėjimą, nepasikeičia. Taip yra išlaikoma ta pati fazių seka. Ši reiškinį labai sunku pastebėti, kadangi ryšio tarp pastočių nėra.

Atsiradus įžemėjimo pažaidai transformatorinėje pastotėje 2TP, smarkiai padidėja fazinė įtampa kitose fazėse. Tai labai dažnai priveda prie to, kad yra pažeidžiama elektros įrenginių izoliacija. Pasižeidus izoliacijai transformatorinėje pastotėje 3TP fazėje pažymėtoje B, tarp transformatoriaus pastotės 2TP fazės B ir transformatoriaus pastotės 3TP fazės B atsiranda įtampa artima linijinei įtampai. Tai nutinka todėl, kad 4-oje elektros perdavimo linijoje sumaišytas fazių žymėjimas. Tai energetinėje sistemoje sukelia trumpąjį jungimą. Tačiau jį likviduoti neįmanoma ne transformatorinėje pastotėje 2TP, nei transformatorinėje pastotėje 3TP. Kadangi ant B fazinių laidų nėra išpildytos linijų apsaugos. Tuo tarpu maitinančios transformatorinės pastotės 1TP suveikia maksimalios srovės apsauga (MSA) arba srovės atkirta (A).

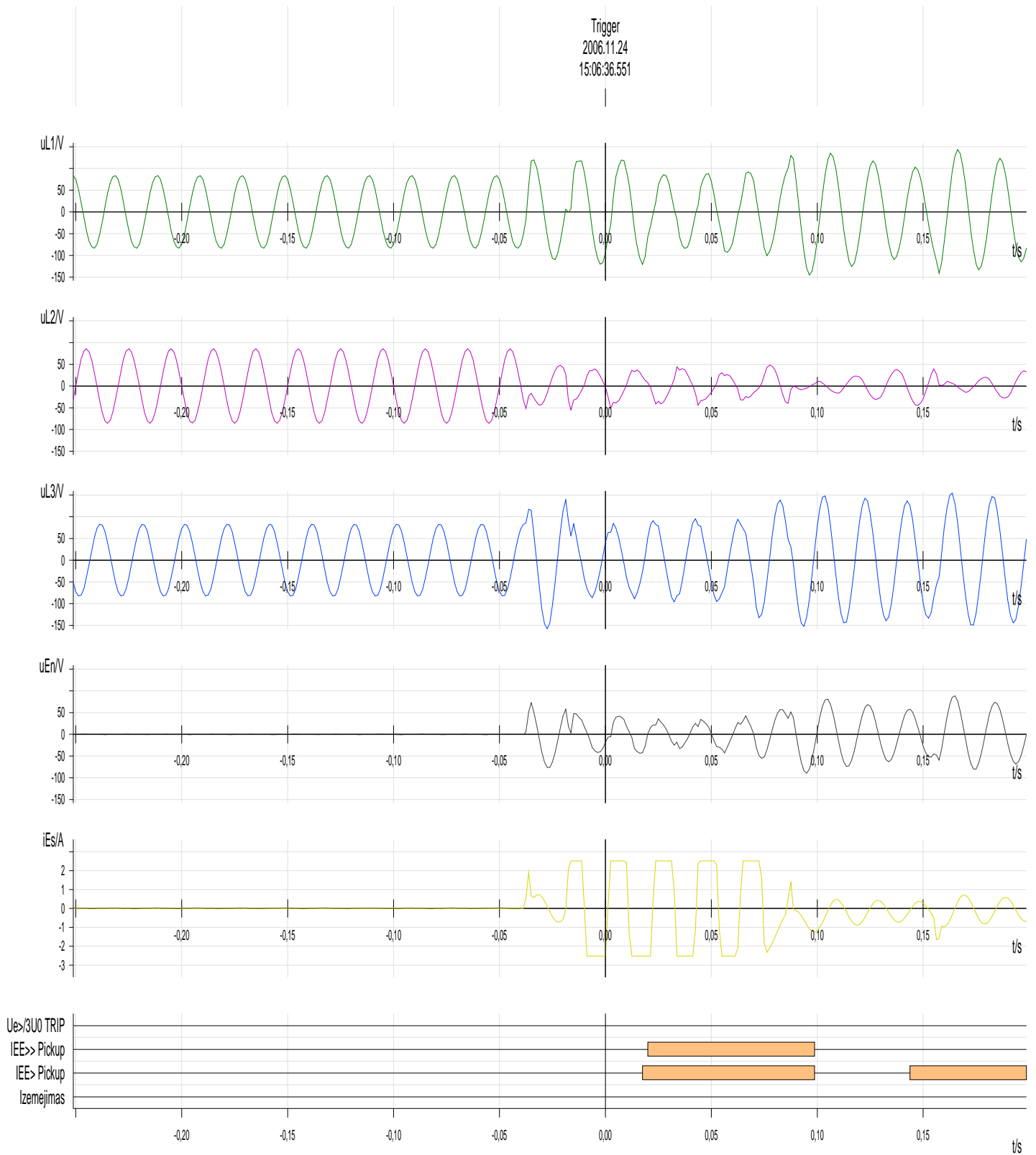
Toks apsaugų veikimas labai apsunkina įžemėjimo pažaidos paiešką.



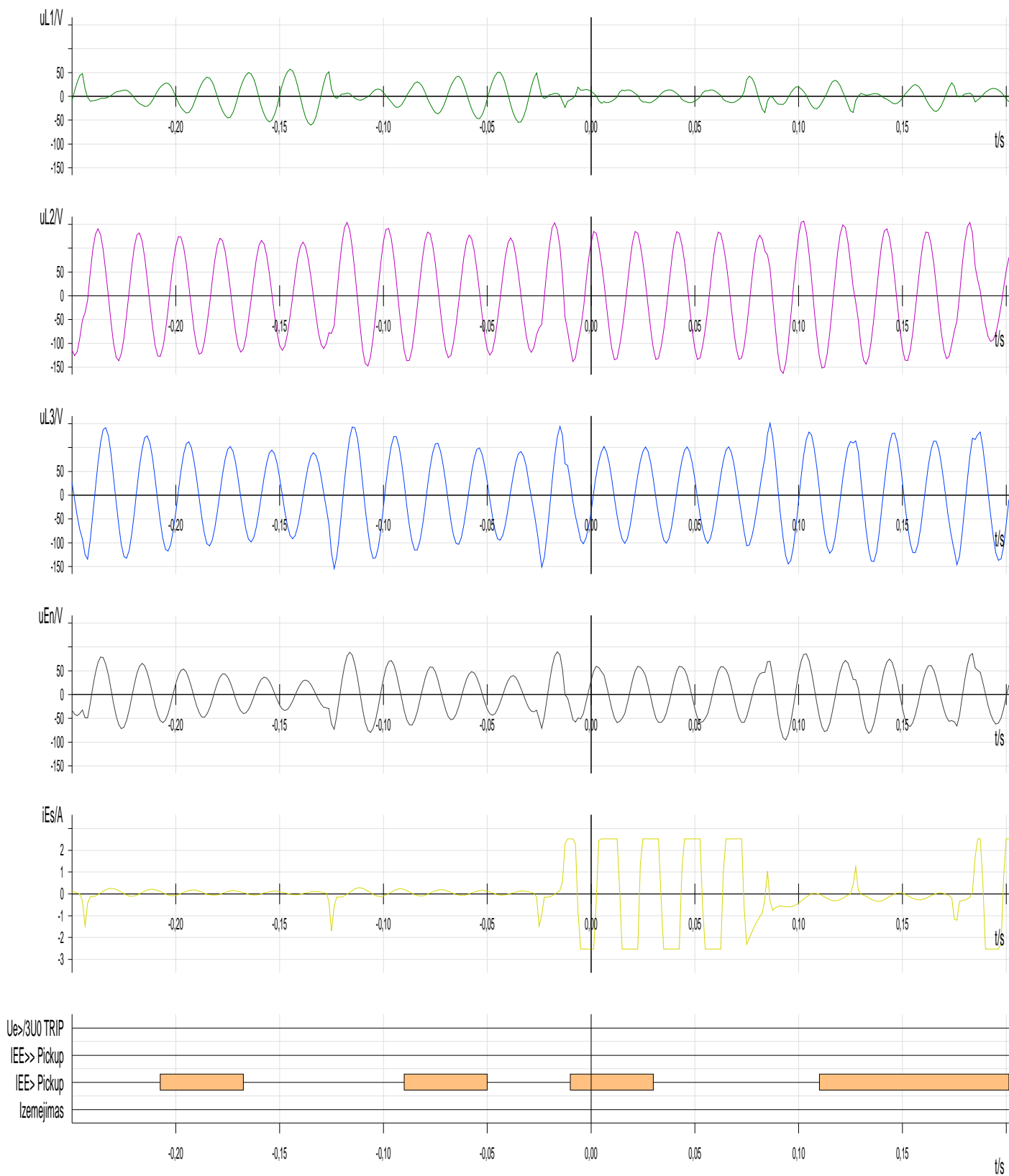
4.4 pav. Fazių sumaišymo energetinėje sistemoje schema

4.3 Trumpalaikiai įžemėjimo pažaidai

Atsiradus elektros tinkle įžemėjimo pažaidai, kartais jos būvimas būna labai trumpalaikis. Įžemėjimo apsauga dažniausiai yra su laiko išlaikymu. Todėl atsiradus ne „geležinei“ įžemėjimo pažaidai trumpalaikių įžemėjimų neužfiksuojama, nors elektros tinkle yra įžemėjimas. Tokie trumpalaikiai įžemėjimai sukelia viršįtampius elektros tinkle, kas priveda prie izoliacijos pažeidimo. 5.5 pav. ir 5.6 pav. pateiktos užfiksuotos įtampų ir srovių oscilogramos užfiksuotos Radviliškio 110/10 kV transformatorių pastotėje sumontuotose relinės apsaugos ir automatikos terminaluose. Iš apsaugos suveikties matosi, kad apsauga užfiksuoja įžemėjimo pažaidą, tačiau dar nesignalizuoja. Apsaugos suveities laikas yra 6 s, o įžemėjimo pažaidos laikas $\sim 0,08$ s. Todėl tokia pažaida gali tęstis ilgą laiką, o relinės apsaugos įrenginys nesignalizuos apie įžemėjimo pažaidą. Projektuojant relinės apsaugos įrenginius būtina numatyti tokį apsaugą nuo trumpalaikių ir pasikartojančių vienfazių įžemėjimo pažaidų.



4.5 pav. Trumplaikēs izemējimo pažaidos oscilogramas

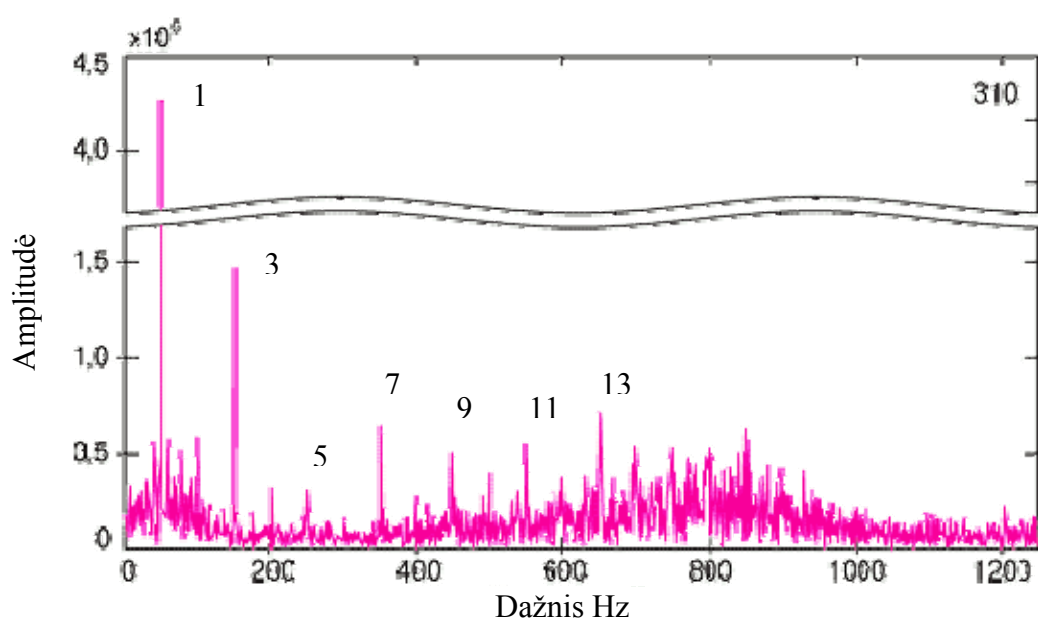


4.6 pav. Trumpalaikės įžemėjimo pažaidos oscilogramos

4.4 Srovės aukštesniosios harmonikos

Techninėje literatūroje aprašytas spektrinė nulinės sekos srovės sudėtis nustatyta įžemėjimo pažaidos metu [13]. Iš 5.7 pav matosi, kai kurios įdomios nulinės sekos srovės savybės:

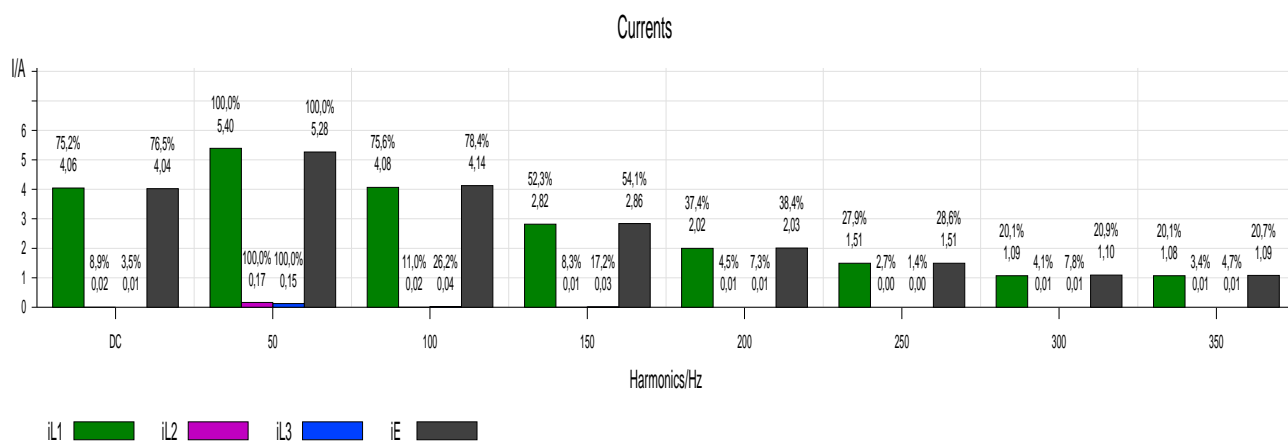
1. Nulinės sekos srovė susideda iš dažnių spektro prasidedančių nuo nulio ir besitęsiančio iki 1200 Hz dažnio.
2. Nulinės sekos srovė susideda ne tik iš 50 Hz ir jai kartotinių harmonikų, bet ir tarpinių dažnių. Praktiškai gaunamas nenutrūkstamas spektras dažnių, kuriame išsiskiria nelyginės 50 Hz harmonikos



4.7 pav. Spektrinė nulinės sekos srovės sudėtis

Paskutinė savybė yra labai svarbi kuriant įžemėjimo pažaidos nustatymo relinės apsaugos įrenginius. Kadangi dažniausiai yra kuriami aukštesnės eilės harmonikų filtrai tik dažnių diapazonams jie nepadengia viso dažnių spektro. Tai gali privesti prie neselektyvios relinės apsaugos nuo įžemėjimo pažaidos suveikties.

Įdiegus Viduklės 35/10 kV TP mikroprocesorinę relinę apsaugą atsirado galimybė ir giliau išnagrinėti procesus vykstančius pažaidų metu. Buvo išanalizuotos Viduklės 35/10 kV transformatorių pastotės relinės apsaugos suveiktys ir 5.8 pav. pateikta srovės harmonikų pasiskirstymas įžemėjimo pažaidos metu. Iš diagramos matosi, kad įžemėjimo pažaidos metu atsiranda ne tik 50 Hz dažnio srovė, bet ir nuolatinė dadamoji ir aukštesnės eilės harmonikos.



4.8 pav. Harmonikų sudėtis įžemėjimo pažaidos metu

4.5 Išvados

1. Kabelio galūnės ir movos yra silpniausia vieta, todėl įžemėjimo atžvilgiu šioje vietoje galimi pramušimai, kurie realiose sąlygose paprastai perauga į trumpuosius jungimus. Todėl aktualu būtų naudoti apsaugą nuo elektros lanko.
2. Naudoti tris srovės transformatorius išpildant relinės apsaugos nuo trumpųjų jungimų schemas.
3. Naudoti relinėse apsaugose algoritmus kurie fiksuotu trumpalaikius įžemėjimus ir įvykus keletui kartų iš eilės jų laiką sumuotu.
4. Projektuojant relinės apsaugos įrenginius nuo įžemėjimo atkreipti dėmesį į tai, kad įžemėjimo pažaidos metu nulinės sekos srovėje atsiranda visas spektras dažnių nuo 0 iki 1200 Hz

5. AUKŠTESNIŲ DAŽNIŲ ĮTAKOS TYRIMAS NULINĖS SEKOS TRANSFORMATORIŲ PAKLAIDOMS

Pastebėta, kad įžemėjimo pažaidos metu pasireiškia aukštesnės eilės harmonikos. Buvo sukurta bandymo schema tirti kokią įtaką daro aukštesnės eilės harmonikų srovės. matavimo paklaidoms.

5.1 Bandymo atlikimo tvarka

Paklaidos apskaičiuojamos pagal formules pateiktas žemiau. Absoliutinė paklaida – vadinamas nuokrypio absoliutinis didumas:

$$\Delta = X_n - X \quad (5.1)$$

čia: Δ - Absoliutinė paklaida;

X_n - Matavimo rezultatas;

X - Tikroji matuojamojo dydžio vertė.

Santykinė paklaida yra absoliutinės paklaidos santykis su tikrąją matuojamojo dydžio verte. Ji gali būti išreikšta santykiniais dydžiais arba procentais:

$$\delta = \frac{\Delta}{X} \quad \text{arba} \quad \delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100 \quad (5.2)$$

čia: δ - santykinė paklaida

Bandymas atliktas su trijų tipų nulinės sekos transformatoriais:

1. TZRL –U3 tipo (magnetolaidis sujungtas iš dviejų dalių)
2. TZLM tipo
3. KA-100/08 tipo (ALCE)

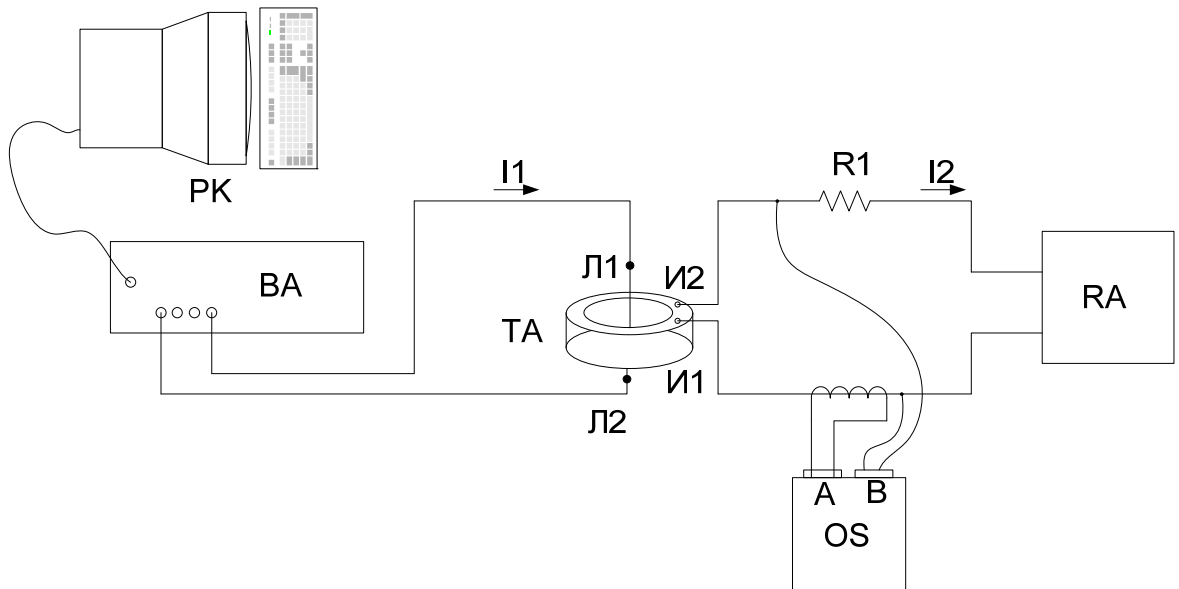
Bandymo sąlygas norėta sukurti kuo artimesnes tikrosioms, todėl norint imituoti laidų varžą buvo naudojama R1 varža. Varža sureguliuota taip kad būtų 0,1 Ω . Bandymams atlikti panaudoti relinės apsaugos įrenginiai įdiegti Akcinės bendrovės „VST“ Šiaulių regiono rajoninėse pastotėse ir skirstomuosiuose punktuose. Buvo panaudotos relė RT-40 ir USZ 2/2, taip pat ir mikroprocesorinis relinės apsaugos komplektas 7SJ622 firmos SIEMENS.

Bandymo įranga CT Analyzer firmos Omicron nustatytos srovės transformatorių techninės charakteristikos, kurios pateiktos Priede 2, 3, 4.

Pagal 6.1 pav. pateiktą bandymo atlikimo schemą atliktas bandymas su TZRL-U3 tipo srovės transformatoriumi pakeičiant antrinėje grandinėje apkrovą. Apkrovos funkciją atliko relines apsaugos įrenginiai: RT-40, USZ 2/2 ir 7SJ622.

Bandymui atlikti panaudotas relinės apsaugos bandymo stendas Omicron CPM 256 – 6 . Šis bandymo stendas suteikė galimybę keisti srovės nuo 1 iki 50 A. Taip pat keisti ir srovės dažnį nuo 50 iki 950 Hz. Bandymo įrangos Omicron CPM 256 – 6 pagrindiniai techniniai parametrai pateikti 1 priede.

Bandymo stendu Omicron CPM 256 – 6 nustatoma viena iš užduotų srovės reikšmių ir keičiamas srovės dažnis nuo 50 Hz iki 950 Hz. Dažnis buvo keičiamas kas 100 Hz. Antinė srovės transformatoriaus srovė matuoja su oscilografu Fluke 123. Gauti duomenys surašyti į 5.1, 5.2, 5.3 lenteles.



5.1 pav. Bandymo atlikimo schema: BA- srovės generavimo įranga, PK- personalinis kompiuteris, TA- nulinės sekos transformatorius, R1 – apkrovimo varža (0,1 Ω), RA- relinės apsaugos įrenginys, OS-oscilografas. -

Pagal 5.1 ir 5.2 formules suskaičiuojame santykinę paklaidą ir duomenis surašome į 5.6, 5.7, 5.8 lenteles. Iš gautų duomenų sudarome grafiką $\Delta\% = f(F)$. $\Delta\%$ santykinė paklaida, F - srovės dažnis.

Iš 5.2 pav. matosi, kad antrinę grandinę apkrovus rele RT-40 paklaidos labai didelės ir didėjant dažniui didėja.

Iš 5.3 pav. matosi, kad antrinę grandinę apkrovus rele USZ 2/2 paklaidos prie 50 Hz yra teigiamos, paskui prie 150 Hz jos pasidaro neigiamos. Prie 350 Hz jos padaro šuolį teigiamų paklaidų link ir vėl įgauna neigiamą pobūdį.

Iš 5.4 pav. matosi, kad antrinę grandinę apkrovus rele 7SJ622 paklaidos prie 50 Hz yra teigiamos, 150 Hz paklaidos įgauna neigiamą pobūdį ir prie aukštesnių dažnių turi pastovią paklaidą.

Pastebėjus kad aprovus antrines grandines USZ 2/2 rele prie atitinkamų paklaidos pereina iš teigiamų į neigiamas bandymas buvo pakartotas ir su kito tipo srovės transformatoriais. Matavimų duomenys pateikti 5.4, 5.5 lentelėse. Suskaičiuota santykinė paklaida ir nubraižytos priklausomybės $\Delta\% = f(F)$. Kaip matosi iš 5.5 pav. ir 5.6 pav. gautos kreivės labai panašios į prieš tai atliko bandymo.

Išanalizuota relės USZ 2/2 vidinių sujungimų schema ir pastebėta, kad yra naudojamas dažnių filtras, dėl ko gaunamas įtampų rezonansas. Tuo ir paaiškinamas toks šuoliškas kreivės pobūdis.

5.2 Bandymo rezultatai

5.1 lentelė

Transformatoriaus TZRL-U3 matavimų duomenys su RT-40 rele

Srovė A	Keičiamas dažnis ,Hz									
	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950
	Išmatuota srovė, mA									
1	2,3	2,0	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7
1,2	2,5	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8
1,4	2,7	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9
1,6	2,8	2,6	2,6	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1
1,8	2,7	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2
2	2,8	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4
2,2	3,5	3,3	3,2	3,0	2,9	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5
2,4	4,0	3,6	3,4	3,2	3,0	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6
2,6	4,9	4,2	4,0	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1
2,8	4,4	4,5	4,3	4,0	3,8	3,7	3,5	3,5	3,4	3,3
3	5,1	4,8	4,5	4,3	4,1	3,9	3,8	3,7	3,6	3,6
3,2	5,0	5,1	4,8	4,6	4,4	4,3	4,0	3,9	3,8	3,7
4	6,7	6,5	6,0	5,7	5,4	5,2	5,0	4,8	4,7	4,5

5.2 lentelė

Transformatoriaus TZRL-U3 matavimų duomenys su USZ 2/2 rele

Srovė A	Keičiamas dažnis ,Hz									
	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950
	Išmatuota srovė, mA									
1	32	33	32,2	32,9	33,5	34,2	34,2	34,1	34,1	34
1,5	47,1	50	49,9	49,3	51,4	51,5	51,2	51,2	51,1	51,1
2	64	66,8	66,7	60	68,5	68,7	68,3	68,3	68,1	68,1
2,5	79,8	83,4	83,4	82,8	85,9	85,9	85,6	85,5	85,3	85,2
3	96,4	100,4	100,4	99,4	103,1	103	102,7	102,5	102,3	102,2
3,5	112,3	117,2	117,1	116,2	120,4	120,3	119,8	119,6	119,5	119,3
4	127,5	134,1	134	137,7	137,7	137,5	137,1	136,8	136,6	136,5
4,5	143,7	151	150,9	149,8	155	154,7	154,2	154	153,8	153,6
5	160,7	167,8	167,7	166,6	172,2	172,1	171,4	171,1	170,9	179,9
10	320,2	332,2	336,2	334,5	344,8	344,1	343,2	342,9	342,6	342,2
20	641	673	674	672	690	689	688	687	687	697
50	1610	1684	1686	1677	1727	1724	1721	1721	1718	1718

5.3 lentelė

Transformatoriaus TZRL-U3 matavimų duomenys su 7SJ622 rele

Srovė A	Keičiamas dažnis ,Hz									
	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950
	Išmatuota srovė, mA									
1	31,1	34,4	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,7
2	64,2	67	69	69	69	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3
3	96,5	103	104	104,8	10,9	104,9	104,9	104,4	104,9	105
10	322,9	347,2	350	350	351,2	351,2	351,4	351,7	351,6	351,8

5.4 lentelė

Transformatoriaus TZLM matavimų duomenys su USZ 2/2 rele

Srovė A	Keičiamas dažnis ,Hz									
	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950
	Išmatuota srovė, mA									
1	38,3	40,2	40,1	39,5	41,9	42,6	42,5	42,3	42,3	42,2
1,5	57,7	60,6	60,5	59,6	62,7	63,5	63,5	63,4	63,2	63,1
2	76,6	81	81	80,2	83,5	84,2	84,4	84,3	84,2	84,1
2,5	96,9	101,5	101,6	100,7	104,4	105,4	105,2	105,3	105,1	105,1
3	115,6	122,2	122,1	121,1	125,3	126,2	126,3	126,1	126	125,9
3,5	135,6	142,7	143	141,8	146,2	147,2	147,1	147	146,9	146,9
4	154,9	163,3	163,5	162,3	167,2	167,7	168	167,9	167,8	167,7
4,5	174,2	183,9	184,1	182,8	188	188,6	188,8	188,8	188,7	188,7
5	193	204,6	204,7	203,3	209	209,9	210	209,9	209,6	209,6
10	387,2	401,2	410,6	408	418,1	419,1	419,3	419	418,8	418,9
20	777	820	825	817	837	839	839	839	838	839
50	1947	2051	206	2041	2091	2093	2097	2096	2097	2097

5.5 lentelė

Transformatoriaus ALCE KA-100/08 matavimų duomenys su USZ 2/2 rele

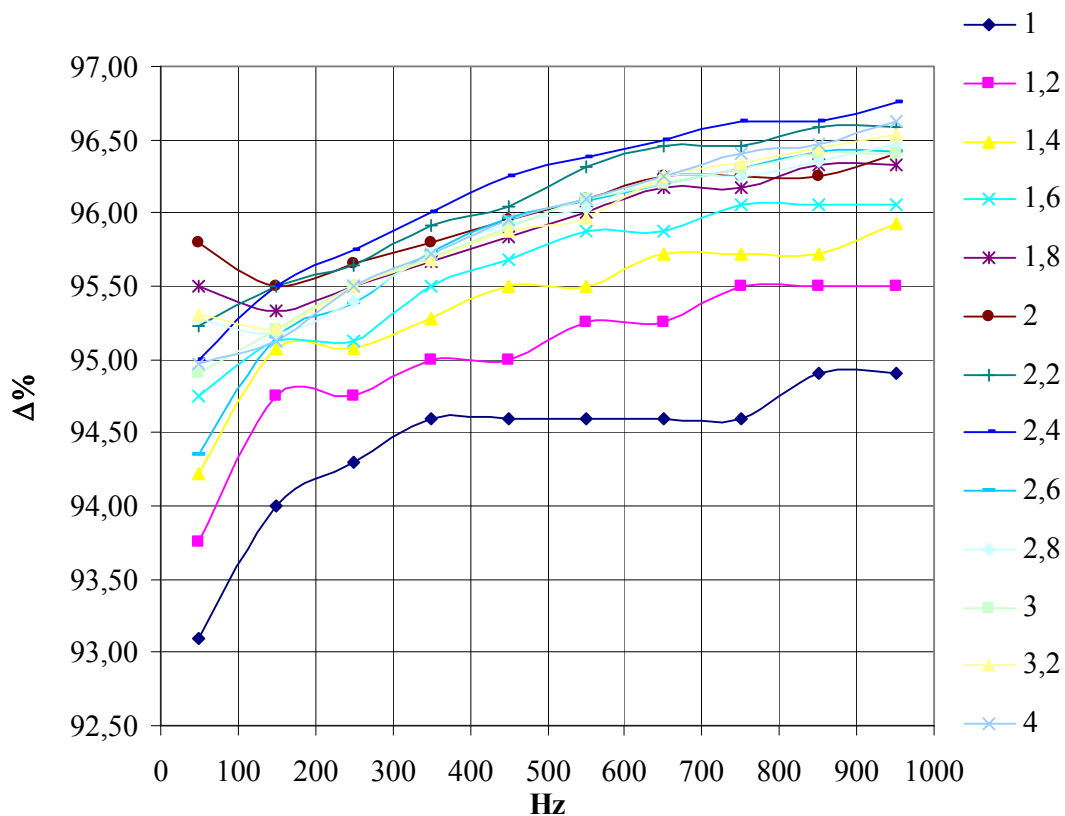
Srovė A	Keičiamas dažnis ,Hz									
	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950
	Išmatuota srovė, mA									
1	19,8	21,5	21,6	21,5	22	22	22	21,9	21,9	21,9
1,5	29,9	32,3	32,3	32,3	32,5	33	32,8	32,9	32,9	32,9
2	41,1	43	43	43,1	43,7	43,9	43,8	43,8	43,8	43,8
2,5	50,8	53,7	53,9	53,8	55	54,9	54,8	54,7	54,7	54,7
3	61,2	64,5	64,8	64,8	65,5	65,8	65,8	65,7	65,7	65,6
3,5	71,3	75,4	75,4	75,3	76,9	76,7	76,6	76,6	76,5	76,5
4	80,9	86	86,1	86,2	87,8	87,7	87,6	87,6	87,4	87,5
4,5	91,8	96,8	96,9	96,9	98,8	98,7	98,4	98,3	98,3	98,4
5	101,6	107,5	107,6	107,8	109,7	109,5	109,3	109,3	109,4	109,3
10	203,3	215,1	215,5	216	218,4	218,5	218,3	218,3	218,3	218,4
20	405	430,1	432,5	432,7	435,6	435,7	436	436	436	435,9
50	1015	1075	1082	1083	1088	1088	1089	1089	1089	1090

Suskaičiuojame absoliutinę, paskui ir santykinę srovės paklaidą ir nubraižome priklausomybę paklaidos nuo maitinimo srovės dažnio $I_a = f(F)$

5.6 lentelė

Transformatoriaus TZPM – U3 santykinės paklaidos su RT-40 rele

Srovė A	Pirminės srovės dažnis ,Hz									
	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950
	Santykinė matavimo paklaida %									
1	93,10	94,00	94,30	94,60	94,60	94,60	94,60	94,60	94,90	94,90
1,2	93,75	94,75	94,75	95,00	95,00	95,25	95,25	95,50	95,50	95,50
1,4	94,21	95,07	95,07	95,29	95,50	95,50	95,71	95,71	95,71	95,93
1,6	94,75	95,13	95,13	95,50	95,69	95,88	95,88	96,06	96,06	96,06
1,8	95,50	95,33	95,50	95,67	95,83	96,00	96,17	96,17	96,33	96,33
2	95,80	95,50	95,65	95,80	95,95	96,10	96,25	96,25	96,25	96,40
2,2	95,23	95,50	95,64	95,91	96,05	96,32	96,45	96,45	96,59	96,59
2,4	95,00	95,50	95,75	96,00	96,25	96,38	96,50	96,63	96,63	96,75
2,6	94,35	95,15	95,38	95,73	95,96	96,08	96,19	96,31	96,42	96,42
2,8	95,29	95,18	95,39	95,71	95,93	96,04	96,25	96,25	96,36	96,46
3	94,90	95,20	95,50	95,70	95,90	96,10	96,20	96,30	96,40	96,40
3,2	95,31	95,22	95,50	95,69	95,88	95,97	96,25	96,34	96,44	96,53
4	94,98	95,13	95,50	95,73	95,95	96,10	96,25	96,40	96,48	96,63

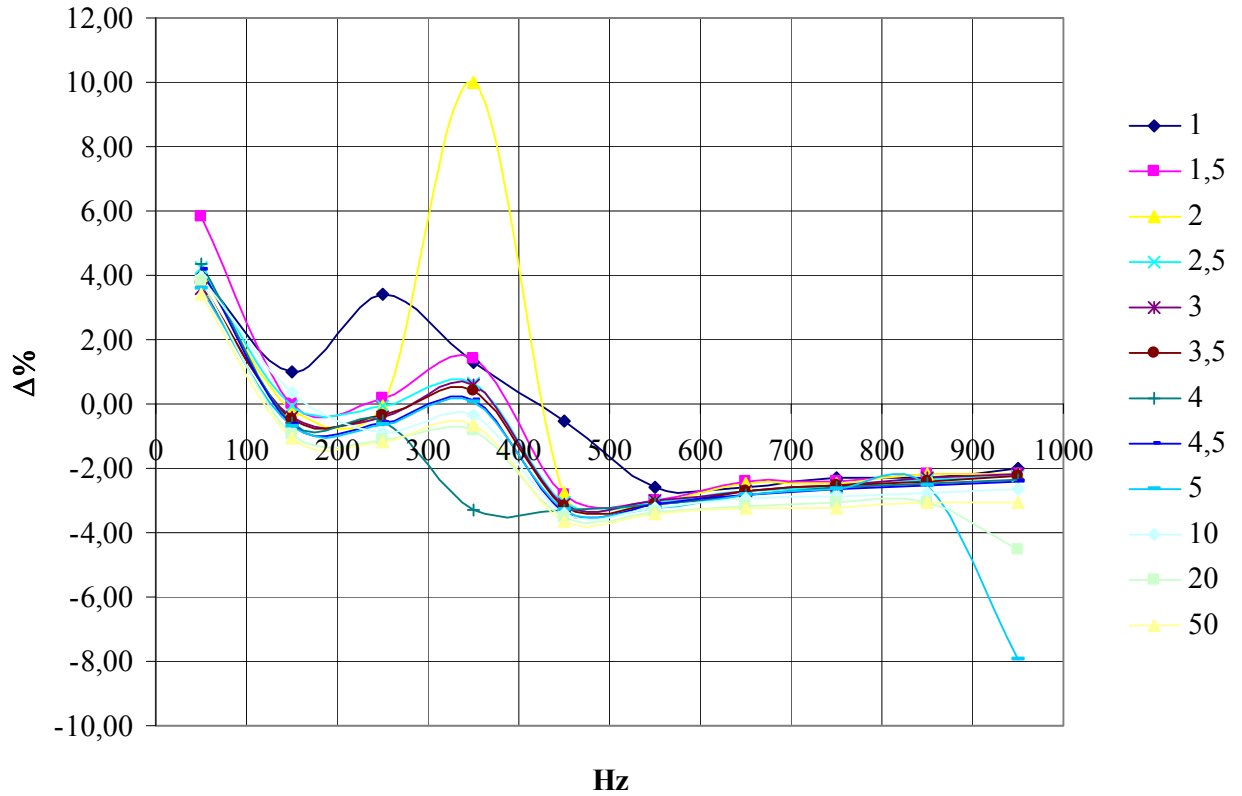


5.2 pav. TZPM – U3 transformatoriaus su RT-40 rele paklaidų kitimo grafikas

5.7 lentelė

Transformatoriaus TZPM – U3 santykinės paklaidos su USZ 2/2 rele

Srovė A	Pirminės srovės dažnis ,Hz									
	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950
	Santykinė matavimo paklaida %									
1	4,00	1,00	3,40	1,30	-0,50	-2,60	-2,60	-2,30	-2,30	-2,00
1,5	5,80	0,00	0,20	1,40	-2,80	-3,00	-2,40	-2,40	-2,20	-2,20
2	4,00	-0,20	-0,05	10,00	-2,75	-3,05	-2,45	-2,45	-2,15	-2,15
2,5	4,24	-0,08	-0,08	0,64	-3,08	-3,08	-2,72	-2,60	-2,36	-2,24
3	3,60	-0,40	-0,40	0,60	-3,10	-3,00	-2,70	-2,50	-2,30	-2,20
3,5	3,74	-0,46	-0,37	0,40	-3,20	-3,11	-2,69	-2,51	-2,43	-2,26
4	4,38	-0,57	-0,50	-3,27	-3,27	-3,13	-2,82	-2,60	-2,45	-2,38
4,5	4,20	-0,67	-0,60	0,13	-3,33	-3,13	-2,80	-2,67	-2,53	-2,40
5	3,58	-0,68	-0,62	0,04	-3,32	-3,26	-2,84	-2,66	-2,54	-7,94
10	3,94	0,34	-0,86	-0,35	-3,44	-3,23	-2,96	-2,87	-2,78	-2,66
20	3,85	-0,95	-1,10	-0,80	-3,50	-3,35	-3,20	-3,05	-3,05	-4,55
50	3,40	-1,04	-1,16	-0,62	-3,62	-3,44	-3,26	-3,26	-3,08	-3,08

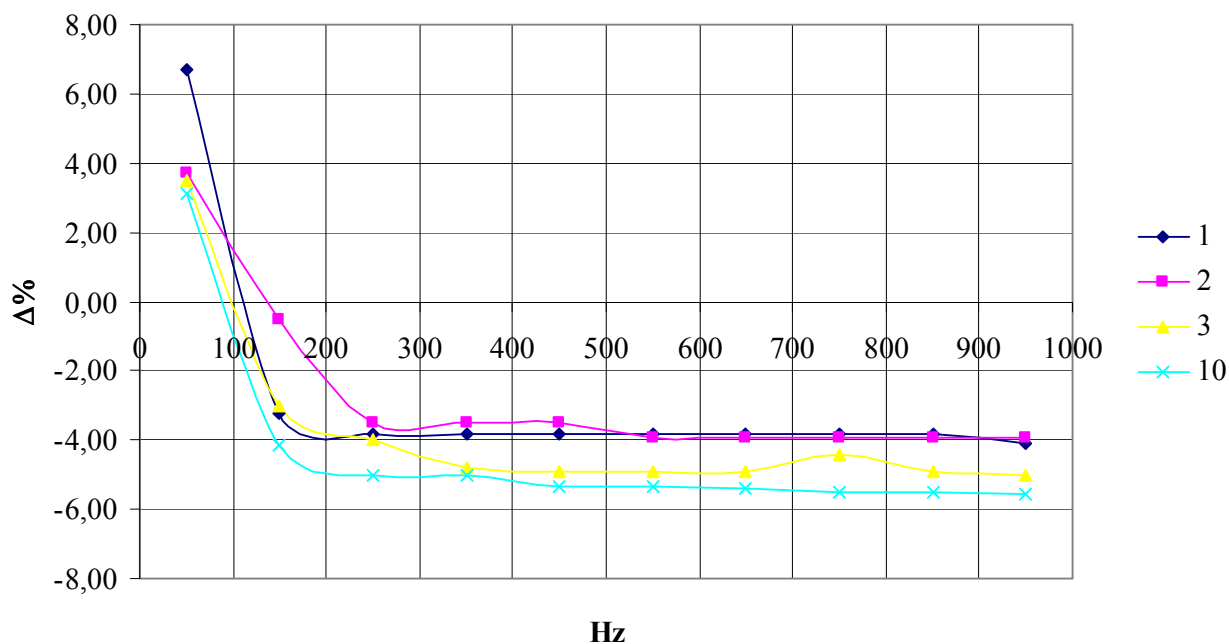


5.3 pav. TZPM – U3 transformatoriaus su USZ 2/2 rele paklaidų kitimo grafikas

5.8 lentelė

Transformatoriaus TZPM – U3 santykinės paklaidos su 7SJ622 rele

Srovė A	Pirminės srovės dažnis ,Hz									
	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950
	Santykinė matavimo paklaida %									
1	6,70	-3,20	-3,80	-3,80	-3,80	-3,80	-3,80	-3,80	-3,80	-4,10
2	3,70	-0,50	-3,50	-3,50	-3,50	-3,95	-3,95	-3,95	-3,95	-3,95
3	3,50	-3,00	-4,00	-4,80	-4,90	-4,90	-4,90	-4,40	-4,90	-5,00
10	3,13	-4,16	-5,00	-5,00	-5,36	-5,36	-5,42	-5,51	-5,48	-5,54

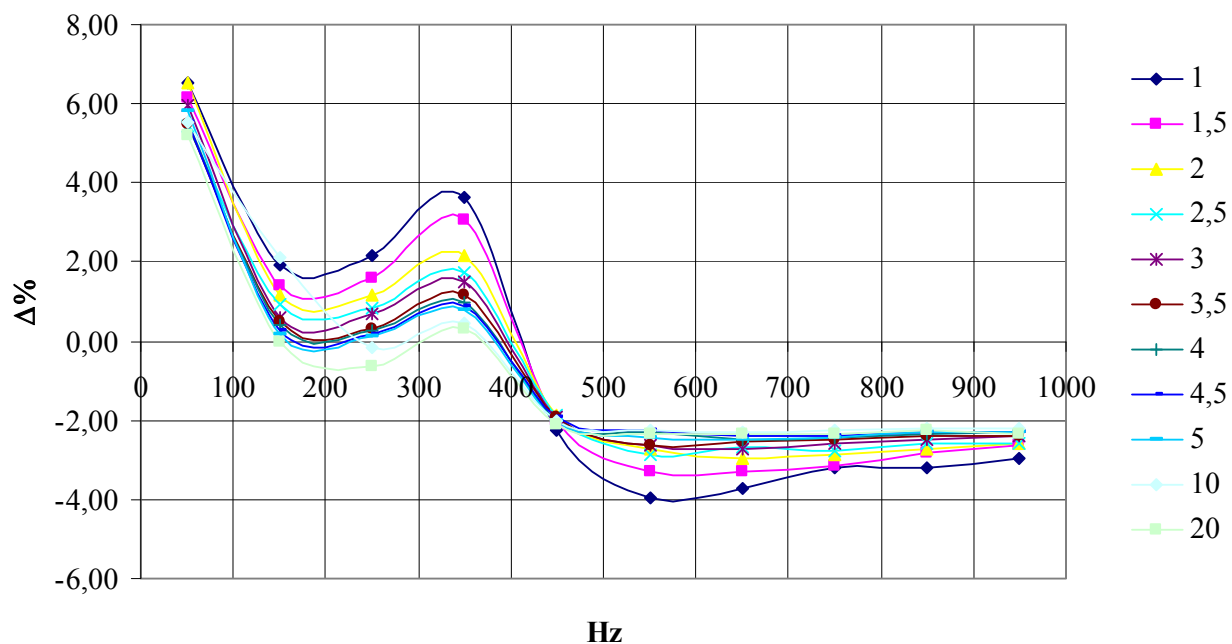


5.4 pav. TZPM – U3 transformatoriaus su 7SJ 622 rele paklaidų kitimo grafikas

5.9 lentelė

Transformatoriaus TZLM santykinės paklaidos su USZ 2/2 rele

Srovė A	Pirminės srovės dažnis ,Hz									
	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950
	Santykinė matavimo paklaida %									
1	6,55	1,91	2,16	3,62	-2,24	-3,94	-3,70	-3,21	-3,21	-2,97
1,5	6,14	1,42	1,59	3,05	-1,99	-3,29	-3,29	-3,13	-2,81	-2,64
2	6,55	1,18	1,18	2,16	-1,87	-2,72	-2,97	-2,85	-2,72	-2,60
2,5	5,43	0,94	0,84	1,72	-1,89	-2,87	-2,68	-2,77	-2,58	-2,58
3	5,98	0,61	0,69	1,51	-1,91	-2,64	-2,72	-2,56	-2,48	-2,40
3,5	5,47	0,52	0,31	1,15	-1,92	-2,62	-2,55	-2,48	-2,41	-2,41
4	5,51	0,39	0,27	1,00	-1,99	-2,30	-2,48	-2,42	-2,36	-2,30
4,5	5,54	0,29	0,18	0,88	-1,94	-2,26	-2,37	-2,37	-2,32	-2,32
5	5,82	0,16	0,11	0,79	-1,99	-2,43	-2,48	-2,43	-2,28	-2,28
10	5,52	2,11	-0,19	0,45	-2,02	-2,26	-2,31	-2,24	-2,19	-2,21
20	5,21	-0,04	-0,65	0,33	-2,11	-2,36	-2,36	-2,36	-2,24	-2,36
50	4,99	-0,09	89,95	0,40	-2,04	-2,14	-2,33	-2,28	-2,33	-2,33

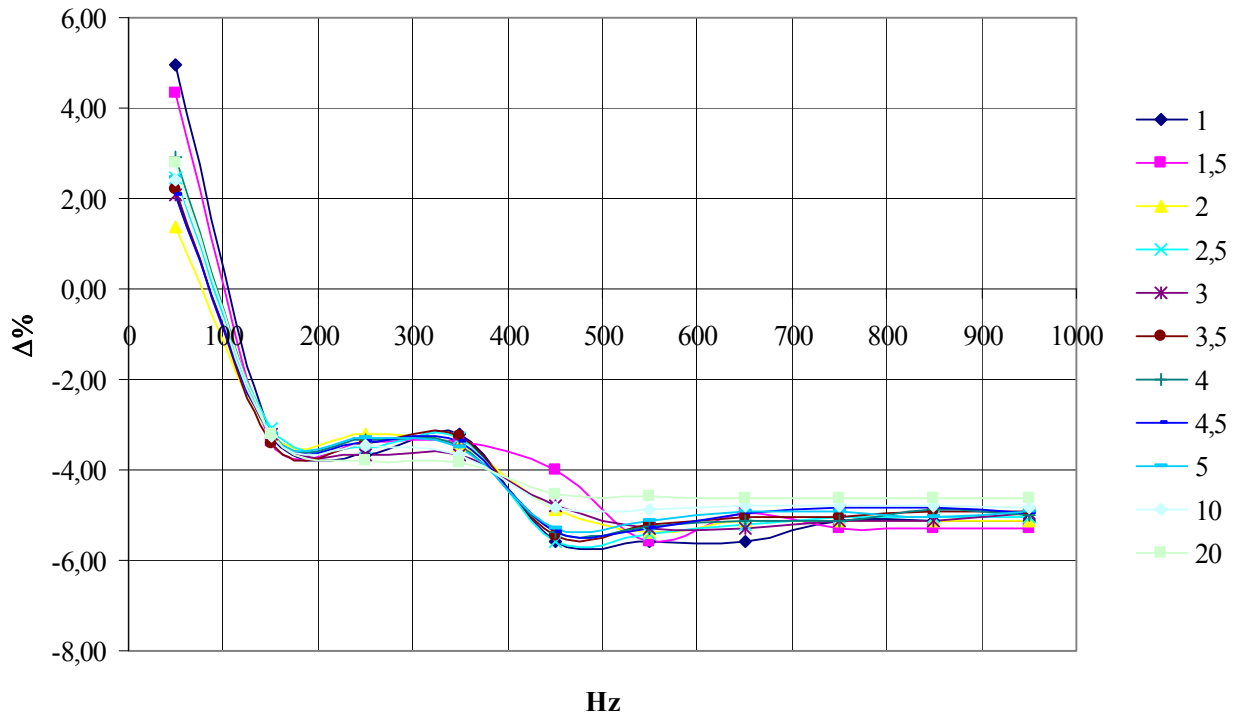


5.5 pav. TZLM transformatoriaus su USZ 2/2 rele paklaidų kitimo grafikas

5.10 lentelė

Transformatoriaus ALCE KA-100/08 santykinės paklaidos su USZ 2/2 rele

Srovė A	Pirminės srovės dažnis ,Hz									
	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950
	Santykinė matavimo paklaida %									
1	4,96	-3,20	-3,68	-3,20	-5,60	-5,60	-5,60	-5,12	-5,12	-5,12
1,5	4,32	-3,36	-3,36	-3,36	-4,00	-5,60	-4,96	-5,28	-5,28	-5,28
2	1,36	-3,20	-3,20	-3,44	-4,88	-5,36	-5,12	-5,12	-5,12	-5,12
2,5	2,46	-3,10	-3,49	-3,30	-5,60	-5,41	-5,22	-5,02	-5,02	-5,02
3	2,08	-3,20	-3,68	-3,68	-4,80	-5,28	-5,28	-5,12	-5,12	-4,96
3,5	2,22	-3,41	-3,41	-3,27	-5,46	-5,19	-5,05	-5,05	-4,91	-4,91
4	2,92	-3,20	-3,32	-3,44	-5,36	-5,24	-5,12	-5,12	-4,88	-5,00
4,5	2,08	-3,25	-3,36	-3,36	-5,39	-5,28	-4,96	-4,85	-4,85	-4,96
5	2,46	-3,20	-3,30	-3,49	-5,31	-5,12	-4,93	-4,93	-5,02	-4,93
10	2,42	-3,25	-3,44	-3,68	-4,83	-4,88	-4,78	-4,78	-4,78	-4,83
20	2,80	-3,22	-3,80	-3,85	-4,54	-4,57	-4,64	-4,64	-4,64	-4,62
50	2,56	-3,20	-3,87	-3,97	-4,45	-4,45	-4,54	-4,54	-4,54	-4,64



5.6 pav. KA-100/08 ALCE transformatoriaus su USZ 2/2 rele paklaidų kitimo grafikas

5.3 Išvados

1. Iš bandymo rezultatų matosi, kad prijungus antrinėje srovės transformatoriaus grandinėje RT-40 relę paklaidos gana didelės ir didėja didėjant dažniui
2. Atlikus bandymą su USZ 2/2 rėle pastebėta, kad paklaidų kitimo kreivė turi šuolišką pobūdį ir yra charakteringa su skirtingais srovės transformatoriais.
3. Projektuojant relinės apsaugos įrenginius būtina atkreipti dėmesį į matavimo elementus.

IŠVADOS

Išanalizavus eksperimento ir literatūroje pateiktus duomenis galima būtų teigti, kad universalios relinės apsaugos nuo įžemėjimo pažaidos dar nėra sukurta. Yra sunku pasirinkti iš gausybės sukurtų ir siūlomų relinės apsaugos įrenginių, tuo labiau kad gamintojų yra slepiami algoritmai pagal kuriuos veikia relinės apsaugos nuo įžemėjimo įrenginiai. Įrangos tiekėjai yra suinteresuoti parduoti kuo daugiau savo siūlomos įrangos, todėl visi trūkumai atsiskleidžia eksploatacijos metu.

Atlikta srovės transformatorių paklaidų analizė parodė, kad naudojant harmonikų filtrus būtina atkreipti dėmesį į paklaidų pasikeitimą prie tam tikrų dažnių.

Įžemėjo apsaugos selektyvumui padidinti turėtų įtakos 6 - 35 kV izoliuotosios ir kompensuotosios neutralės tinklą perversi į kombinuotai įžemintą, tai yra neutralųjį tašką įžeminti induktyviają varžą, o įžemėjimo pažaidai nustatyti laikinai prijungiant aktyviają varžą. Laikinais atsirandanti aktyvioji srovės dedamoji jau nebeprisiklauso nuo linijos talpuminių srovių, kuri savo ruožtu labai prisiklauso nuo elektros tinklo konfigūracijos, o kaip žinoma ši konfigūracija gali keistis kelis kartus per parą, ką jau kalbėti apie ilgesnį laiko tarpą. Iš aktyviosios srovės dedamosios daug lengviau nustatoma pažeista linija, nes ši srovė prateka tik per pažeistą kontūrą.

Reikia sukurti norminius dokumentus kurie reglamentuotų kombinuotai įžemintos neutralės elektros tinklo darbo režimą. Tai palengvintu darbą ruošiant naujus projektus ir rekonstruojant senas transformatorių pastotes.

Labai aktuali problema yra įžemėjimo pažaidos nustatų skaičiavimo metodikos nebuvimas. Reikia sukurti norminius dokumentus kurie aprėptų visus galimus elektros tinklo režimus, ir taip palengvintu projektavimo ir eksploataavimo darbus. Nes esant dabartinei situacijai problema vis gylėja ir gali atsitikti taip, kad bus sudarkytas elektros tinklas. Apibendrinami šiuos pastebėjimus galime suformuluoti tokias viso darbo išvadas:

1. Atrankamos atžvilgiu labiausiai pažeidžiamas yra tinklo režimas su izoliuotąja neutrale.
2. Kombinuotai įžemintos neutralės tinkle atrankamo padidinimui yra palankiausias sąlygos.
3. Norint pasiekti aukštą atrankamo lygį nepakanka kontroliuoti vieną elektros tinklo parametą.
4. Naudoti tris srovės transformatorius išpildant relinės apsaugos nuo trumpųjų jungimų schemas.
5. Naudoti relinėse apsaugose algoritmus kurie fiksuotu trumpalaikius įžemėjimus ir per trumpą laiko tarpą įvykus keletui kartų iš eilės jų laiką sumuoti.

6. Projektuojant relinės apsaugos įrenginius nuo įžemėjimo atkreipti dėmesį į tai, kad įžemėjimo pažaidos metu nulinės sekos srovėje atsiranda visas spektras dažnių nuo 0 iki 1200 Hz
7. Iš bandymo rezultatų matosi, kad prijungus antrinėje srovės transformatoriaus grandinėje RT-40 relę paklaidos gana didelės ir didėja didėjant dažniui
8. Atlikus bandymą su USZ 2/2 rėle pastebėta, kad paklaidų kitimo kreivė turi šuolišką pobūdį ir yra charakteringa su skirtingais srovės transformatoriais.
9. Projektuojant relinės apsaugos įrenginius būtina atkreipti dėmesį į matavimo elementus.
10. Sukurti nustatų skaičiavimo metodika, kuri leistu priimti vieningus sprendimus šioje srityje.
11. Norminiais dokumentais įteisinti kombinuotos neutralės elektros tinklo darbo režimą.

LITERATŪRA

1. ШАБАД М. А. Расчёты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. Санкт - Петербург.: Политехника - сервис 2005 247 p.
2. Elektros įrenginių įrengimo taisyklės. Vilnius 2007 514 p. ISBN 978-9986-858-32-4
3. Шалин А. ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ 6–35 кВ. НАПРАВЛЕННЫЕ ЗАЩИТЫ. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ. Из "Новости ЭлектроТехники" 2005 06 [peržiūrėta 2006.11.12] prieiga per internetą <<http://www.news.elteh.ru/arh/2005/36/>>
4. <http://www.SIPROTEC.com>
5. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДУГОГАСЯЩИХ РЕАКТОРОВ" из "Новости ЭлектроТехники" 2005 06 [peržiūrėta 2006.10.12] prieiga per internetą <<http://www.news.elteh.ru/arh/2005/23/>>
6. Титенков С. 4 режима заземления нейтрали в сетях 6-35 кВ. Изолированную нейтраль объявим вне закона“ из "Новости ЭлектроТехники" 2003 10 [peržiūrėta 2006.11.12] prieiga per internetą <<http://news.elteh.ru/arh/2003/23/05.php>>
7. Elektrinių ir elektros tinklų eksploataavimo taisyklės/K. Drėgūnas, R. Indrašius, V. Jeneliūnas. Vilnius , 2002. 216p. ISBN 9986-14-3
8. Михайлов В.В. "Надежность электроснабжения промышленных предприятий." М. Энергоатомиздат, 1982, 150 стр
9. Omicron CMS 256 hardware MANUAL, 2004. 114p.
10. Виктор Глушко БЕЛОРУССКИЕ СЕТИ 6–35 КВ ПЕРЕХОДЯТ НА РЕЖИМ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ ЧЕРЕЗ РЕЗИСТОР из "Новости ЭлектроТехники" 2003 10 [peržiūrėta 2006.11.15] доступ в Интернете <<http://news.elteh.ru/arh/2003/23/05.php>>
11. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок/ Щуцкий В.И., Жидков В.О., Ильин Ю.Н. М.Энергоатомиздат, 1986. 152 p.
12. Seppo Hanninen Single Phase Earth Faults in High Impedance Grounded Networks Из VTT [interaktyvus]. 2001 [žiūrėta 2007.01.07] prieiga per internetą <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2001/P453.pdf>
13. Шалин А. ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ 6–35 КВ Влияние электрической дуги на направленные защиты. Из "Новости ЭлектроТехники" 2006 01 [peržiūrėta 2006.11.12] prieiga per internetą <<http://www.news.elteh.ru/arh/2006/37/06.php>>

PRIEDAI

1 PRIEDAS

Bandymo įrangos „Omicron“ CMC 256 – 6 techniniai duomenys

1 lentelė

„Omicron“ CMC 256 – 6 maitinimas

Nominali įtampa	110 – 240 V
Leistinos įtampos ribos	99 ... 264 V
Galios saugiklis	T 10 AH 250 V
Naudojama galia	1200 VA prie 115 V 1600 VA prie 230 V
Nominalus dažnis	50 – 60 Hz
Leistinos dažnio ribos	45 ... 65 Hz

Bandymo stendo išėjimų galia priklauso nuo įėjimo įtampos. Jeigu įėjimo įtampa mažesnė nei 150 V, tai prarandama galimybė išėjime gauti vienu laiku VOLTAGE OUTPUT (įtampiniai išėjimai), CURRENT OUTPUT (sroviniai išėjimai), AUX DC (nuolatinės įtampos išėjimas) [9].

2 lentelė

„Omicron“ CMC 256 – 6 išėjimai

Dažnio ribos	10 ... 1000 Hz	
Sinusiniai signalai	0 ... 3,1 kHz	
Pereinamieji signalai	± 5 μHz	
Dažnio leistina paklaida	± 0,5 impulsas/min.	
Dažnio tikslus nustatymas	±1 impulsas/min.	
Dažnio išėjimas	Nuo -360° iki +360°	
Fazės reguliavimo kampas	Tipinė 0,02°	Garantinė <0,1
Fazės kampo paklaida		

Sroviniai ir įtampiniai išėjimai yra nepriklausomi, ir jie gali būti nustatyti kintamiems amplitudės, fazės kampo ir dažnio dydžiams [9].

3 lentelė

„Omicron“ CMC 256 – 6 sroviniai išėjimai A (CURRENT OUTPUT A)

Srovė	
3 fazių (L-N)	3×0...12,5 A
1 fazių (L-N)	1×0...37,5 A
Galios	
3 fazių (L-N)	3×70 W kai 7,5 A
1 fazių (L-N)	1×140 W kai 7,5 A
1 fazių (L-N)	1×210 W kai 22,5 A
Tikslumas	Paklaida <0,1%
Netiesiniai iškraipymai	<0,07%

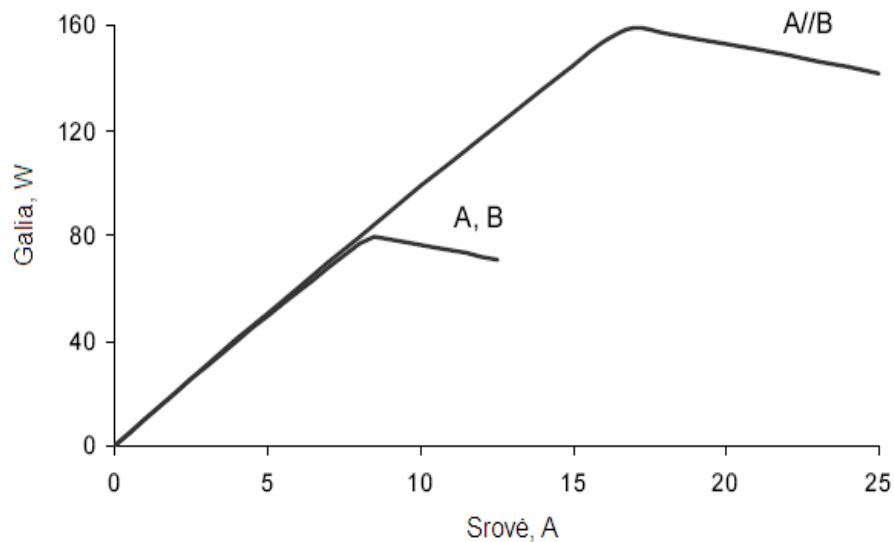
1 PRIEDO TĘSINYS

Sroviniai išėjimai B (CURRENT OUTPUT B). Techniniai duomenis sutampa su srovinais išėjimais A.

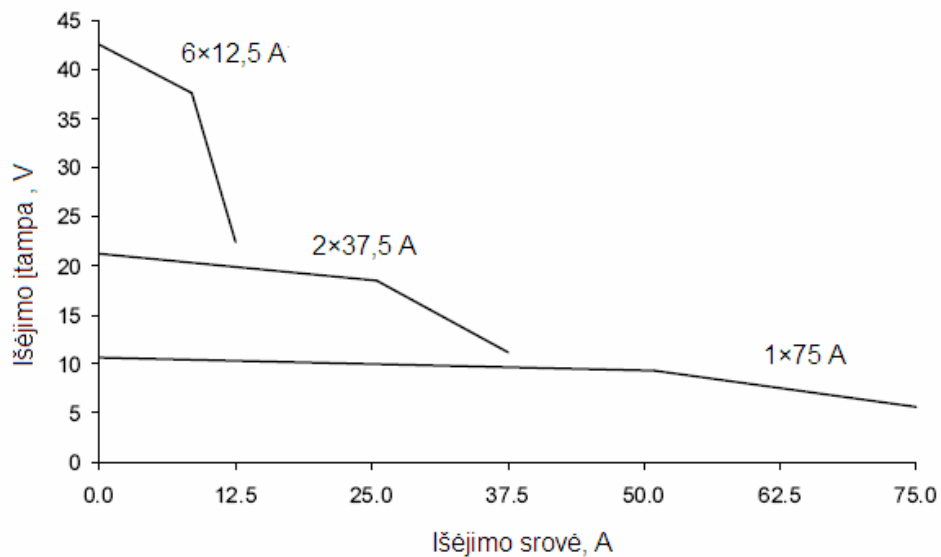
4 lentelė

„Omicron“ CMC 256 – 6 lygiagrečiai sujungtų srovinių išėjimų A ir B techniniai duomenis

Srovė	
3 fazių (L-N)	3×0...25 A
1 fazių (L-N)	1×0...75 A
Galia	
3 fazių (L-N)	3×140 W kai 15 A
1 fazių (L-N)	1×420 W kai 45 A
Tikslumas	Paklaida <0,1%
Netiesiniai iškraipymai	<0,07%



1 pav. Lygiagrečiai sujungtų srovinių išėjimų A ir B galios priklausomybė nuo srovės

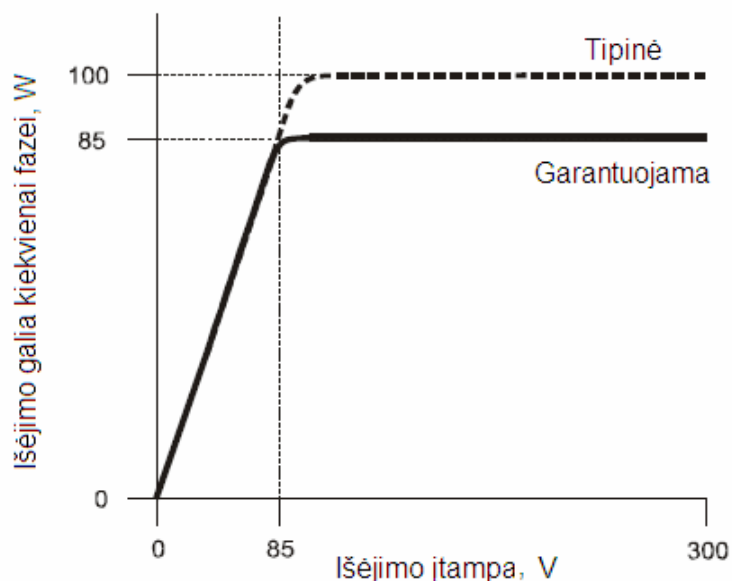


2 pav. Lygiagrečiai sujungtų srovinių išėjimų A ir B įtampos priklausomybė nuo srovės

Įtampiniai išėjimai (VOLTAGE OUTPUT)

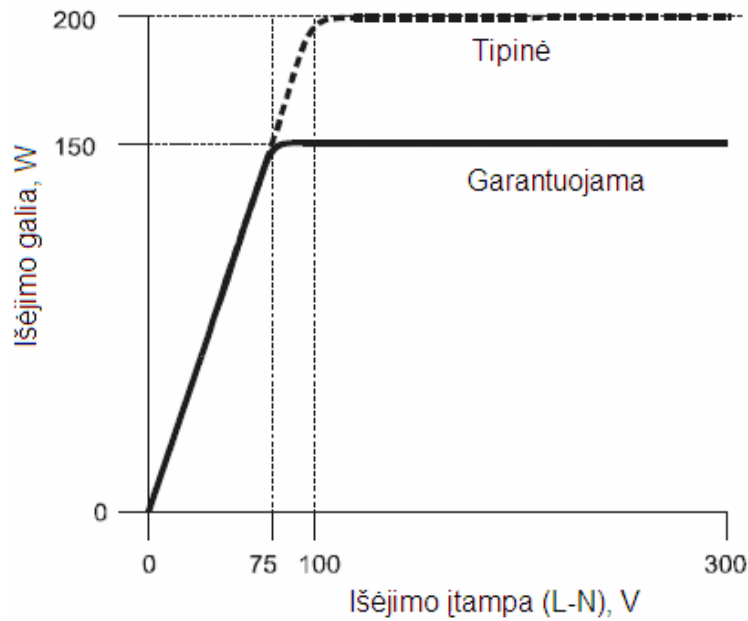
4 įtampiniai išėjimai	
Išėjimo įtampa 4 fazių išėjimai 1 fazės išėjimas	4×0...300 V. 1×0...600 V.
Išėjimo galia 3 fazių 1 fazės (L-N) 1 fazės (L-L)	3×85 W prie 85...300 V 1×150 W prie 75...300 V 1×200 W prie 200...600 V
Tikslumas	Paklaida < 0,1%
Netiesiniai iškraipymai	< 0,05%
Leistinas nuokrypis	5 mV iki 150 V 10 mV iki 300 V

3 paveiksle pavaizduotas išėjimo galios priklausomybė nuo išėjimo įtampos, naudojant trijų fazių jungimo schemą [9].

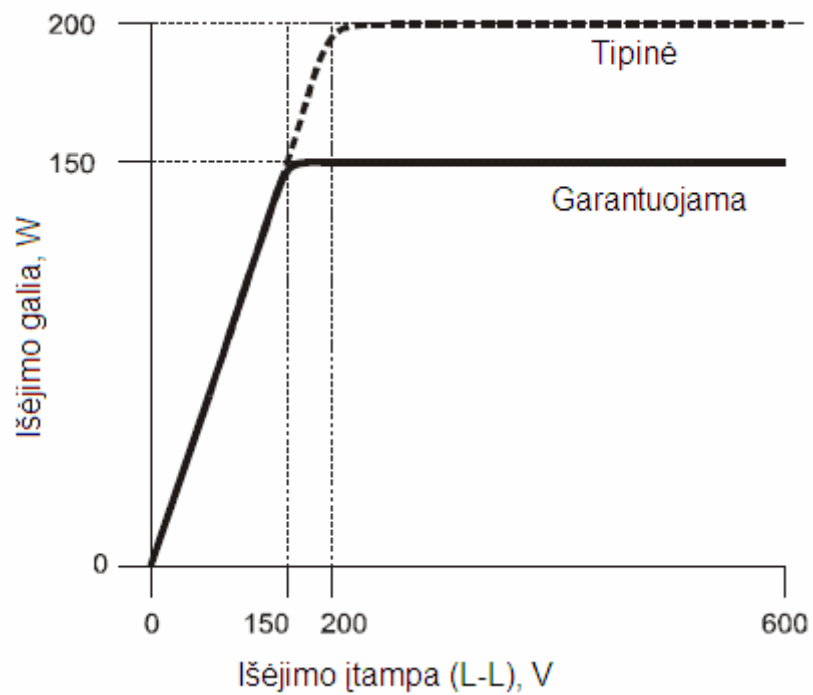


3 pav. Išėjimo galios priklausomybė nuo įtampos, naudojant trijų fazių jungimo schemą.

4 ir 5 paveiksluose pavaizduota išėjimo galios priklausomybė nuo išėjimo įtampos, naudojant vienfazę jungimo schemą [9].



4 pav. Išėjimo galios priklausomybė nuo išėjimo įtampos, naudojant vienfazę jungimo schemą(L-N)



5 pav. Išėjimo galios priklausomybė nuo išėjimo įtampos, naudojant vienfazę jungimo schemą(L-L)

Loginiai išėjimai (BINARY OUTPUT)

Tipas	Kontaktas be įtampos, valdomas su programa
Apkrovimas kintama srove	$V_{\max}=300\text{ V}$, $I_{\max}=8\text{ A}$, $P_{\max}=2000\text{ W}$.
Apkrovimas nuolatine srove	$V_{\max}=300\text{ V}$, $I_{\max}=8\text{ A}$, $P_{\max}=50\text{ W}$.
Komutuojama srovė	15 A ($t_{\max}=4\text{ s}$)
Tarnavimo laikas	100000 ciklų prie 230 V ir 8 A bei aktyvios apkrovos.
Suveikimo laikas	Apie 6 ms
Atjungimo laikas	Apie 3 ms
Virpesio laikas	Apie 0,5 ms

Nuolatinės srovės šaltinis (AUX DC)

Įtampos diapazonas	0 ... 66 V ($I_{\max}\ 0,8\text{ A}$) 0 ... 132 V ($I_{\max}\ 0,4\text{ A}$) 0 ... 264 V ($I_{\max}\ 0,8\text{ A}$)
Galia	Max 50 W
Tikslumas	Paklaida: < 5 %
Reguliavimo galimybės	< 70 V

Loginiai ir analoginiai įėjimai (Binary/Analog Inputs)

Loginių įėjimų kiekis	10
Suveikimas	Be įtampos arba su nuolatine įtampos pasikeitimu
Užlaikymo laikas	$t_{\max} - 220\ \mu\text{s}$
Lestina laiko nuokrypa	100 μs
Skaičiavimo funkcijos	
Impulsų dažnis	3 kHz
Impulso laikas	>150 μs

Nulinės sekos transformatoriaus TZLM bandymo protokolas**Testreport****Stylesheet Version:** 1.09 (06-03-30)**Test Device:** CT-Analyzer**Serial Number:** CD305W**Software Version:** 1.07 (06-02-14 15:25)**Hardware Version:** 01/00/05/04/00**Status Info:** Test successful**Test Definition:****Primary Current I-pn:** 125.00A**Secondary Current I-sn:** 5.000A**Applied Standard:** 60044-1**Core Type:** Measurement CT**Frequency:** 50Hz**Nominal Power:** 15.00VA cos φ : 0.800**Burden:** 15.00VA cos φ : 0.800**Resistance:****Status Info:** Test successful**I-DC test:** 1.000A**Results:****R-meas.:** 172.7m Ω **I-DC:** 1.006A**V-DC:** 0.174V**Temperature Compensation for Copper:****T-meas.:** 25.0°C**T-ref.:** 75.0°C**R-ref.:** 205.9m Ω **Excitation:****Status Info:** Test successful**Overload:** no**Used Standard:** 60044-1**Results with Defined Power:****Used Power:** 15.00VA cos φ : 0.800**Knee Points:****Standard V I**

IEC 60044-1 5.733V 444.0mA

IEC 60044-6 5.325V 679.1mA

ANSI 30 5.157V 357.7mA

ANSI 45 4.063V 261.6mA

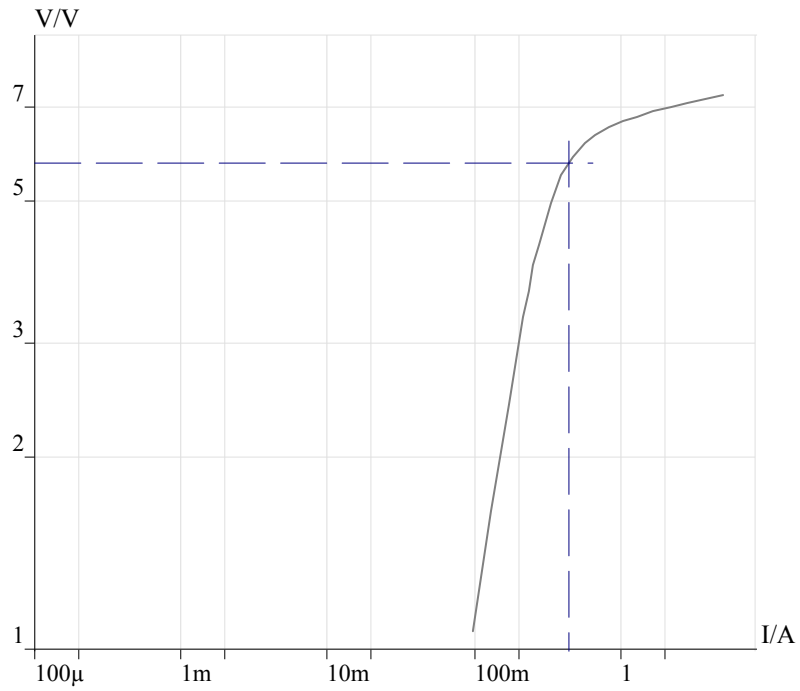
2 PRIEDO TĘSINYS

FS: 1.9
Kr: 83%
Lu: 47.4mH
Ls: 110.5 μ H
Ts: 0.073s

Results with Defined Burden:

Burden: 15.00VA $\cos \varphi$: 0.800

FS: 1.9
Ts: 0.073s



Matavimų duomenys

UCTrms	ICTrms	L
7.310V	4.971A	2.1mH
7.182V	3.728A	2.8mH
7.069V	2.816A	3.6mH
6.965V	2.149A	4.7mH
6.864V	1.659A	6.1mH
6.754V	1.296A	8.0mH
6.634V	1.026A	10.4mH
6.488V	821.7mA	13.4mH
6.308V	666.6mA	17.2mH
6.127V	559.5mA	22.0mH
5.824V	462.6mA	27.6mH
5.461V	390.7mA	34.1mH
4.966V	330.3mA	40.9mH
4.269V	272.6mA	46.4mH
3.964V	253.7mA	48.0mH
3.615V	233.3mA	48.8mH
3.288V	215.5mA	49.5mH
2.403V	169.9mA	47.1mH
1.648V	130.0mA	42.2mH
1.071V	96.92mA	35.8mH

Ratio:**Status Info:** Test successful**Results with Defined Burden:****Used Burden:** 15.00VA cos φ: 0.800**Used I-p:** 125.00A**Ratio:** 125:4.7888**Deviation:** -4.225%**ε-c:** 4.243%**N:** 25**Phase:** 13.87min**Polarity:** OK**Results with Defined Power:**

Power VA / cos φ	Current ratio error in % at % of rated current								
	1.0	5.0	10	20	50	100	120	200	
15.00 / 0.800	! -12.7	-9.24	-7.88	-6.63	-5.13	-4.22	! -4.20	! -9.15	
7.50 / 0.800	! -7.97	-5.86	-5.02	-4.26	-3.34	-2.72	-2.59	! -2.35	
3.75 / 1.000	! -2.88	! -2.56	-2.37	-2.15	-1.82	-1.57	-1.51	-1.33	
0.00 / 1.000	! -1.43	! -1.03	! -1.11	-0.99	-0.83	-0.70	-0.67	-0.57	

2 PRIEDO TĘSINYS

Power	Phase displacement in minutes at % of rated current										
	VA / cos φ	1.0	5.0	10	20	50	100	120	200		
15.00 / 0.800	!	374.34	169.20	113.44	68.72	21.85	13.87	!	11.39	!	266.16
7.50 / 0.800	!	309.81	155.31	111.64	75.97	39.88	18.01	13.95	!	16.81	
3.75 / 1.000	!	325.92	!	188.88	147.62	113.25	76.59	54.14	48.64	38.26	
0.00 / 1.000	!	212.44	!	128.90	!	98.99	77.58	53.97	39.84	36.41	28.00

Nulinės sekos transformatoriaus TZRL-U3 bandymo protokolas

Testreport

Stylesheet Version: 1.09 (06-03-30)

Test Device: CT-Analyzer

Serial Number: CD305W

Software Version: 1.07 (06-02-14 15:25)

Hardware Version: 01/00/05/04/00

Status Info: Test successful

Test Definition:

Primary Current I-pn:	150.00A
Secondary Current I-sn:	5.000A
Applied Standard:	60044-1
Core Type:	Measurement CT
Frequency:	50Hz
Nominal Power:	15.00VA cos φ : 0.800
Burden:	15.00VA cos φ : 0.800

Resistance:

Status Info: Test successful

I-DC test: 1.000A

Results:R-meas.: 78.98m Ω

I-DC: 1.008A

V-DC: 0.080V

Temperature Compensation for Copper:

T-meas.: 25.0°C

T-ref.: 75.0°C

R-ref.: 94.17m Ω

Excitation:

Status Info: Test successful

Overload: yes

Used Standard: 60044-1

Results with Defined Power:Used Power: 15.00VA cos φ : 0.800**Knee Points:**

Standard	V	I
IEC 60044-6	15.05V	7.732A
ANSI 30	13.69V	3.656A
ANSI 45	6.723V	1.529A

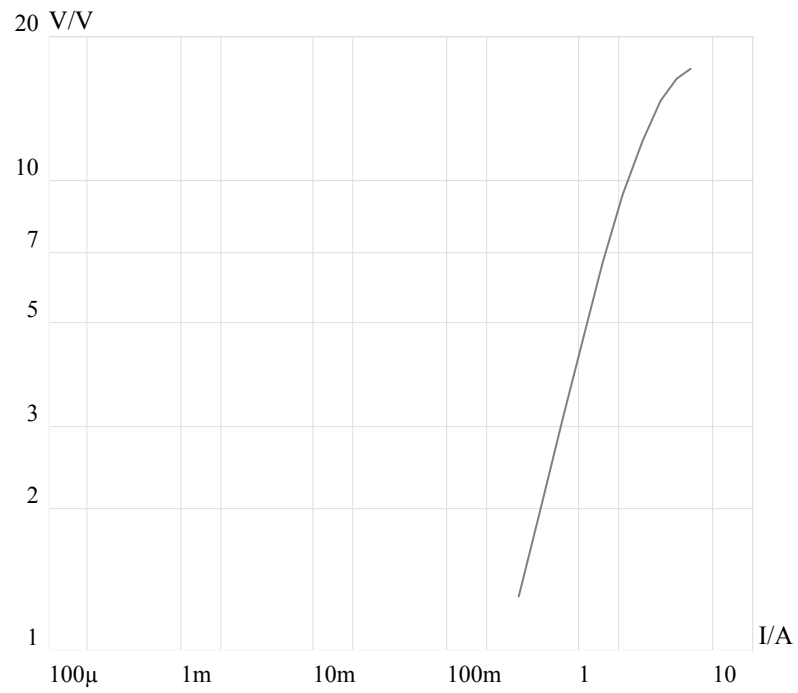
FS: n/a
Kr: 3%
Lu: 12.6mH
Ls: n/a
Ts: 0.023s

Results with Defined Burden:

Burden: 15.00VA $\cos \varphi$: 0.800

FS: n/a

Ts: 0.023s



Excitation Table:

Measured Data		
UCTrms	ICTrms	L
17.20V	6.948A	5.1mH
16.33V	5.364A	7.1mH
14.72V	4.099A	9.3mH
12.16V	3.008A	11.2mH
9.307V	2.154A	12.5mH
6.693V	1.520A	13.1mH
4.573V	1.060A	13.0mH
3.120V	754.8mA	12.5mH
2.014V	518.7mA	12.0mH
1.305V	357.3mA	11.2mH

Ratio:

Status Info: Test successful

Results with Defined Burden:

Used Burden: 15.00VA cos φ : 0.800

Used I-p: 150.00A

Ratio: 150:4.4003

Deviation: -11.99%

ε -c: 15.10%

N: 30

Phase: 336.24min

Polarity: OK

Results with Defined Power:

Power Current ratio error in % at % of rated current

VA / cos φ	1.0	5.0	10	20	50	100	120	200
15.00 / 0.800	! -19.5	-16.9	-15.7	-14.6	-13.1	-12.0	-11.7	-11.1
7.50 / 0.800	! -11.8	! -10.5	-9.69	-9.01	-8.17	-7.53	-7.36	-6.91
3.75 / 1.000	! -3.33	! -3.42	-3.47	-3.30	-3.07	-2.90	-2.85	-2.70
0.00 / 1.000	! -1.82	! -1.76	! -1.80	! -1.90	-1.85	-1.80	-1.79	-1.74

Power Phase displacement in minutes at % of rated current

VA / cos φ	1.0	5.0	10	20	50	100	120	200
15.00 / 0.800	! 651.85	488.06	445.96	410.32	365.46	336.24	330.95	327.57
7.50 / 0.800	! 447.00	! 335.76	300.68	274.26	244.32	222.20	216.97	204.40
3.75 / 1.000	! 401.80	! 318.51	284.75	258.10	229.10	208.71	203.37	189.11
0.00 / 1.000	! 162.29	! 129.99	! 117.66	! 105.65	91.91	83.85	81.87	76.59

Nulinės sekos transformatoriaus KA-100/08 ALCE bandymo protokolas

Testreport

Stylesheet Version: 1.09 (06-03-30)**Test Device:** CT-Analyzer**Serial Number:** CD305W**Software Version:** 1.07 (06-02-14 15:25)**Hardware Version:** 01/00/05/04/00**Status Info:** Test successful

Test Definition:

Primary Current I-pn: 48.00A**Secondary Current I-sn:** 1.000A**Applied Standard:** 60044-1**Core Type:** Protection CT**Class:** ?**Frequency:** 50Hz**Nominal Power:** 15.00VA cos φ : 0.800**Burden:** 15.00VA cos φ : 0.800

Assessments:

Parameter Auto Manual

ALF n/a

Class n/a

RCT n/a

Ts n/a

Kr n/a

Resistance:

Status Info: Test successful**I-DC test:** 1.000A**Results:****R-meas.:** 104.8m Ω **I-DC:** 1.010A**V-DC:** 0.106V**Temperature Compensation for Copper:****T-meas.:** 25.0°C**T-ref.:** 75.0°C**R-ref.:** 125.0m Ω

Excitation:

Status Info: Test successful**Overload:** no**Used Standard:** 60044-1**Results with Defined Power:**

Used Power: 15.00VA $\cos \varphi$: 0.800

Knee Points:		
Standard	V	I
IEC 60044-1	35.31V	278.2mA
IEC 60044-6	33.29V	439.2mA
ANSI 30	33.16V	242.3mA
ANSI 45	27.21V	188.4mA

ALF: n/a

Kr: 76%

Lu: 411.0mH

Ls: 1.0mH

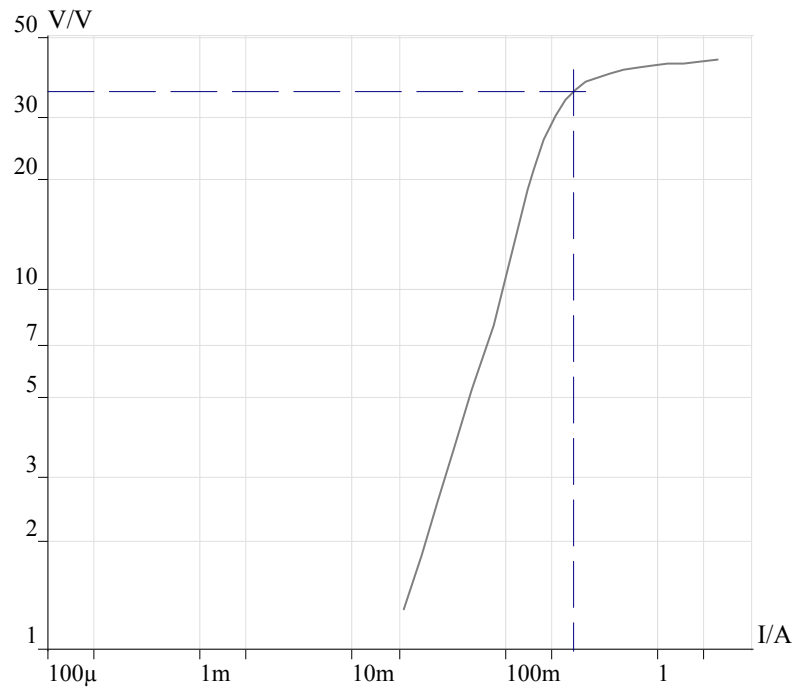
Ts: 0.034s

Results with Defined Burden:

Burden: 15.00VA $\cos \varphi$: 0.800

ALF: n/a

Ts: 0.034s



Excitation Table:

Measured Data		
UCTrms	ICTrms	L
43.08V	2.411A	24.3mH
42.72V	1.880A	31.3mH
42.34V	1.465A	40.2mH
41.93V	1.150A	51.8mH
41.47V	911.5mA	66.5mH
40.94V	730.2mA	85.3mH
40.31V	589.6mA	109.1mH
39.60V	483.9mA	139.3mH
38.64V	401.6mA	176.6mH
37.46V	337.4mA	222.3mH
35.83V	287.9mA	276.1mH
33.57V	247.6mA	335.9mH
30.33V	211.9mA	394.2mH
26.02V	180.0mA	439.1mH
23.93V	168.0mA	448.0mH
21.43V	154.6mA	445.1mH
18.80V	141.5mA	433.1mH
12.48V	109.5mA	370.8mH
7.937V	82.61mA	304.1mH
5.300V	60.49mA	291.9mH
3.610V	45.73mA	259.5mH
2.569V	35.88mA	236.8mH
1.828V	27.86mA	216.0mH
1.291V	21.68mA	195.5mH

Ratio:

Status Info: Test successful**Results with Defined Burden:****Used Burden:** 15.00VA cos φ : 0.800**Used I-p:** 48.00A**Ratio:** 48:0.8834**Deviation:** -11.66% **ϵ -c:** 11.68%**N:** 48**Phase:** 18.82min**Polarity:** OK

4 PRIEDO TĘSINYS

Results with Defined Power:

Power	Current ratio error in % at % of rated current												
VA / cos φ	1.0	5.0	10	20	50	100	120	200					
15.00 / 0.800	-39.3	-24.3	-20.7	-17.8	-14.5	-11.7	-11.0	!	-9.72				
7.50 / 0.800	!	-26.8	-16.4	-13.4	-11.2	-9.13	-7.63	-7.22	-6.08				
3.75 / 1.000	!	-9.28	-6.74	-5.53	-4.60	-3.74	-3.27	-3.17	-2.88				
0.00 / 1.000	!	-0.54	!	-0.32	!	-0.26	!	-0.23	!	-0.21	-0.21	-0.20	-0.17

Power	Phase displacement in minutes at % of rated current												
VA / cos φ	1.0	5.0	10	20	50	100	120	200					
15.00 / 0.800	661.42	271.72	207.25	159.51	86.69	18.82	-0.49	!	-14.45				
7.50 / 0.800	!	556.24	207.85	149.41	112.76	77.14	44.02	34.58	7.35				
3.75 / 1.000	!	729.31	360.51	271.20	210.88	159.40	130.56	122.55	98.88				
0.00 / 1.000	!	72.18	!	41.92	!	33.09	!	26.02	!	18.63	13.89	12.65	9.83