

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

Nerijus MUSULAS

RELINIŲ APSAUGŲ PATIKROS METODAI IR EKSPLOATACINIŲ  
PARAMETRŲ TYRIMAS

Magistro darbas

**Vadovas**

doc. dr. Z.Turauskas

ŠIAULIAI, 2007

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

**TVIRTINU**

Katedros vedėjas

doc. dr. T.Šimkevičius

2007-06-

RELINIŲ APSAUGŲ PATIKROS METODAI IR EKSPLOATACINIŲ  
PARAMETRŲ TYRIMAS

Magistro darbas

**Recenzentas**

ŠU Technologijos fakulteto

Elektros inžinerijos katedros

asist. N.Šulčius

2007-06-

**Vadovas**

doc.dr.Z.Turauskas

2007-06-

**Atliko**

EM-5 gr. stud.

N. Musulas

2007-06-04

ŠIAULIAI, 2007

## TURINYS

<b>TURINYS</b> .....	<b>3</b>
<b>LENTELIŲ SĄRAŠAS</b> .....	<b>4</b>
<b>ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS</b> .....	<b>5</b>
<b>ĮVADAS</b> .....	<b>6</b>
<b>1. MAGISTRO DARBE VARTOJAMOS SĄVOKOS IR SANTRUMPOS</b> .....	<b>8</b>
<b>2. RELINEI APSAUGAI IR AUTOMATIKAI KELAMI REIKALAVIMAI</b> .....	<b>11</b>
2.1 RAA BENDRIEJI REIKALAVIMAI .....	11
2.2 LINIJŲ APSAUGOMS KELIAMI REIKALAVIMAI .....	13
<b>3. RELINIŲ APSAUGŲ PATIKROS METODAI</b> .....	<b>14</b>
3.1 ĮRENGINIŲ TECHNOLOGINIS DERINIMAS .....	14
3.2 TECHNOLOGINĖ PRIEŽIŪRA IR REMONTAS .....	16
3.3 RAA ĮRENGINIŲ GEDIMAI IR DEFEKTAI .....	18
3.4 ELEKTROMECHANINIŲ IR MIKROELEKTRONIKOS RELINIŲ ĮRENGINIŲ TECHNINĖS PRIEŽIŪROS DARBŲ BENDROJI PROGRAMA .....	18
3.5 MIKROPROCESORINIŲ RELINIŲ ĮRENGINIŲ TECHNINĖS PRIEŽIŪROS DARBŲ BENDROJI PROGRAMA .....	20
3.6 NAUDOJAMI BANDYMO STENDAI .....	25
3.6.1 „Omicron“ CMC 256 – 6 techniniai duomenis .....	25
3.6.2 Bandymo stendas „Omicron CPC 100“ su srovės stiprintuvu „CP CB2“ .....	31
3.7 MATAVIMŲ PAKLAIDOS BEI GAUTŲ DUOMENŲ STATISTINIS APDOROJIMAS .....	34
3.7.1 Matavimų paklaidų klasifikavimas .....	34
3.7.2 Sisteminės paklaidos .....	35
3.7.3 Atsitiktinės paklaidos .....	36
3.7.4 Absoliutinės paklaidos .....	37
3.7.5 Statistinis duomenų apdorojimas .....	37
3.8 ELEKTROMECHANINIŲ RELIŲ BANDYMŲ SCHEMOS .....	38
3.9 MIKROPROCESORINIŲ RELIŲ BANDYMŲ SCHEMOS .....	45
<b>4. EKSPLOTACINIŲ PARAMETRŲ TYRIMAS</b> .....	<b>52</b>
4.1 ELEKTROMECHANINIŲ RELIŲ BANDYMAI 10 kV SKIRSTYKLOJE .....	52
4.2 MIKROPROCESORINIŲ RELIŲ BANDYMAI 10 kV SKIRSTYKLOJE .....	60
<b>IŠVADOS</b> .....	<b>77</b>
<b>LITERATŪRA</b> .....	<b>79</b>
<b>PRIEDAI</b> .....	<b>80</b>
<b>„OMICRON“ FIRMOS BANDYMO STENDAI</b> .....	<b>81</b>
<b>„SIEMENS“ FIRMOS MIKROPROCESORINĖS RELĖS</b> .....	<b>82</b>
<b>APSAUGOS NUO ELEKTROS LANKO SISTEMA</b> .....	<b>83</b>

**LENTELIŲ SĄRAŠAS**

3.1 Relinės apsaugos ir automatikos įrenginių planinės techninės priežiūros periodiškumas .....	18
3.2 Leistini relinės apsaugos ir automatikos parametru nuokrypiai .....	24
3.3 „Omicron“ cmc 256 – 6 maitinimas.....	25
3.4 „Omicron“ cmc 256 – 6 išėjimai.....	25
3.5 „Omicron“ cmc 256 – 6 sroviniai išėjimai a (current output a) .....	26
3.6 „Omicron“ cmc 256 – 6 lygiagrečiai sujungtu srovinu išėjimu a ir b techniniai duomenis .....	26
3.7 Įtampiniai išėjimai (voltage output) .....	28
3.8 Loginiai išėjimai (binary output).....	30
3.9 Nuolatinės srovės šaltinis (aux dc) .....	30
3.10 Loginiai ir analoginiai įėjimai (binary/analog inputs) .....	30
3.11 Įtampos matavimai .....	31
3.12 Bandymo stendo „omicron cpc 100“ sroviniai išėjimai .....	32
3.13 Bandymo stendo „omicron cpc 100“ įtampiniai išėjimai .....	32
3.14 Bandymo stendo „omicron cpc 100“ vidiniu matavimu išėjimu paklaidos .....	33
3.15 Bandymo stendo „omicron cpc 100“ įėjimu matavimu paklaidos .....	33
3.16 Bandymo stendo „omicron cpc 100“ varžos matavimai (nuolatinė srove).....	34
4.1 Elektromechaniniu reliu bandymu duomenys.....	53
4.2 Elektromechaniniu reliu bandymu nuokrypiai .....	54
4.3 Maksimalios srovės apsaugu bandymu rezultatai .....	61
4.4 Maksimalios srovės apsaugos bandymu poslinkio bei sklaidos charakteristikos.....	67
4.5 Maksimalios srovės apsaugos pagreitinimo bandymu rezultatai.....	69
4.6 Jungtuvo rezervavimo įrenginio bandymu rezultatai .....	71
4.7 Lanko apsaugos bandymu rezultatai .....	72
4.8 ADN, DAKI bandymu duomenys .....	73
4.9 Mikroprocesoriniu reliu laiko nuokrypu pagrindinės poslinkio bei sklaidos charakteristikos .....	75
4.10 Elektromechaniniu reliu poveikio nuokrypu pagrindinės poslinkio bei sklaidos charakteristikos .....	76

**ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS**

3.1 pav. Lygiagrečiai sujungtų srovinių išėjimų a ir b galios priklausomybė nuo srovės .....	27
3.2 pav. Lygiagrečiai sujungtų srovinių išėjimų a ir b įtampos priklausomybė nuo srovės .....	27
3.3 pav. Išėjimo galios priklausomybė nuo įtampos, naudojant trijų fazių jungimo schemą. ....	28
3.4 pav. Išėjimo galios priklausomybė nuo išėjimo įtampos, naudojant vienfazę jungimo schemą(1-n) .....	29
3.5 pav. Išėjimo galios priklausomybė nuo išėjimo įtampos, naudojant vienfazę jungimo schemą(1-l).....	29
3.6 pav. Voltamperinės charakteristikos bandymo schema .....	39
3.7 pav. Maksimalios srovės apsaugos suveikimas pagal srovę bandymo schema .....	40
3.8 pav. Maksimalios srovės apsaugos suveikimo laiko bandymo schema.....	42
3.9 pav. Įžemėjimo apsaugų bandymo schema .....	43
3.10 pav. Pereinamosios varžos matavimo schema.....	44
3.11 pav. Mikroprocesorinių relių srovinių dalių jungimo schema.....	45
3.12 pav. Maksimalios srovės apsaugos bandymo jungimo schema .....	46
3.13 pav. Maksimalios srovės apsaugos pagreitinimo bandymo jungimo schema.....	48
3.14 pav. Jungtuvo rezervavimo įtaiso bandymo jungimo schema.....	49
3.15 pav. Lanko apsaugos bandymo jungimo schema .....	50
3.16 pav. ADN,DAKĮ bandymo jungimo schema .....	51
4.1 pav. MSA – A fazės srovės nuokrypos .....	55
4.2 pav. MSA – C fazės srovės nuokrypos .....	55
4.3 pav. Srovės nuokrypų histograma .....	56
4.4 pav. MSA laiko nuokrypos.....	57
4.6 pav. Įžemėjimo apsaugų bandymo grafikas .....	58
4.7pav. Pereinamųjų varžų matavimai.....	59
4.8 pav. MSA charakteristikos .....	60
4.9 pav. Maksimalios srovės apsaugos suveikimo paklaidos.....	67
4.10 pav. Maksimalios srovės apsaugos bandymų rezultatų histograma.....	68
4.11 pav. Maksimalios srovės apsaugos pagreitinimo bandymo diagrama .....	69
4.12 pav. Mp bandymų nuokrypos .....	70
4.13 pav. Jungtuvo rezervavimo įrenginio bandymų diagrama .....	70
4.14 pav. Jungtuvo rezervavimo įrenginio bandymų nuokrypos.....	71
4.15 pav. Lanko apsaugos bandymo diagrama .....	72
4.16 pav. Lanko apsaugos laiko nuokrypos .....	73
4.17 pav. ADN, DAKĮ bandymų diagrama.....	73
4.18 pav. ADN, DAKĮ į bandymų nuokrypos. ....	74
4.19 pav. ADN, DAKĮ, LA, JRI, Mp bandymų laiko nuokrypų histograma .....	75

## IVADAS

Didžiausia elektros energijos dalis pasiekia vartotojus per vidutinės įtampos elektros tinklus, kurių apsaugai naudojami relinės apsaugos ir automatikos (toliau RAA) įrenginiai. Nors RAA įrenginiai bei jų bandymai gali būti įvairūs, tačiau yra bendri principai bei sprendimai, kurie taikomi daugumoje apsaugų bandymams.

RAA įrenginių bandymai – tai daug sudėtingesnė procedūra nei duomenų skaitymas iš prietaiso displėjaus. Reikalingi pasiruošimai, išankstinės žinios apie bandomas reles ir bandymo tikslą. Visą bandymo procesą lemia bandymo modelio kokybė. Svarbu yra tai, kad modeliuojant pasireiškia subjektyvus faktorius, t.y. bandymo kokybė labai priklauso nuo asmens kuriančio procedūrą, kvalifikacijos ir patyrimo. Reikia turėti apibrėžtą bandymo modelį, informacijos surinkimo metodus, gautų rezultatų apdorojimą, o taip pat reikia parinkti bandymo prietaisus.

Kad objektas yra patikimas, suprantama iš to, kad po tam tikro eksploataavimo laiko objekto charakteristikos atitinka specifikacijas. Jeigu po tam tikro eksploataavimo laiko objektas sugedo, tai jis yra nepatikimas. Nepatikimumas, arba gendamumas, yra apibrėžiamas kaip tikimybė, kad objekto charakteristikos po tam tikro laiko neatitiks specifikacijų. Technikos objekto patikimumas  $P(t)$  ir gendamumas  $Q(t)$  gali būti vertinami tik tai tuo atveju, jei jis eksploatuojamas griežtai laikantis nustatytų sąlygų: darbo režimų, aplinkos sąlygų, žaliavų ir kuro kokybės, techninės priežiūros plano ir t. t. Mažo patikimumo pasekmė yra dažni gedimas. Gedimų priežastys būna įvairios: klaidos konstrukciniuose brėžiniuose, nepakankamas pagaminimo tikslumas, nekokybiškas surinkimas, detalių dilimas, metalo nuovargis, detalių korozija ir kt. Patikimumas ir gendamumas laikui bėgant kinta. Eksploatuojamo gaminio (įrenginio) patikimumas mažėja nuo vieneto (naujo gaminio patikimumas) iki nulio (susidėvėjusio gaminio patikimumas). Esamų RAA įrenginių darbinis stovis palaikomas keičiant sugedusius bei susidėvėjusius jų komponentus, kas sudaro galimybes pratęsti jų eksploataciją dar santykinai ilgam laikui.

Dauguma sistemų ypač mechaninių, yra remontuojamos, išskyrus atvejus, kai jos dirba aplinkoje, kur sunkus priėjimas arba kai ekonomiškai apsimoka sistemą pakeisti negu ją remontuoti.

Yra dvi remonto rūšys, iš kurių naudojamos prireikus viena arba abi. Viena iš jų yra planiniai (prevenciniai) remontai (arba profilaktinė priežiūra), kurių metu atliekami planiniai remontai, taip pat paregulavimas. Šie remontai atliekami periodiškai, gedimams dar neįvykus. Kita – tai atstatomasis (koreguojantysis) remontas, kuris atliekamas įvykus gedimui. Jo tikslas – kaip galima greičiau sugrąžinti sistemai darbingumą [5].

Magistrinio darbo pagrindinis **tikslas** – ištirti relinių apsaugų patikros metodus bei eksploatacinius parametrus.

Šio magistrinio darbo pagrindiniai **uždaviniai**:

1. Išanalizuoti relinių apsaugų patikros metodus;
2. Apžvelgti naudotus bandymo standus;
3. Atlikti bandymus 10 kv skirstyklose;
4. Išanalizuoti atliktų bandymų gautus duomenis;
5. Palyginti mikroprocesorinių relių eksploatacinius parametrus su elektromechaninėmis relėmis.

Tyrimo **objektas** – elektromagnetinių ir mikroprocesorinių relių eksploataciniai parametrai.

Tyrimo **dalykas** – relinių apsaugų patikros metodai ir eksploatacinių parametru tyrimas.

Magistrinio darbo tyrimo **metodai**:

1. Mokslinės literatūros analizė;
2. Bandymai 10 kV skirstykloje;
3. Statistinių duomenų grafinis modeliavimas.

**Metodologija.**

Tyrimas buvo atliktas Šiaulių miesto 330 kV transformatorinėje pastotyje 10 kV skirstykloje ir Radviliškio 110/10 kV transformatorinėje pastotyje 10 kV skirstykloje, kurias aptarnauja akcinė bendrovė „VST“.

2006 m. sausio-kovo mėnesiais buvo atliktas Šiaulių miesto 330 kV transformatorinės pastoties 10 kV skirstyklos linijų apsaugų bandymai. 2006 m. gruodžio ir 2007 m. sausio mėnesiais atlikti linijų apsaugų bandymai Radviliškio 110/10 kV transformatorinėje pastotyje 10 kV skirstykloje. Buvo bandomos maksimalios srovės apsaugos, maksimalios srovės apsaugų pagreitinimas, jungtuvų rezervavimo įrenginiai, lanko apsaugos, automatinis dažninis nukrovimas, automatinis kartotinis įjungimas atsistačius dažniui.

## 1. MAGISTRO DARBE VARTOJAMOS SAŲVOKOS IR SANTRUMPOS

**Apsauga** – atitinka relinės apsaugos sąvoką.

**Apsaugos įtaisas** – įtaisas, automatiškai išjungiantis saugomą elektros grandinę, atsiradus trumpajam jungimui ar kitam nenormaliam režimui.

**Artimasis rezervavimas** – trumpojo jungimo metu nesuveikusios relinės apsaugos ar dėl gedimo neišsijungusio jungtuvo rezervavimas (gedimo išjungimas) tos pačios pastotės apsaugomis ir jungtuvais.

**Atvirkščiai priklausoma nuo srovės apsaugos suveikimo laiko charakteristika** – tolydinė apsaugos suveikimo laiko priklausomybė nuo kontroliuojamos srovės, kai suveikimo laikas trumpėja didėjant srovei.

**Autonominis elektros šaltinis** – šaltinis, kuris vienas gali maitinti elektros imtuvus.

**Dispečerinio valdymo sistema** – centralizuoto dispečerinio valdymo punktu kompiuterinė sistema, skirta dispečerinio valdymo funkcijoms atlikti.

**Dvifazis trumpasis jungimas su žeme** – trumpasis jungimas tarp dviejų fazinių laidų ir žemės, tiesiogiai įžemintos neutralės tinkle.

**Elementas** – relinės apsaugos įtaiso dalis, atskira relė, filtras ir t. t.

**Įrenginio (prijunginio) valdiklis** – įrenginys, suformuojantis pirminio įrenginio valdymo komandą.

**Izoliuotosios neutralės tinklas** – elektros tinklas, kurio neutralė neįžeminta.

**Įžemėjimas** – izoliuotosios arba kompensuotosios neutralės tinklų elektros įrenginio aktyviųjų dalių atsitiktinis susijungimas su įžemintomis įrenginio dalimis arba su žeme.

**Įžemėjimo srovė** – įžemėjimo vietoje į žemę tekanti srovė.

**Įžeminimas** – elektros įrenginio pasyviųjų dalių sujungimas su įžeminimo įrenginiu.

**Įžeminimo įrenginys** – įžemintuvo ir įžeminimo laidininkų visuma.

**Įžeminimo laidininkas** – laidininkas, jungiantis įžeminamą įrenginį su įžemintuvu arba įžeminimo magistrale.

**Įžeminimo varža** – varža tarp įžeminimo įrenginio ir neutralios žemės.

**Įžemintuvai** – grunte esančių elektrodų, jungiamųjų laidininkų ir išlyginamojo tinklo visuma.

**Jungiamieji laidininkai** – laidininkai, jungiantys elektrodus.

**Kompensuotosios neutralės tinklas** – elektros tinklas, kurio vienas arba keletas neutralės taškų įžeminti induktyviosiomis varžomis.

**Lanko apsauga** – apsauga, reaguojanti į elektros lanko sukiamas pasekmes (šviesos



impulsą, slėgio padidėjimą, temperatūros pakilimą, plataus spektro trukdžių atsiradimą ir kt.), skirta uždaroms erdmėms apsaugoti.

**Matavimo paklaida** – skirtumas tarp matavimo rezultato ir matuojamo fizikinio dydžio tikrosios vertės.

**Nenormalus režimas** – įrenginio darbinio režimo pagrindinių dydžių nukrypimas už nustatytų ribų, pavyzdžiui, perkrova (srovės padidėjimas), įtampos sumažėjimas ar padidėjimas ir t.t.

**Nuotolinis valdymas** – valdymo būdas, kai valdoma iš įrenginio (prijunginio) individualaus valdiklio ar valdymo skydelio, pastotės valdymo įrenginio, dispečerinio valdymo sistemos.

**Prijunginys** – prie šynų prijungtas elektros įrenginys, turintis technologinio valdymo įtaisus.

**Priklausoma nuo srovės (varžos) apsaugos suveikimo laiko charakteristika** – tolydinė apsaugos suveikimo laiko (uždelsimo) priklausomybė nuo kontroliuojamo dydžio, išreiškiamą tam tikra matematine funkcija.

**RAA įrenginiai** – apsaugos nuo trumpųjų jungimų ir kitų nenormalių režimų, elektros automatikos, priešavarinės automatikos, įvykių ir avarinių dydžių fiksavimo bei atstumo iki pažeidimo vietos matavimo funkcijas vykdančios relės (įtaisai) ar jų visuma kartu su jų antrinėmis grandinėmis ir kitais pagalbiniais aparatais, komutavimo aparatų pavarų valdymo grandinėmis. RAA įrenginiams taip pat priskiriama elektromechanikos įtaisų pagrindu sukonstruota valdymo sistema, individualūs įrenginių valdikliai, pagrindinių elektros parametrų mastelio keitimo antriniai įtaisai, ankstesniame sakinyje išvardintiems tikslams naudojama informacijos perdavimo ir priėmimo įranga, jų kanalinė įranga (išskyrus optinio ryšio ir elektros-optikos signalų keitiklius), pagrindinių elektros tinklo įrenginių reguliatoriai ir kt.

**Mikroelektronikos RAA įrenginiai** – apsaugų, automatikos komplektai (relės) arba kita aparatūra, kuriuose daugumą matavimų ar loginių funkcijų atlieka analoginės integralinės mikroschemos (statinės relės) ar tranzistoriai.

**Mikroprocesoriniai RAA įrenginiai** – apsaugų, automatikos komplektai (relės) arba kita aparatūra, kuriuose matavimų ar kitas logines funkcijas atlieka mikroprocesoriai. Ši įranga turi nuolat veikiančią savikontrolės funkciją.

**Ribinė leistinoji parametro vertė** – didžiausia ar mažiausia parametro vertė, kuri leidžia elektros įrenginius eksploatuoti.

**Skaičiuojamoji trumpojo jungimo srovė** – trumpojo jungimo srovės, kurios elektros

įrenginio terminis arba mechaninis atsparumas tikrinamas ar kuriai parenkami relinės apsaugos nuostatai, skaičiuojamoji vertė.

**Smūginė trumpojo jungimo srovė** – didžiausia trumpojo jungimo srovės, sukeliančios didžiausias mechanines jėgas tarp srovinių įrenginių dalių, vertė.

**Srovės ir įtampos apsauga** – apsauga, turinti maksimaliosios srovės ir minimaliosios įtampos elementus, kuri suveikia padidėjus srovei ir sumažėjus įtampai (maksimaliosios srovės apsauga su minimaliosios įtampos blokuote).

**Tarpė** – ranka valdomas kontaktas ar elementas relinės apsaugos ir automatikos išėjimo grandinėms išjungti ar įjungti su aiškiai matoma grandinės būkle („išjungta“ ar „įjungta“).

**Tarpfazis trumpasis jungimas** – trumpasis jungimas tarp dviejų ar trijų fazių.

**Trumpasis jungimas** – įtampą turinčios elektros grandinės fazių (polių) susijungimas tarpusavyje, tarpusavyje ir su žeme arba tik su žeme tiesiogiai išemintos neutralės (išeminto vidurinio taško) tinkle.

**Trumpojo jungimo srovė** – srovė, tekanti trumpojo jungimo metu.

**Vienfazis išėmėjimas** – nesukeliantis didelių srovių trumpasis jungimas tarp fazinio laido ir žemės izoliuotosios (arba išemintos per kompensacinę ritę) neutralės tinkle.

**Vietinis valdymas** – valdymo būdas, kai valdoma tiesiogiai iš valdomo įrenginio pavaros spintos.

**Valdymas iš įrenginio valdiklio** – valdymo būdas, kai valdoma tiesiogiai iš įrenginio (prijunginio) individualaus valdiklio (relės) ar prijunginio valdymo skydelio. Tai rezervinis nuotolinio valdymo būdas.

**Valdymas iš DVS** – valdymo būdas, kai valdoma iš dispečerinio valdymo sistemos.

**Valdymas iš PVI** – valdymo būdas, kai valdoma iš pastotės valdymo įrenginio.

ADN – automatinis dažninis nukrovimas.

ADN1 – pirmosios ADN grupės įtaisai, kurių paskirtis – stabdyti greitą dažnio žemėjimą.

ADN2 – antrosios ADN grupės įtaisai, kurių paskirtis – stabdyti lėtą dažnio žemėjimą.

AKI – automatinis kartotinis įjungimas.

ARI – automatinis rezervo įjungimas.

DAKI – automatinis kartotinis įjungimas atsikūrus sistemos dažniui (dažninis AKI).

EIIBT – Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės.

JRI – jungtuvo rezervavimo įtaisas, veikiantis, kai sutrikęs (sugedęs) jungtuvas trumpojo jungimo metu neįvykdo išjungimo komandos (sutrikusio jungtuvo apsauga).

MSA – maksimalios srovės apsauga.

RAA – relinė apsauga ir automatika.

REA – transformatoriaus įtampos reguliavimas (regulatorius) esant apkrovai.

## 2. RELINEI APSAUGAI IR AUTOMATIKAI KELAMI REIKALAVIMAI

### 2.1 RAA bendrieji reikalavimai

Elektros įrenginiuose turi būti įrengti šios paskirties relinės apsaugos įtaisai:

a) sugedusio objekto automatinio išjungimo iš elektros sistemos (elektros įrenginio) nepažeistos dalies naudojant jungtuvą; jei vienfazis išmėjimas izoliuotosios neutralės tinkluose tiesiogiai nesutrikdo elektros sistemos veikimo, relinei apsaugai suveikus leidžiama tik įjungti signalizaciją;

b) reagavimo į pavojingus, nenormalius elektros sistemos objektų darbo režimus (pavyzdžiui, perkrovą, hidrogenatoriaus statoriaus apvijos įtampos padidėjimą); relinė apsauga pagal faktinio darbo režimo ir elektros įrenginio eksploataavimo sąlygas turi įjungti signalizaciją arba išjungti tuos objektus, kurie palikti neišjungti gali sugesti. RAA įrenginiai turi užtikrinti reikiamą selektyvumą, greitą veikimą, jautrumą ir patikimumą [6];

GREITAVEIKA – charakterizuojamas suveikimo laiku. Kuo greičiau veikia RAA įrenginiai tuo mažesnės būna gedimų ir nenormalių režimų pasekmės. Šiuolaikinių RAA suveikimo laikas gali siekti 0,02-0,04 s. Be to reikia įvertinti jungtuvų atjungimo ir įjungimo laiką, kuris negali būti mažesnis 0,04-0,06 s. Tačiau reikia pastebėti, kad greito veikimo reikalavimas turi būti taikomas diferencijuotai. Pažymėtina, kad dažnai greito veikimo reikalavimas prieštarauja selektyvumo reikalavimui ir todėl tenka veikimo laikus padidinti. Todėl RAA įrenginiai gali turėti įvairių veikimo laiką nuo šimtuųjų sekundės dalių iki kelių dešimčių sekundžių.

JAUTRUMAS. Tai RAA sugebėjimas veikti gedimų ir nenormalių režimų metu esant įvairioms šių režimų parametru reikšmėms. Jautrumo reikalavimas taikomas RAA matuojančiai daliai ir tiesiogiai susijęs su suveikimo parametru parinkimu. Dažniausiai jautrumas įvertinamas atitinkamu koeficientu ( $k_j$ ), kuris turi būti didesnis už vienetą.

Maksimalaus veikimo įrenginiams kurie suveikia padidėjus kontroliuojamo parametro reikšmei :

$$k_j = x_{\min}/x_s > 1 \quad (2.1)$$

$x_{\min}$  – minimali gedimo ar nenormalaus režimo parametro reikšmė;  $x_s$  – suveikimo parametro reikšmė.

Minimalaus veikimo įrenginiams, kurie suveikia sumažėjus kontroliuojamo parametro reikšmei :

$$k_j = x_{\max}/x_s > 1 \quad (2.2)$$

$x_{\max}$  – maksimali gedimo ar nenormalaus režimo parametro reikšmė.

**SELEKTYVUMAS:** Tai įrenginių atrankumas, t. y. sugebėjimas atjungti ar įjungti tuos jungtuvus, kurių atjungimas ar įjungimas duotoje situacijoje yra būtinas. Gedimų ir nenormalių režimų metu kontroliuojami dydžiai pakinta daugelyje sistemos elementų. Todėl RAA įrenginiai turi sugebėti atrinkti sužalotą elementą, jį atjungti ir imtis priemonių atjungimo pasekmėms likviduoti. Pažymėtina, kad kai kurie RAA įrenginiai yra selektyvūs, kitiems selektyviam darbui užtikrinti reikia tinkamai parinkti matuojamosios ir loginės dalies relių suveikimo parametrus. Kai RAA įrenginiai veikia selektyviai dėl gedimų ir nenormalių režimų elektros tiekimas nutraukiamas mažiausiam vartotojų skaičiui.

**PATIKIMUMAS.** Tai RAA įrenginių savybė vykdyti numatytas funkcijas, išlaikant savo eksploatacinius rodiklius nustatytose ribose, reikalaujamame laikotarpyje. Patikimumas charakterizuojamas tam tikrais tikimybiniais, pavyzdžiui teisingų ( $p_t$ ) ir neteisingų ( $p_n$ ) suveikimų tikimybėmis tam tikrame laikotarpyje ( $p_t + p_n = 1$ ;  $p_t \gg p_n$ ), teisingų ir neteisingų suveikimų periodiškumu ( $T_t$ ;  $T_n$ ), kuris išreiškiamas metais.

Patikimumas priklauso nuo RAA įvykdymo principų parinkimo, nuo projektavimo, panaudotų relių ir kitų elementų kokybės, nuo montažo kokybės, nuo eksploatacijos parametru ir kitų faktorių.

Relinės apsaugos įtaisai turi išjungti komutavimo aparatus (jungtuvus) ir likviduoti trumpuosius jungimus per kuo trumpesnę laiką, išsaugodami nepažeistos sistemos dalies nenutrūkstamą veikimą (elektros sistemos ir vartotojų elektros įrenginių stabilus veikimas, galimybė atnaujinti normalų veikimą sėkmingai veikiant automatiniam kartotiniam įjungimui (toliau – AKI) ir automatiniam rezervo įjungimui (toliau – ARI), elektros variklių savilaida, įsitraukimas į sinchronizmą ir t.t.) ir apribodami sugedusio sistemos objekto pažeidimo laipsnį ir apimtį. Relinė apsauga, išjungianti jungtuvus, turi veikti selektyviai, t.y. taip, kad būtų išjungiamas tik sugedęs objektas (arčiausiai nuo trumpojo jungimo vietos esantys jungtuvai) [6].

Galima naudoti neselektyviasias apsaugas (kurių neselektyvaus veikimo pasekmės po to ištaisomos suveikiant AKI arba ARI įtaisams) šiais atvejais:

- a) kai būtina pagreitinti trumpųjų jungimų išjungimą;
- b) naudojant supaprastintas elektros tinklo dalijimo schemas, išjungiančias sugedusį objektą tuo metu, kai srovė neteka (sekcinių jungtuvų neselektyvus išjungimas, schemas su skirtuvais linijų ar transformatorių grandinėse ir kt.);
- c) skirtas tolimajam rezervavimui;
- d) retai pasitaikančiuose tinklo režimuose.

Galima naudoti uždelsto suveikimo relinės apsaugos įtaisus, užtikrinančius veikimo selektyvumą, jei apsauga yra rezervinė. 110–400 kV įtampos tinklų apsaugos privalo turėti

įtaisus, blokuojančius jų veikimą švytavimų arba asinchroninės eigos metu, jei šiuose tinkluose jie yra galimi ir dėl to apsaugos gali be reikalo suveikti. Analogiškus įtaisus reikia naudoti ir žemesnės nei 110 kV įtampos linijose, sujungiančiose maitinimo šaltinius (įvertinant švytavimų arba asinchroninės eigos atsiradimo tikimybę ir galimas nereikalingų išjungimų pasekmes). Galima įrengti apsaugą be švytavimų blokavimo įtaiso, jei apsaugos suveikimo laikas didesnis už realiai tikėtiną švytavimų periodą (1,5 – 2 sekundės) [1].

Relinės apsaugos suveikimas turi būti fiksuojamas signalinėmis relėmis, jose įtaisytais suveikimą rodančiais elementais, suveikimo skaitikliais, įvykių registratoriais arba kitais prietaisais, kuriais naudojantis galima tvarkyti apsaugų veikimo apskaitą ir atlikti analizę. Įtaisus, fiksuojančius relinės apsaugos išjungimo komandų vykdymą, reikia įrengti taip, kad būtų signalizuojama apie kiekvienos apsaugos suveikimą, o esant sudėtingai apsaugai – apie atskirų jos dalių suveikimą [1].

## **2.2 Linijų apsaugoms keliami reikalavimai**

3–35 kV įtampos izoliuotosios neutralės (arba įžemintos per talpinių srovių kompensavimo reaktorių) tinklo linijoms turi būti įrengti relinės apsaugos įtaisai nuo tarpfazių trumpųjų jungimų ir vienfazių įžemėjimų. Apsaugai nuo tarpfazių trumpųjų jungimų reikia naudoti dviejų srovės elementų, kurie prijungti prie tų pačių fazių visame tiesiogiai sujungtame vienodos įtampos tinkle, taip užtikrinant tik vienos gedimo vietos (linijos) išjungimą daugumos dvigubųjų įžemėjimų skirtingose fazėse metu.

Tenkinant jautrumo ir patikimumo reikalavimus, apsauga įrengiama naudojant vieną, du ar tris srovės elementus (reles).

Pavienėse vienpusio maitinimo linijose naudojama dviejų pakopų srovės apsauga nuo tarpfazių trumpųjų jungimų, kurios pirmoji pakopa – greitaveikė srovės atkirta, o antroji pakopa – uždelsto suveikimo maksimaliosios srovės apsauga, turinti nepriklausomą arba atvirkščiai priklausomą nuo srovės suveikimo laiko charakteristiką. Neleidžiama naudoti srovės atkirtų linijose su reaktorais, kurių jungtuvai negali išjungti atsirandančių prieš reaktorių trumpųjų jungimų srovių [6].

Žiedinio tinklo, turinčio vieną maitinimo šaltinį, pavienėse dvipusio maitinimo linijose reikia naudoti tokias pat apsaugas, kurios naudojamos pavienėse vienpusio maitinimo linijose esant būtinumui, įrengiant jose srovės krypties elementus.

Naudojant paprastesnes apsaugas ir užtikrinant jų selektyvųjį veikimą, leidžiama automatiškai dalyti tinklą į spindulines dalis trumpojo jungimo atsiradimo metu, vėliau automatiškai atkuriant jo schemą [6].

Jei kryptinė ar nekryptinė kelių pakopų maksimaliosios srovės apsauga netenkina greito veikimo ir selektyvumo reikalavimų, galima įrengti šias apsaugas:

- distancinę apsaugą;
- skersinę diferencinę srovės apsaugą (lygiagrečių linijų);
- trumpoms linijoms – išilginę diferencinę srovės apsaugą, įrengiant šiai apsaugai skirtą ryšio liniją. Šiais nurodytais atvejais papildomai turi būti įrengiama rezervinė maksimaliosios srovės apsauga.

Linijos apsauga nuo vienfazių įžemėjimų būna:

- selektyvioji apsauga, nustatanti sugedusią liniją (krypti) ir įjungianti signalizaciją;
- selektyvioji apsauga, nustatanti sugedusią liniją (krypti) ir išjungianti linijos jungtuvą,

kai tai būtina pagal darbo saugos reikalavimus; ši apsauga turi būti įrengta maitinimo objektams visame elektriškai tiesiogiai (be transformatorių) sujungtame tinkle;

- neselektyvusis izoliacijos kontrolės įtaisas, įjungiantis signalizaciją; šiuo atveju sugedusi linija surandama specialiais prietaisais; galima surasti sugedusią liniją paeiliui išjungiant linijas ar jų šakas [6].

Apsauga nuo vienfazių įžemėjimų įrengiama taikant įvairius principus, pirmenybę teikiant nulinės sekos srovės ir įtampos transformatorių panaudojimui. Apsauga gali reaguoti tik į nusistovėjusius įžemėjimus; leidžiama naudoti įtaisus, fiksuojančius trumpalaikius įžemėjimus. Oro linijų nutiestų izoliuotais laidais apsaugai taikomi tie patys reikalavimai kaip ir oro linijų neizoliuotais laidais.

### 3. RELINIŲ APSAUGŲ PATIKROS METODAI

#### 3.1 Įrenginių technologinis derinimas

Nauji įrenginiai pradami naudoti statybos techninio reglamento nustatyta tvarka. Pradedami naudoti įrenginiai turi atitikti norminių teisės aktų reikalavimus:

1. Elektros įrenginių įrengimo taisyklės;
2. Elektrinių ir elektros tinklų eksploataavimo taisyklės;
3. Elektros įrenginių bandymo normos ir apimtis;
4. Saugos taisyklės eksploatuojant elektros įrenginius;
5. Statybos techninis reglamentas;
6. Įrenginio gamintojo techniniai dokumentai [7];

Turi būti atliekami naujai sumontuotų RAA įrenginių, jų antrinių grandinių, matavimų transformatorių ir komutacinių aparatų pavarų elementų technologinio derinimo (D) darbai.

Technologinis derinimas apima:

1. Darbo projekto detalią analizę;
2. Išorinio ir vidaus montažo (konfigūravimo) galutinį parengimą ir patikrinimą;
3. Antrinių grandinių izoliacijos matavimus ir bandymus;
4. Relių ir kitų antrinių grandinių elementų bei atskirų funkcijų detalių charakteristikų patikrinimą pagal jų gamintojų techninių dokumentų reikalavimus;
5. Reikalingų nuostatų ir kitų parametrų nustatymą pagal įrangos gamintojų bei savininko užduotis;
6. Matavimo transformatorių charakteristikų patikrinimą;
7. Relinių apsaugų ir automatikos suveikimo laiko kontrolinius matavimus nuo pašalinio, šaltinio paduodant į apsaugą avarinio režimo srovę ir įtampą, kai operatyvinė įtampa  $U = U_v$ ;
8. RAA įrangos išbandymą visoje schemoje kartu su pagrindiniais komutaciniais ir kitais aparatais, kai operatyvinė įtampa  $U = U_v$  ir  $U = 0,8U_v$ ;
9. RAA įtaisų tarpusavio sąveikos su kitais objekte veikiančiais RAA įtaisais ir pastotės valdikliu (valdymo sistema), kai operatyvinė įtampa  $U = U_v$ , išbandymą;
10. Išbandymą nutraukiant – paduodant operatyvinę įtampą (sudėtingiems RAA įrenginiams);
11. Išbandymą padavus į įrangą darbinių parametrų srovę ir įtampą, taip pat nutraukiant paduodant ir perjungiant įtampos grandines bei bandomąjį eksploatavimą visais kitais galimais režimais;
12. Protokolų, ataskaitų ir schemų įforminimą;
13. Reikalingų užrašų prie relių ir aparatų padarymą;
14. Eksploatavimo instrukcijų rengimą [7].

Prieš pripažinimą tinkama naudoti technologiškai suderintą įrangą patikrina paskirta techninė darbo komisija, kurioje dalyvauja relinės apsaugos specialistas. Pasirinktinai tikrinama, ar atlikti visi įrangos gamintojo nurodyti darbai, reikalingi bandymai ir matavimai, ar įranga atitinka kitų techninių dokumentų ir priežiūros norminių teisės aktų reikalavimus, kaip įforminti įrangos techniniai dokumentai (protokolai, schemas ir instrukcijos). Po to prasideda bandomasis eksploatavimas. Jis prasideda įrangą įjungus į tinklą (padavus į įrangą darbinių parametrų srovę ir įtampą) ir baigiasi statinio pripažinimo tinkamu naudoti komisijos akto pasirašymu [8].

### 3.2 Technologinė priežiūra ir remontas

Planinės techninės priežiūros rūšys:

1. Pirmasis patikrinimas (PI);
2. Apžiūra (A);
3. Pilnutinis patikrinimas (P);
4. Kontrolė (K);
5. Išbandymas (B).

**Pirmasis patikrinimas (PI).** Ši vienkartinė techninė priežiūra skirta pirmaisiais eksploataavimo metais atsiradusiems įrenginio defektams, taip pat derinant įrenginį nepastebėtiems defektams bei trūkumams nustatyti ir pašalinti. Pirmasis patikrinimas atliekamas 10 – 18 mėnesių laikotarpiu po įrenginio įjungimo. Pirmojo patikrinimo darbų apimtis atitinka pilnutinio patikrinimo darbų apimtį arba yra už ją didesnė. Matavimų duomenys turi būti surašomi į atskirus protokolus ir segami į įrenginio techninių dokumentų bylą ilgam laikymui. Atlikus pirmąjį patikrinimą turi būti užbaigtos tvarkyti įrenginių eksploataavimo dokumentų bylos ir užpildyti RAA įrangos pasai [7].

**Apžiūra (A).** Periodinė apžiūra skirta vizualiai patikrinti ir įvertinti RAA įrenginių darbingumą. RAA įrenginius privalo apžiūrėti relinės apsaugos specialistas. Kiekvieno objekto RAA įrenginių apžiūra atliekama pagal iš anksto parengtą apžiūros lapelį, kuris kartu yra ir programa. Lapelis gali būti sudaromas tik vienai apžiūrai arba visų metų laikotarpiui. Lapelyje turi būti įrašyti apžiūros rezultatai ir data, o pasirašo apžiūrą atlikęs asmuo.

Apžiūrų ciklas turi būti ne ilgesnis kaip:

- Elektrinių ir 330 kV pastočių – 3 mėn.;
- 110 kV pastočių – 6 mėn.;
- Kitų – 12 mėn. [7].

**Pilnutinis patikrinimas (P).** Tai yra didžiausios apimties periodinė techninė priežiūra, skirta visiems RAA įrenginio techniniams parametrų ir charakteristikoms (išplėstinė diagnostika) patikrinti, esant nuokrypiams – sureguliuoti, taip pat susidėvėjusioms ar sugedusioms dalims pakeisti. Darbų apimtis turi atitikti nurodytąją įrangos gamintojo ir techninės priežiūros darbų bendrojoje programoje. Kai keičiami apsaugos ar jos dalies nuostatai, konfigūracija, schema, logika ir kt., atliekama tik su minėtais pakeitimais susijusios RAA įrenginio dalies šios rūšies techninė priežiūra [7].

**Kontrolė (K).** Pagrindinė paskirtis — įrenginio dalinė diagnostika ir mažiau patikimų, dažnai gendančių elementų visapusiškas patikrinimas, jų sutvarkymas arba pakeitimas, siekiant įsitikinti, kad įrenginys tvarkingas. Be kitų darbų, periodinės kontrolės metu turi būti



visapusiškai patikrinami mažiau patikimi elektromechaninės apsaugos elementai ir kiti, pastebėti, dažniau gendantys įtaisai.

**Išbandymas (B).** Ši periodinės TP rūšis yra skirta išbandyti, ar RAA įrenginys tiksliai suveikia pagal jo loginę schemą ir atlieka savo paskirties funkcijas [7].

**Neplaninis patikrinimas ir remontas.** Neplaninis patikrinimas ir remontas atliekamas:

1. Darbo ar techninės priežiūros metu nustačius netvarkingą įrangos funkcionavimą;
2. Po dalinių rekonstrukcijų ar keičiant nuostatus;
3. Po įvairių mechaninių pažeidimų ar gaisro;
4. Nustačius netvarkingo ar neaiškaus darbo atvejų.

Techninės priežiūros. Techninė priežiūra turi būti atliekama periodiškai. Periodą sudaro laikotarpis nuo pirmojo iki pilnutinio arba tarp dviejų pilnutinių patikrinimų. Šis laikotarpis vadinamas techninės priežiūros ciklu.

Techninės priežiūros ciklas 0,4-330 kV RAA įrenginių, dirbančių normaliomis (atitinkančiomis gamintojo deklaruotas) sąlygomis ir kurių pagrindą sudaro:

1. Elektromechaninės relės ir mikroelektronikos įranga, – 8 metai;
2. Mikroprocesorinė įranga, – 4 metai.

Ciklas gali būti trumpinamas, atsižvelgiant į RAA įrenginio eksploataavimo sąlygas, būklę, susidėvėjimą ir siekiant, kad jis sutaptų su pagrindinės įrangos remontu. Pailginti ciklą galima tik išimtiniais atvejais, bet ne daugiau kaip vieneriais metais. Kai prijungimo apsauga ir automatika sudaryta iš elektromechaninių relių ir mikroprocesorinių relių ar įrangos, kurioms taikomi skirtingi techninės priežiūros ciklai, jei įmanoma, techninė priežiūra turi būti atliekama skirtingais ciklais arba ciklas turi būti pasirenkamas pagal svarbiausias funkcijas atliekančios įrangos norminį ciklą. Jei relinės įrangos gamintojas kai kuriems įrenginiams yra nustatęs trumpesnį TP ciklą, tai tą įrangą reikia prižiūrėti gamyklos nustatytu periodiškumu. Prijunginio pagrindinės įrangos arba visos pastotės kompleksinio (kapitalinio) remonto metu turi būti atliekamas ir relinės įrangos pilnutinis patikrinimas. RAA įrenginiai, kurie gali būti techniškai prižiūrimi neatjungus pagrindinių įrenginių, darbai planuojami nesiejant jų su pagrindinių įrenginių remontu [8].

**Relinės apsaugos ir automatikos įrenginių planinės techninės priežiūros periodiškumas**

Įranga ir techninės		RAA įrenginių eksploataavimo metai																	
priežiūros ciklas, metai		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Elektromechaninės relės ir mikroelektronikos įranga	8	D	P1	-	B	-	K	-	B	-	P	-	B	-	K	-	B	-	P
	7	D	P1	-	B	-	K	-	-	P	-	B	-	K	-	-	P	-	B
	6	D	P1	-	-	K	-	-	P	-	-	K	-	-	P	-	-	K	-
	5	D	P1	-	-	K	-	P	-	-	K	-	P	-	-	K	-	P	-
Mikroprocesorių įranga	4	D	P1	-	-	-	P	-	-	-	P	-	-	-	P	-	-	-	P
	3	D	P1	-	-	P	-	-	P	-	-	P	-	-	P	-	-	P	-

**3.3 RAA įrenginių gedimai ir defektai**

Gedimai ir defektai pagal jų svarbą skirstomi į tris kategorijas:

1. Pirmajai kategorijai priskiriami tie gedimai ir defektai, kuriems esant RAA įrangos negalima toliau eksploatuoti;
2. Antrajai kategorijai priskiriami tie gedimai ir defektai, kuriems esant sumažėja RAA įrangos veikimo patikimumas;
3. Trečiajai kategorijai priskiriami tie gedimai ir defektai, kuriems esant RAA įrangą galima toliau eksploatuoti nesumažinant veikimo patikimumo.

Gedimai ir defektai pagal jų atsiradimo priežastis yra klasifikuojami:

- a) Blogas ar blogai suformuotas apsaugos (relės) darbo ar veikimo principas;
- b) Apsaugos (relės) ar jos grandinių natūralus izoliacijos blogėjimas;
- c) Sugedę mikroelektronikos elementai;
- d) Sugedę mikroprocesoriai ar jų programinė įranga;
- e) Pašalinių veikų (personalo, klimato, senėjimo, įvairūs atsitiktinių veiksnių ir kt.) įtaka;
- f) Kiti gedimai ir defektai.

**3.4 Elektromechaninių ir mikroelektronikos relinių įrenginių techninės priežiūros darbų bendroji programa**

1. (PI, P, K) Išorinė apžiūra.
  - a) patikrinti: skydų, spintų, dėžių, relių tvirtinimą ir nudažymo kokybę, spintų durelių,

relių gaubtų sandarumą, kontrolinių kabelių įvedimo vietų sandarumą, kabelių ir montažo laidų jungtis, antrinių grandinių ir RAA aparatūros metalinių konstrukcijų įžeminimą, kabelių gyslų ir laidų žymėjimą, užrašus ant skydų, prie relių ir kitų RAA įtaisų;

b) rastus defektus pašalinti arba organizuoti pašalinimą.

2. (PI, P) Relių ir aparatų vidaus apžiūra ir mechaninis patikrinimas

a) patikrinti, ar nėra mechaninių defektų, radus – juos pašalinti arba organizuoti pašalinimą;

b) atlikti mechaninius montažo darbus, kurie reikalingi vykdant elektros įrenginių įrengimo, techninio eksploatavimo taisyklių ir kitų direktyvinių dokumentų reikalavimus, specialias užduotis;

c) (K) patikrinti galines reles, kitus mažiau patikimus RAA aparatūros elementus ir jų kontaktus;

3. (PI, P, K) Izoliacijos varžos matavimai.

a) 1000-2500V megommetru išmatuoti atskirų grandinių izoliacijos varžą žemės atžvilgiu (srovės, įtampos, operatyvinės srovės, valdymo, apsaugų ir automatikos, signalizacijos).

b) išmatuoti izoliacijos varžą tarp prieš tai esančiame punkte išvardintų grandinių;

c) išmatuoti izoliacijos varžą tarp atskirų kontrolinio kabelio gyslų (transformatorių dujinės apsaugos grandinėse, srovės transformatorių, kurių  $I_n = 1A$  grandinėse, kondensatorių – naudojamų kaip operatyvinės srovės šaltiniai, grandinėse);

d) 500 V megommetru išmatuoti izoliacijos varžą tarp skirtingų fazių apvijų relėse, turinčiose keletą srovės apvijų.

4. Izoliacijos bandymas. Tikrinama padavus bandomąją įtampą 1 minutę.

5. Elektros ir laiko charakteristikų patikrinimas:

a) (PI, P) patikrinti ir sureguliuoti visų RAA įrenginio elementų elektros ir laiko nuostatus bei charakteristikas, išskyrus tuos laiko nuostatus, kurie matuojami kompleksinio patikrinimo metu;

b) (K) patikrinti ir sureguliuoti mažiau patikimų elektromechaninių RAA elementų elektros ir laiko nuostatus bei charakteristikas;

6. (PI,P) Patikrinti ir sureguliuoti kitų elektrinių (įvairių informacijos perdavimo įrenginių, registratorių, reguliatorių ir kt.) bei neelektrinių relių ar daviklių (dujinių relių, gaisro daviklių ir kt.) parametrus, kaip reikalauja užduotys, jų techninės priežiūros metodiniai nurodymai ar gamintojo instrukcijos.

7. (PI, P) RAA įrenginio schemos elementų tarpusavio ryšių patikrinimas. Patikrinti RAA įrenginio visų grandinių tinkamą (teisingą) veikimą, taip pat ir veikimą į komutacinius aparatus, esant operatyvinės srovės įtampai  $U = 0,8U_v$ .

## 8. (PI, P, K) Kompleksinis RAA įrenginio patikrinimas:

a) uždengti relių gaubtus ir paduoti į RAA įrenginį vardinę operatyvinės srovės įtampą;

b) su stendu į RAA įrenginį paduoti visų galimų trumpųjų jungimų sroves ir įtampas ar kitus suveikimui reikalingus dydžius, įsitikinti apsaugos suveikimu arba nesuveikimu, išmatuoti suveikimo laikus. Apsaugoms, reaguojančioms į viršijantį nuostatą avarinio parametro dydį (maksimaliosioms), paduoti 0,9 ir 1,1 užduotyje nurodyto dydžio (toliau – nuostato) ir įsitikinti, kad pirmuoju atveju apsauga (pakopa, zona) nesuveikia, o antruoju – suveikia. Padavus 1,3 nuostato, išmatuoti suveikimo laiką. Išmatuoti suveikimo laikai nuo nurodytų užduotyse neturi skirtis daugiau, negu nurodyta 3.2 lentelėje;

c) apsaugoms, reaguojančioms į mažesnę už nuostatą avarinio parametro dydį (minimaliosioms), paduoti 1,1 ir 0,9 nuostato ir įsitikinti, kad pirmuoju atveju apsauga (pakopa, zona) nesuveikia, o antruoju – suveikia [7].

### **3.5 Mikroprocesorinių relinių įrenginių techninės priežiūros darbų bendroji programa**

## 1. (PI, P) Paruošiamieji darbai:

a) techniniai dokumentai: patikrinti, sutvarkyti ir sukomplektuoti relinės apsaugos ir automatikos (toliau – RAA) įrenginių pasus, schemas, brėžinius, nuostatų užduotis, patikrinti, ar RAA įrenginio parametrai atitinka direktyvinių dokumentų reikalavimus, ir išsiaiškinti galimybę pašalinti neatitikimą. Sukomplektuoti techninei priežiūrai (toliau – TP) reikalingą pagalbinę literatūrą, sudaryti (patikslinti) darbų vietos paruošimo ir darbų programas [7];

b) paruošti TP reikalingus įrankius ir aparatūrą;

c) įforminti nustatyta tvarka paraišką atlikti darbus RAA įrenginyje;

d) paruošti darbo vietą ir gauti leidimą dirbti.

## 2. (PI, P) išorinė apžiūra:

a) nuvalyti dulkes nuo RAA elementų išorės ir montažo;

b) patikrinti, o radus defektus – juos pašalinti arba organizuoti pašalinimą: spintų, dėžių, relių tvirtinimą ir dažais dengtų paviršių būklę, spintų durelių, relių gaubtų sandarumą, kontrolinių kabelių įvedimo vietų sandarumą, kabelių ir montažo laidų jungtis, antrinių grandinių ir RAA aparatūros metalinių konstrukcijų ir kabelių ekranų įžeminimą, kabelių gyslų ir laidų žymėjimą, užrašus ant spintų, prie relių ir kitų RAA aparatų.

3. (PI, P) Relių ir aparatų vidaus apžiūra ir mechaninis patikrinimas (atliekama

vidaus apžiūra tų įrenginių, kuriems ji yra galima):

a) patikrinti, ar nėra kištukinių jungčių mechaninių defektų, ar patikimi tvirtinimai ir varžtinės jungtys;

b) patikrinti, ar nėra oksidavimosi žymių dėl patekusios drėgmės, pakenkimo dėl elementų ar plokščių perkaitimo, takelių ir jų apsauginės dangos įtrūkiu ir litavimo defektų;

c) patikrinti elektromechanines reles ir jų kontaktus.

4. (PI, P) Izoliacijos varžos matavimai:

a) išmatuoti atskirų grandinių izoliacijos varžą žemės atžvilgiu: srovės (kiekvienos grupės), įtampos, operatyvinės srovės valdymo, apsaugų, automatikos, įskaitant relių kontaktinius įėjimus ir išėjimus (atsižvelgti į įrenginių gamintojų rekomendacijas tokių matavimų atlikimui), kitų elektriškai nesujungtų;

b) išmatuoti izoliacijos varžą tarp grandinių;

c) išmatuoti izoliacijos varžą tarp atskirų kontrolinio kabelio gyslų: transformatorių dujinės apsaugos grandinėse, srovės transformatorių grandinėse.

5. (PI, P) izoliacijos bandymas. Tikrinama padavus bandomąją įtampą 1 minutę:

a) išbandyti visų tarpusavyje sujungtų grandinių izoliaciją žemės atžvilgiu (atsižvelgti į įrenginių gamintojų rekomendacijas tokių matavimų atlikimui);

b) išbandyti izoliaciją tarp atskirų kontrolinio kabelio gyslų;

c) jei izoliacija buvo bandoma kintamąja įtampa, išmatuoti išbandytų grandinių izoliacijos varžą žemės atžvilgiu.

6. (PI, P) Mikroprocesorinių relių (apsaugos ir valdymo) patikrinimas:

a) patikrinti, ar relės vidaus konfigūracija (su visais įėjimais ir išėjimais) atitinka RAA nuostatų užduotyse ir brėžiniuose nurodytą konfigūraciją;

b) patikrinti relės vidaus loginius ryšius, įėjimus ir išėjimus;

c) patikrinti, ar srovių, įtampų ir fazinių kampų dydžiai relių ekrane atitinka paduodamas į relę srovės ir įtampas nuo pašalinio šaltinio. Patikrinti ar komutacinių aparatų padėtis relių ekrane atitinka padėties signalus relių įėjimuose. Patikrinti ar padėties signalai relių įėjimuose atitinka tikrąją komutacinių aparatų padėtį;

d) patikrinti kiekvieno apsaugos matavimo elemento, zonos, pakopos suveikimo ir grįžimo parametrus paduodant įtampą ir srovę nuo pašalinio šaltinio, palyginti, ar jie ir kitos charakteristikos (išskyrus laiko nuostatus, kurie matuojami kompleksinio patikrinimo metu) atitinka RAA nuostatų užduotis bei relės techninius duomenis;

e) patikrinti visus signalus į relės šviesos diodus, komandas, perjungiklius, relės perduodamus signalus ir matavimus į kompiuterinę valdymo-informavimo sistemą, komandų ir signalų aprašų atitiktį jų reikšmei;

- f) patikrinti automatikos funkcijų veikimą ir nuostatus;
- g) patikrinti įvykių, avarinių procesų registravimo, atstumo iki pažeidimo vietos matavimo funkcijas paduodant įtampą ir srovę nuo pašalinio šaltinio.

7. (PI, P) kitų elektrinių ir neelektrinių relių ar daviklių patikrinimas. Patikrinti ir sureguliuoti kitų elektrinių (įvairių informacijos perdavimo įrenginių, registratorių, reguliatorių ir kt.) ir neelektrinių relių bei daviklių (dujinių relių, gaisro daviklių ir kt.) parametrus, kaip reikalauja užduotys, jų techninės priežiūros metodiniai nurodymai ar gamintojo instrukcijos.

8. (PI, P) RAA įrenginių tarpusavio ryšių ir ryšių su komutaciniais aparatais patikrinimas:

- a) patikrinti visus RAA įrenginio loginius ryšius su kitais apsaugų, automatikos valdymo ir signalizacijos įrenginiais. Įsitikinti tinkamu (teisingu) jų veikimu;
- b) patikrinti RAA įrenginio veikimą į komutacinius aparatus, esant vardinei operatyvinės srovės įtampai;
- c) patikrinti RAA įrenginio visų grandinių tinkamą veikimą, taip pat ir veikimą į komutacinius aparatus, esant operatyvinės srovės įtampai  $U = 0,8U_n$ ;
- d) išbandyti valdymo – informavimo sistemos, RAA įrenginių ir komutacinių aparatų tarpusavio sąveiką, esant vardinei operatyvinės srovės įtampai.

9. (PI, P) kompleksinis RAA įrenginio patikrinimas:

- a) uždengti relių gaubtus ir paduoti į RAA įrenginį vardinę operatyvinės srovės įtampą;
- b) laikantis išdėstytų principų, nuo tikrinimo stendo į RAA įrenginį paduoti visų galimų trumpųjų jungimų srovės ir įtampas ar kitus suveikimui reikalingus parametrus, įsitikinti apsaugos suveikimu arba nesuveikimu, išmatuoti suveikimo laikus, apsaugoms reaguojančioms į viršijančių nuostatą avarinio parametro dydį (maksimaliosioms), paduoti 0,9 ir 1,1 nuostato ir įsitikinti, kad pirmuoju atveju apsauga (pakopa, zona) nesuveikia, o antruoju – suveikia. Padavus 1,3 nuostato – išmatuoti suveikimo laiką. Apsaugoms reaguojančioms į mažesnę už nuostatą avarinio parametro dydį (minimaliosioms), paduoti 1,1 ir 0,9 nuostato ir įsitikinti, kad pirmuoju atveju apsauga (pakopa, zona) nesuveikia, o antruoju – suveikia;
- c) išmatuoti suveikimo laikai nuo nurodytų užduotyse neturi skirtis daugiau, negu nurodyta 3.2 lentelėje;
- d) kitų elektrinių ir neelektrinių įrenginių kompleksinis patikrinimas atliekamas, kaip reikalauja jų techninės priežiūros metodiniai nurodymai, užduotys ar gamintojo instrukcijos.

10. (PI, P) RAA įrenginio patikrinimas darbo srove:

- a) pakartotinai apžiūrėti visas reles ir aparatus, patikrinti visus perjungimo įtaisus ir

kitas pagalbines grandines, ar jos atitinka įrenginio būsimą režimą. Ypatingą dėmesį atkreipti į srovės ir įtampos grandinių įžeminimą, įvairias laikinas jungtis, nutraukimus ir kt.;

b) į pagrindinį įrenginį ir RAA įrenginį paduoti darbo srovę ir įtampą. Tai atlieka operatyvinis personalas (jo nurodymu kai kurias operacijas gali atlikti ir RAA darbuotojai);

c) patikrinti (išmatuoti) sroves visose fazėse ir nuliniuose laiduose prie RAA įrenginio įėjimo gnybtų, nuskaityti rodmenis relių ekranuose ir užrašyti;

d) patikrinti (išmatuoti) įtampas visuose RAA įrenginio įėjimo gnybtuose, nuskaityti rodmenis relių ekranuose ir užrašyti. Patikrinti įtampos fazių seką, jei, atjungiant įtampos grandines, buvo atjungiami laidininkai;

e) patikrinti RAA įrenginio reakciją, atsijungus įtampos grandinių automatiniam jungikliui ar kitaip nutraukus ir perjungus įtampos grandines nuo kito įtampos transformatoriaus bei atliekant kitas galimas įtampos grandinių operacijas;

f) patikrinti RAA įrenginio reakciją nuimant ir paduodant operatyvinę įtampą, esant darbo srovei ir įtampai (įžemėjimų paieškos imitacija);

g) atlikti kitus metodiniuose nurodymuose ar instrukcijose nustatytus būtinus šių RAA įrenginių patikrinimus.

#### 11. (PI, P) RAA įrenginio paruošimas įjungimui:

a) pakartotinai apžiūrėti reles, aparatus, grandines, kurių darbo režimas buvo keičiamas išjungiant ar tikrinant darbo srovėmis;

b) patikrinti ir perjungti į reikalingą padėtį bandymų blokus, raktus, tarpes, nuostatų grupes ir kt.;

c) padaryti kitus RAA įrenginio eksploatacinių instrukcijose, perjungimo lapeliuose, darbo vietos paruošimo programose nustatytus šio tarpsnio darbus;

d) RAA žurnale įrašyti išvadas apie RAA įrenginio būklę, įjungimo galimumą ir jo eksploatacijos pakeitimus (jei tokių yra);

e) apie atliktą TP įrašyti RAA įrenginio pase;

f) įforminti patikrinimo protokolus.

Leistini relinės apsaugos ir automatikos parametrų nuokrypiai pavaizduoti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė

**Leistini relinės apsaugos ir automatikos parametų nuokrypiai**

Eil. Nr.	Parametras ir komentaras	Nuokrypis
1.	Relių arba apsaugų suveikimo ar grįžimo į pradinę padėtį laikas:	
1.1.	relių, kurių grandinėse nėra papildomos dėslos elementų	gamyklos duomenys
1.2.	su nepriklausoma laiko charakteristika, kai nuostatas:	
1.2.1	0,1-1,3 s	± 0,03 s
1.2.2	1,35-3,5 s	± 0,06 s
1.2.3	3,5-9,0 s	± 0,12 s
1.2.4.	>9,0s	± 5,0%
1.3.	su priklausoma laiko charakteristika:	
1.3.1.	priklausomoje dalyje;	± 0,15 s
1.3.2.	nepriklausomoje dalyje.	± 0,1 s
1.4.	įmontuotų pavarose (su jungtuvo išjungimu)	
1.4.1.	nepriklausomoje dalyje	± 0,15 s
1.4.2.	tarpinių relių	± 10%
2.	Kai kurių relių parametrai:	
2.1.	suveikimo srovė, įtampa, varža:	
2.1.1.	kai derinama su kitų apsaugų laiko nuostatais	± 3,0%
2.1.2.	kai nederinama su kitų apsaugų laiko nuostatais	± 5,0%
2.1.3.	įmontuotų pavarose	± 5,0%
2.1.4.	komutacinių aparatų atjungimo ir įjungimo ričių	± 5,0%
2.1.5.	tiesioginės, atvirkštinės, nulinės sekos srovės ir įtampos paleidimo elementų	± 5,0%
2.2.	Galios ir galios krypties relių suveikimo galia:	
2.2.1.	priešvarinės automatikos	± 3,0%
2.2.2.	kitų	± 5,0%
2.3.	Suveikimo kampas tarp ekvivalentinių vektorių, kai	
2.3.1.	priešvarinės automatikos grandinėse	± 3,0%
2.3.2.	sinchronizmo kontrolės ir kitose grandinėse	±10,0%
2.4.	Dažnio relių suveikimo dažnis esant vardiniams	± 0,1 Hz
3.	Iki 1000 V automatinių jungiklių:	
3.1.	elektromagnetinių elementų suveikimo srovė:	
3.1.1.	AP-50; 3,5 Iv	± 15,0%
3.1.2.	AP-50; 8,0 Iv	± 20,0%
3.1.3.	AP-50; 11,0 Iv	+ 15,0% - 30,0%
3.1.4.	AVM	± 10,0%
3.1.5.	A3120	± 20,0%
3.1.6.	A3130;A3140	± 15,0%
3.1.7.	AK-63	+ 25,0%; - 15,0%
3.1.8.	A3700 elektromagnetinės aps.	± 15,0%
3.1.9.	A3700 puslaidininkinės aps.	± 20,0%
3.1.10	BA	± 20,0%
3.1.11	„Elektron“	± 15,0%
3.2.	Suveikimo laikas:	



3.2.1.	AVM	± 15,0%
3.2.2.	„Elektron" perkrovų zonoje	± 20,0%
3.2.3.	„Elektron" trumpųjų jungimų zonoje	± 15,0%
3.2.4.	BA	± 0,02 s

### 3.6 Naudojami bandymo standai

Bandymams buvo naudojami „Omicron“ firmos bandymų standai: „Omicron“ CMC 256 – 6 ir „Omicron“ CPC 100 su srovės stiprintuvu CP CB2. 3.6.1 poskyryje pateikiami stendo („Omicron“ CMC 256 – 6) techniniai duomenys [11].

#### 3.6.1 „Omicron“ CMC 256 – 6 techniniai duomenis

3.3 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) [11].

3.4 lentelė

##### „Omicron“ CMC 256 – 6 išėjimai

Dažnio ribos	
Sinusiniai signalai	10 ... 1000 Hz
Pereinamieji signalai	0 ... 3,1 kHz
Dažnio leistina paklaida	± 5 μHz
Dažnio tikslus nustatymas	± 0,5 impulsas/min.

Dažnio išėjimas	±1 impulsas/min.	
Fazės reguliavimo kampas	Nuo -360° iki +360°	
Fazės kampo paklaida	Tipinė 0,02°	Garantinė <0,1

Sroviniai ir įtampiniai išėjimai yra nepriklausomi, ir jie gali būti nustatyti kintamiems amplitudės, fazės kampo ir dažnio dydžiams [11].

3.5 lentelė

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

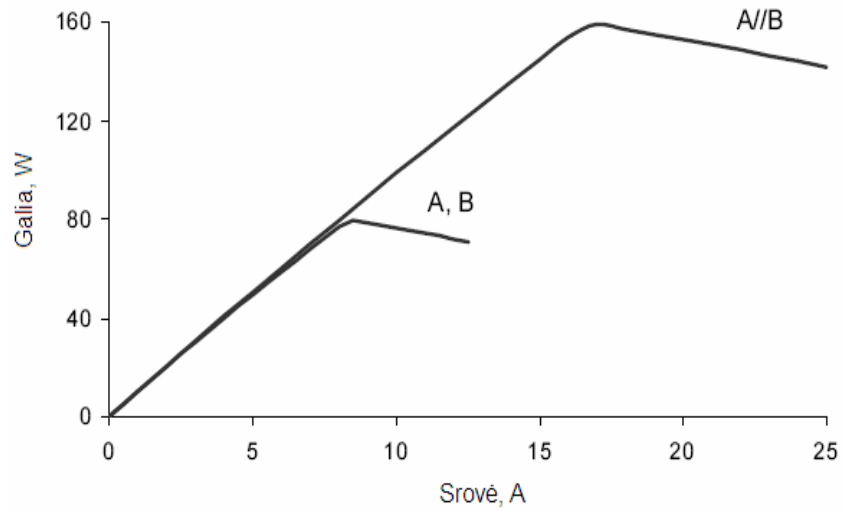
Srovė	
3 fazių (L-N)	3×0...12,5 A
1 fazių (L-N)	1×0...37,5 A
Galia	
3 fazių (L-N)	3×70 W kai 7,5 A
1 fazių (L-N)	1×140 W kai 7,5 A
1 fazių (L-N)	1×210 W kai 22,5 A
Tikslumas	Paklaida <0,1%
Netiesiniai iškraipymai	<0,07%

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

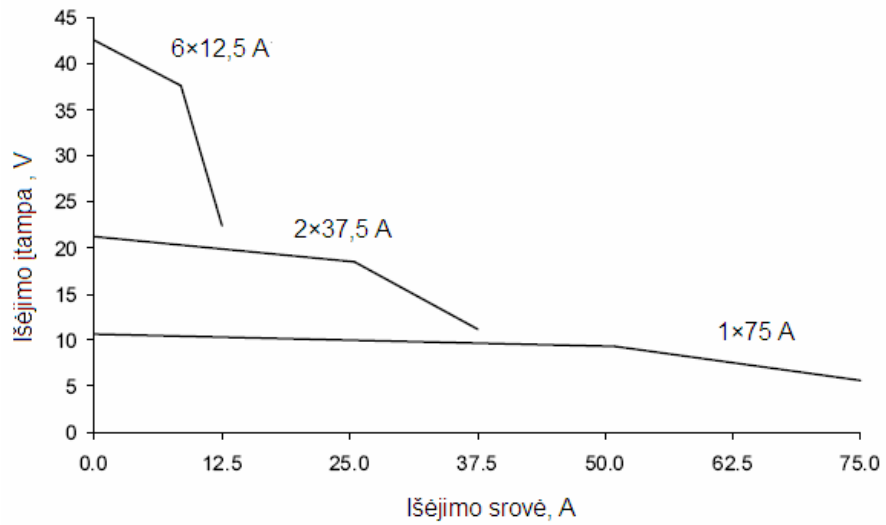
3.6 lentelė

**„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%



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

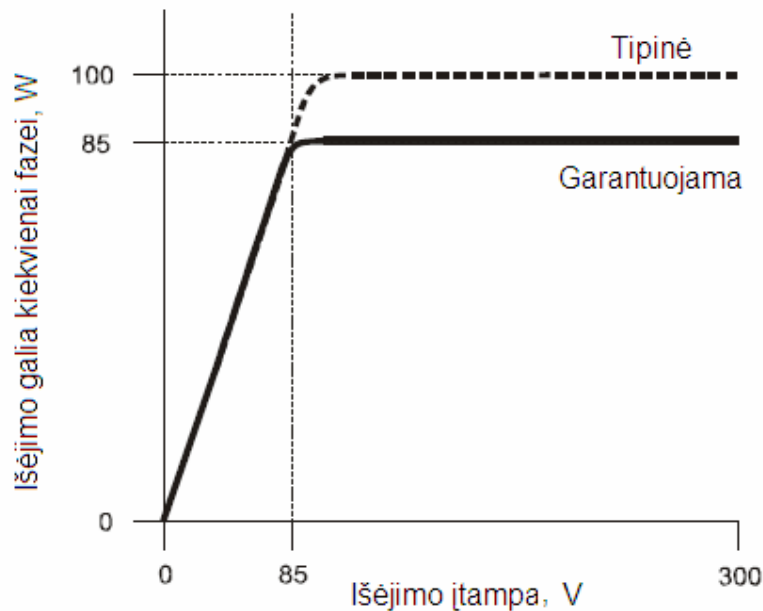


3.2 pav. Lygiagrečiai sujungtų srovinių išėjimų A ir B įtampos priklausomybė nuo srovės

**Įtampiniai išėjimai (VOLTAGE OUTPUT)**

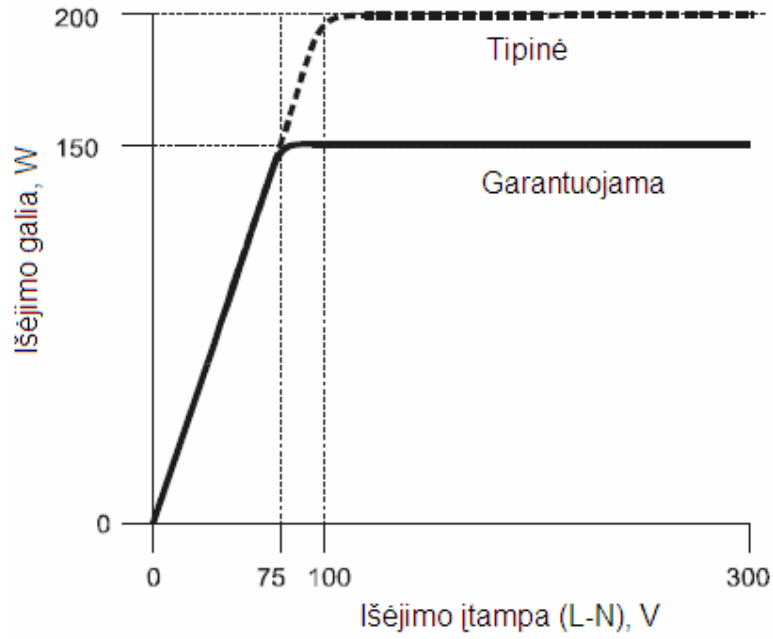
4 įtampiniai išėjimai	
Išėjimo įtampa 4 fazių išėjimai 1 fazės išėjimas	4×0...300 V. 1×0...600 V.
Išėjimo galia 3 fazių 1 fazės (L-N) 1 fazės (L-L)	3×85 W prie 85...300 V 1×150 W prie 75...300 V 1×200 W prie 200...600 V
Tikslumas	Paklaida < 0,1%
Netiesiniai iškraipymai	< 0,05%
Leistinas nuokrypis	5 mV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

3.3 paveiksle pavaizduotas išėjimo galios priklausomybė nuo išėjimo įtampos, naudojant trijų fazių jungimo schemą [11].

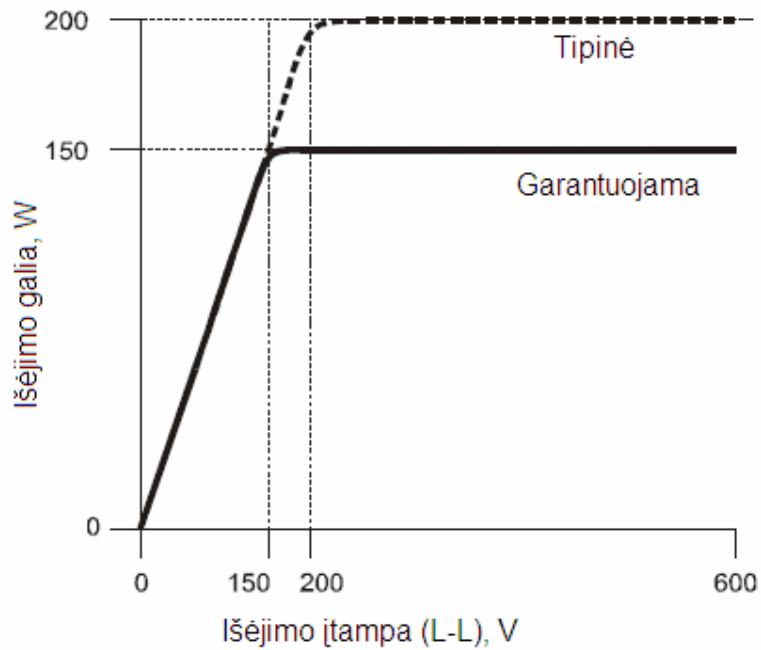


3.3 pav. Išėjimo galios priklausomybė nuo įtampos, naudojant trijų fazių jungimo schemą.

3.4 ir 3.5 paveiksluose pavaizduota išėjimo galios priklausomybė nuo išėjimo įtampos, naudojant vienfazę jungimo schemą [11].



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



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

3.8 lentelė

**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	$V_{max}=300\text{ V}$ , $I_{max}=8\text{ A}$ , $P_{max}=50\text{ W}$ .
Komutuojiama 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

3.9 lentelė

**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

3.10 lentelė

**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 $\mu\text{s}$
Skaičiavimo funkcijos	
Impulsų dažnis	3 kHz
Impulso laikas	>150 $\mu\text{s}$

**Įtampos matavimai**

Siūlomas matavimo diapazonas	Matuojamas diapazonas	Leistinos nuokrypos
100 mV	iki 140 mV	±2 mV
1 V	iki 1,4 V	±20 mV
10 V	iki 14 V	±200 mV
100 V	iki 140 V	±2 V
600 V	iki 600 V	±20 V
Maksimali įėjimo įtampa	600 V	
Matavimo diapazonas 100 mV, 1 V, 10 V, 100 V 600 V	Paklaidos: < 4 % < 10 %	
Varža	500 kΩ	
Kontaktas be įtampos		
Suveikimo kriterijus	Loginis 0: R > 80 kΩ Loginis 1: R < 40 kΩ	
Įėjimo varža	162 kΩ	

**3.6.2 Bandymo stendas „Omicron CPC 100“ su srovės stiprintuvu „CP CB2“**

Bandymo stendo „Omicron CPC 100“ techniniai duomenys.

Maitinimas:

Vienfazė nominali įtampa	100 V – 240 V (AC), 16 A.
Vienfazė leistina įtampa	85 V – 264 V (AC) (L – N arba L – L).
Nominalus dažnis	50/60 Hz.
Naudojama galia	<3,5 kW [10].

3.12 lentelė

**Bandymo stendo „Omicron CPC 100“ sroviniai išėjimai**

Diapazonas	Amplitudė	T <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	P <sub>max</sub>	f
800 A AC	0 – 800 A	25 s	6 V	4800 W	15 – 400 Hz
	0 – 400 A	8 min	6,4 V	2560 W	15 – 400 Hz
	0 – 200 A	>2 h	6,5 V	1300 W	15 – 400 Hz
6 A AC	0 – 6 A	>2 h	55 V	330 W	15 – 400 Hz
3 A AC	0 – 3 A	>2 h	110 V	330 W	15 – 400 Hz
400 A DC	0 – 400 A	2 min	6,5 V	2600 W	DC
	0 – 300 A	3 min	6,5 V	1950 W	DC
	0 – 200 A	>2 h	6,5 V	1300 W	DC
6 A DC	0 – 6 A	>2 h	60 V	360 W	DC

3.13 lentelė

**Bandymo stendo „Omicron CPC 100“ įtampiniai išėjimai**

Diapazonas	Amplitudė	T <sub>max</sub>	I <sub>max</sub>	P <sub>max</sub>	f
2 kV AC	0 – 2 kV	1 min	1,25 A	2,5 kW	15 – 400 Hz
	0 – 2 kV	>2 h	0,25 A	1,0 kW	15 – 400 Hz
1 kV AC	0 – 1 kV	1 min	2,5 A	2,5 kW	15 – 400 Hz
	0 – 1 kV	>2 h	0,5 A	1,0 kW	15 – 400 Hz
500 V AC	0 – 0,5 kV	1 min	5,0 A	2,5 kW	15 – 400 Hz
	0 – 0,5 kV	>2 h	2,0 A	1,0 kW	15 – 400 Hz
130 V AC	0 – 130 V	>2 h	3,0 A	390 kW	15 – 400 Hz



3.14 lentelė

**Bandymo stendo „Omicron CPC 100“ vidinių matavimų išėjimų paklaidos**

Išėjimas	Diapazonas	Amplitudė		Fazė
		Išėjimo	Skalės	Skalės
800 A AC	-	0,20 %	0,20 %	0,20 °
400 A AC	-	0,10 %	0,10 %	-
2 kV	2000 V	0,10 %	0,10 %	0,20 °
	1000 V	0,10 %	0,10 %	0,30 °
	500 V	0,10 %	0,10 %	0,40 °
	5 V	0,10 %	0,10 %	0,20 °

3.15 lentelė

**Bandymo stendo „Omicron CPC 100“ įėjimų matavimų paklaidos**

Įėjimo signalas	Varža	Diapazonas	Amplitudė		Fazė
			Įėjimo	Skalės	Skalės
I AC/DC	<0,10 Ω	10 A AC	0,10 %	0,10 %	0,20 °
		1 A AC	0,10 %	0,10 %	0,30 °
		10 A DC	0,05 %	0,15 %	-
		1 A DC	0,05 %	0,15 %	-
V1 AC	500 kΩ	300 V	0,10 %	0,10 %	0,20 °
		30 V	0,10 %	0,10 %	0,20 °
		3 V	0,20 %	0,10 %	0,20 °
		300 mV	0,30 %	0,10 %	0,20 °
V2 AC	10 MΩ	3 V	0,05 %	0,15 %	0,20 °
		300 mV	0,15 %	0,15 %	0,20 °
		30 mV	0,20 %	0,50 %	0,30 °
V DC	500 kΩ	10 V	0,05 %	0,15 %	-
		1 V	0,05 %	0,15 %	-
		100 mV	0,10 %	0,20 %	-
		10 mV	0,10 %	0,30 %	-

Loginis įėjimas persijungia dėl kontakto arba kontakto su nuolatine įtampa iki 300 V. Įėjimo varža >100 kΩ, perjungimo greitis 1 ms. [10]

**Bandymo stendo „Omicron CPC 100“ varžos matavimai (nuolatinė srovė)**

Rėžimas	Diapazonas	Srovė	Paklaida
0,5 $\mu\Omega$ – 12,5 m $\Omega$	400 A DC	400 A	0,85 %
10 $\mu\Omega$ – 1 $\Omega$	6 A DC	6 A	0,6 %
100 $\mu\Omega$ – 10 $\Omega$	6 A DC	1 A	0,4 %
0,2 $\Omega$ – 20 k $\Omega$	V DC	<5 mA	1,0 %

**3.7 Matavimų paklaidos bei gautų duomenų statistinis apdorojimas****3.7.1 Matavimų paklaidų klasifikavimas**

Matavimo kokybei nusakyti dažnai naudojamas terminas – matavimo tikslumas. Deja, kol kas nėra bendrai priimto būdo, kaip šį dydį kiekybiškai įvertinti.

Kiekybiškai matavimų priemonių ir matavimų būdų kokybė ir jų teikiamų matavimų rezultatų artumas tikrajai matuojamojo dydžio vertei apibūdinama ne tikslumu, o matavimų paklaidomis [4].

Matavimo paklaida – tai matavimo rezultato  $X$ , t.y. dydžio vertės, gautos matuojant, ir tikrosios matuojamojo dydžio vertės  $A_x$  skirtumas:

$$\Delta_x = X - A_x \quad (3.1)$$

Taip apibrėžta paklaida vadinama tikrąja matavimų paklaida. Ji praktiškai negali būti gauta, kadangi tikroji matuojamojo dydžio vertė  $A_x$  yra nežinoma.

Praktikoje tenka tenkintis šios paklaidos įverčiu  $\Delta$  vietoje  $A_x$  įrašius sutartinę tikrąją matuojamojo dydžio vertę  $A$ :

$$\Delta = X - A \quad (3.2)$$

Matavimo paklaidos atsiranda dėl matavimų metodų ir priemonių bei mūsų jutimų netobulumo. Tobulėjant matavimo metodams ir priemonėms matavimų paklaidos mažėja ir matavimo rezultatas gaunamas artimesnis tikrajai matuojamojo dydžio vertei.

Skaičiuojant paklaidas pagal formulę, jos išreiškiamos matuojamo fizikinio dydžio vienetais (V, mA, H ir t.t.). Todėl tokia paklaida vadinama – absoliutine matavimo paklaida. Toks paklaidos išraiškos būdas nėra labai geras, nes jis neparodo, ar paklaida didelė ar maža esant  $x$ , lyginant ją su matuojamojo fizikinio dydžio verte [4].

Todėl praktikoje dažniau naudojamos santykinės matavimo paklaidos. Dažniausiai jos gaunamos absoliutinę paklaidą lyginant su matavimo rezultatu:

$$\delta = \frac{\Delta}{X} = \frac{X - A}{X} \quad (3.3)$$

Kadangi matuojant taikomas tam tikras matavimo metodas ir matavimų priemonės, o matavimas vyksta tam tikromis sąlygomis ir stebint bei dalyvaujant operatoriui, tai visos šios matavimo proceso grandys turi įtakos matavimo rezultatui, taip pat ir matavimo paklaidai. Skiriamos tokios matavimų paklaidų komponentės: metodo (teorinės) paklaidos, matavimų priemonių (aparatinės arba instrumentinės) paklaidos, papildomos paklaidos, kurias sukelia pakitusios matavimo sąlygos, ir subjektyviosios paklaidos. Pirmosios trys paklaidų komponentės kartais dar sujungiamos į objektyviųjų paklaidų grupę. [4]

Metodo (teorinės) paklaidos gaunamos dėl matavimų metodo netobulumo, t.y. todėl, kad nepakankamai tiksliai įvertinti visi matavimo metu vykstantys reiškiniai. Tai reiškia, kad matavimo matematinis modelis (matavimo lygtis) neviseškai adekvatus fizikiniam matavimo modeliui (pvz., matuojant grandinės varžą ampermetro ir voltmetro būdu, neįvertintos šių prietaisų varžos).

Pagal būdingąsias savybes paklaidos skirstomos į sisteminės ir atsitiktinės. Sisteminės paklaidos, kartojant pastovaus fizikinio dydžio matavimus nekintančiomis matavimo sąlygomis, nesikeičia arba kinta determinuotai. Jeigu kartojant matavimus rezultatai gaunami įvairūs ir atskiri rezultatai negali būti prognozuojami, tai reiškia, kad jie gauti veikiant atsitiktinėms paklaidoms [4].

### 3.7.2 Sisteminės paklaidos

Pagal atsiradimo priežastis sisteminės paklaidos grupuojamos į keletą grupių. Prie matavimo priemonių (matavimo instrumentų, aparatinės) paklaidų priskiriamos paklaidos, kurios atsiranda dėl matavimo priemonių netobulumo. Tai gali būti paklaidos, gaunamos dėl netikslaus matavimo priemonių gradavimo, matavimo priemonės poveikio tiriamai schemai ar grandinei (objektui), matavimo priemonės rodmensų įtaiso pradinio rodmens (pavyzdžiui, nulinio rodmens) neteisingo nustatymo ir kitos. Šios paklaidos gaunamos ir dėl matavimo priemonės matavimo elementų netikslaus veikimo ar nustatytų jų parametrų verčių neatitikimo. Jeigu, pavyzdžiui, rezistyvino įtampos daliklio rezistorių varžų dydžiai neatitinka vardinių tai gaunama tokio daliklio dalinimo koeficiento paklaida. Tas pats pasakytina ir apie matavimo transformatorių paklaidas, kurios susideda iš transformacijos koeficiento modulio ir fazės paklaidų, gaunamų dėl nuostolių transformatoriuje, ir priklauso nuo jo darbo režimo. Tokias paklaidas taip pat sukelia trintis judančiose matavimo priemonių dalyse, matavimų priemonių elementų senėjimas, dėvėjimasis ir gedimai. Pavyzdžiui, iš manganino pagaminto

laidininko varža nemažai kinta net 2-3 metus po pagaminimo, paskui stabilizuojasi. Todėl aukšto tikslumo varžos rites tenka specialiai sendinti, t.y. kurį laiką tenka laikyti nenaudojamas, kol stabilizuosis jų varža.

Matavimo priemonių paklaidas sukelia ir šių priemonių mechaninė, šiluminė arba elektrinė perkrova. Dėl to atsiranda pokyčių matavimų priemonės medžiagose ir konstrukcijoje bei pakinta jos sisteminės paklaidos [4].

Sisteminės paklaidos gali atsirasti ir dėl neteisingo matavimo priemonės naudojimo. Pavyzdžiui, matavimo priemonės skalės padėtis turi būti vertikali, o priemonė naudojama, kai skalė yra horizontali, arba matavimo priemonė neteisingai orientuota pagal žemės magnetinį lauką. Todėl matavimo priemonės dažnai turi pagalbinių įtaisų: orientacijai tikslinti gulsčiukus, kompasus ir kitus.

Sisteminės paklaidos gali būti aptiktos atliekant matavimo priemonių patikrą, t.y. palyginant jų teikiamus matavimų rezultatus su etalonu laikomais rezultatais. Lyginama imtinai iki pirminių etalonų pagal įteisintas patikros rezultato pataisas, arba pašalinant sistemingųjų paklaidų atsiradimo priežastis. Kartais jas galima sumažinti, panaudojus specialiai tam skirtus matavimų būdus.

Pataisų įvedimas galimas, jeigu matavimo priemonė yra patikrinta pagal etaloną. Pataisa – tai sisteminė paklaida su priešingu ženklu:

$$C = -\Delta_c \quad (3.4)$$

Todėl prie matavimo rezultato pridėta pataisa kompensuoja sisteminę paklaidą ir lieka tik tokia nekompensuota sisteminės paklaidos dalis, kokią turi etalonas. Ši likusi sisteminės paklaidos dalis vadinama nepanaikintąja sisteminę paklaida. Rezultatas su pridėta pataisa vadinamas ištaisytuojų matavimo rezultatu [4].

Papildomos paklaidos mažinamos šalinant jas sukeliančias priežastis: matavimų priemonės teisingai pastatomos, naudojamos reikiamo dydžio maitinimo įtampos, termostatuojama aplinka, kurioje vyksta matavimas ir t.t.

Kad neatsirastų subjektyviųjų sisteminių paklaidų reikia tinkamai išdėstyti matavimo priemones (ypač jų rodmenų įtaisyti) jų rodmenis stebinčiojo operatoriaus atžvilgiu, taip pat neleistina atlikti matavimus pavargus arba negaluojuojant. Jos gali atsirasti ir dėl psichinio-fiziologinio mūsų jutimo organų netobulumo.

### **3.7.3 Atsitiktinės paklaidos**

Jeigu matuojamasis dydis  $x_m$ , kartojant matavimus, kinta atsitiktinai, taip, kad negalima paaiškinti tikrojo dydžio vertės kitimu  $x_t$  arba įtakojančia kiekybe: temperatūra, magnetiniu

lauku ir pan., tai ši paklaida yra modeliuojama atsitiktiniu kintamuoju ir vadinama atsitiktine paklaida. Panaudojant įverčių teoriją, remiantis atsitiktinai iškraipytais matavimo rezultatais, yra randama tikroji dydžių vertė [4].

### 3.7.4 Absoliutinės paklaidos

Absoliutine paklaida vadinama išmatuota dydžio vertė  $x_m$  minus tikroji vertė  $x_t$ .

$$Paklaida = x_m - x_t = \Delta_x \quad (3.5)$$

Absoliutinė paklaida turi ženklą, kuris neturi prieštarauti absoliučiai paklaidos vertei, kuri charakterizuoja matuojamąjį parametą. Absoliutinės paklaidos klasifikuojamos į dvi grupes. Žinomoji paklaidos dalis (sistemingoji paklaida) dažnai teoriškai gali būti kompensuota, taikant atitinkamą pataisą:

$$x_t = x_m - \Delta_x \quad (3.6)$$

$\Delta_x$  yra konkreti skaitmeninė dydžio vertė .

### 3.7.5 Statistinis duomenų apdorojimas

Statistika – tai informacija apie veiklą ar procesą, išreikšta skaičiais arba diagramomis.

Statistika – tai mokslas apie duomenų rinkimą, vaizdavimą ir analizę.

Pastarasis apibrėžimas ypač akcentuoja duomenų rinkimo reikšmę kaip pagrindinę stadiją statistiniuose tyrimuose. Duomenis suprantami kaip rinkinys atskirų faktų, sudarančių statistinę informaciją. Paprastai duomenis išreiškia skaitinę ir kiekybinę informaciją paprasčiausias duomenų gavimo būdas – esamos, jau surinktos informacijos panaudojimas. Tuo atveju, kai negalime rasti informacijos rūpimu klausimu, duomenis tenka gauti savarankiškai tyrinėjant arba atliekant eksperimentą [3].

Svarbiausias poslinkio charakteristikas, bei svarbiausias sklaidos charakteristikas.

Vidurkis apskaičiuojamas taip:

$$\bar{x} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k f_i} \sum_{i=1}^k x_i \cdot f_i, \quad (3.7)$$

kur  $f_i$  žymi reikšmės  $x_i$  dažnį, o  $k$  – skirtingų reikšmių skaičių.

Absoliutinis nuokrypis lygus:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| \quad (3.8)$$

arba

$$\frac{1}{\sum_{i=1}^k f_i} \sum_{i=1}^k |x_i - \bar{x}| \cdot f_i \quad (3.9)$$

kur  $f_i$  žymi reikšmės  $x_i$  įgijimo dažnį, o  $k$  – skirtingų reikšmių skaičių. [3]

Dispersija dažniausiai žymima simboliu  $\sigma^2$  ir apibrėžiama formule:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.10)$$

arba

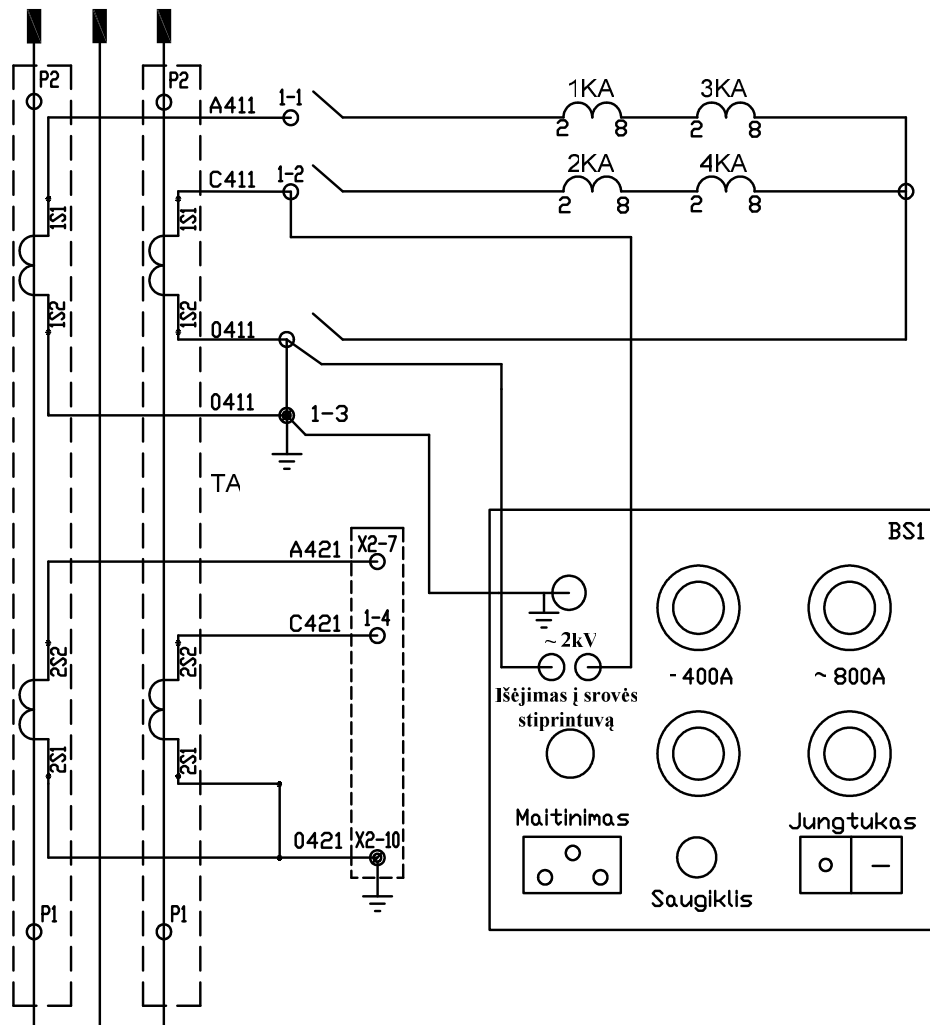
$$\sigma^2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^k f_i} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i \quad (3.11)$$

čia:  $f_i$  - dažnis

### 3.8 Elektromechaninių relių bandymų schemos

Tolesniuose poskyriuose pateikiamos jungimo schemos, kurios buvo naudojamos bandant apsaugas, schemų aprašymai.

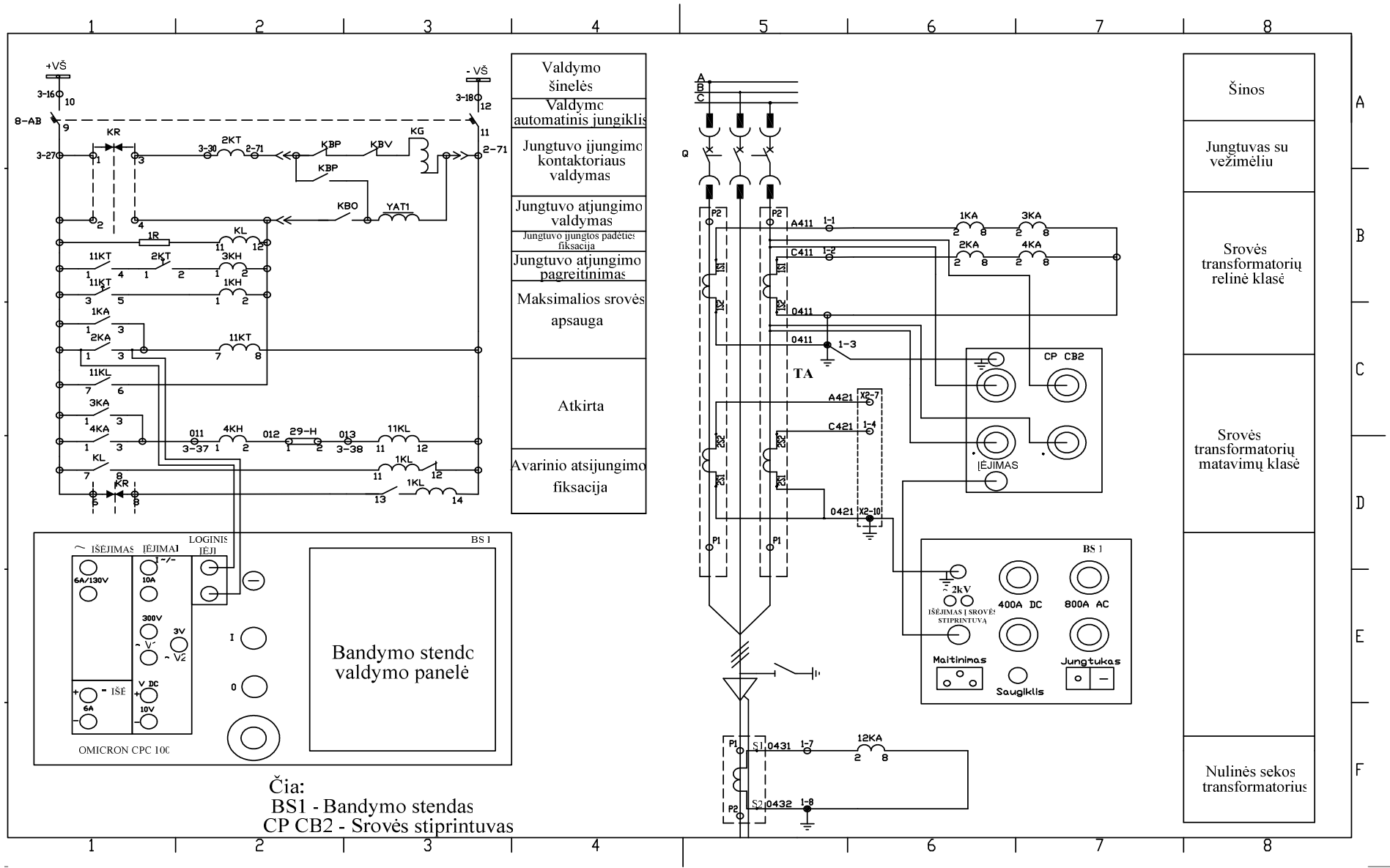
**Voltamperinės charakteristika.** Voltamperinė charakteristika yra sudaroma paduodant į srovės transformatorių antrinę grandinę srovę, ją tolygiai keliant ir matuojant įtampą. Tai mums automatiškai atliko bandymo stendas BS1. Voltamperinės charakteristikos nuėmimo schema parodyta 3.6 paveiksle.



3.6 pav. Voltamperinės charakteristikos bandymo schema

MSA apsaugų bandymai. Maksimalios srovės apsauga bandoma, padavus, į srovės transformatorių, pirminę srovę ir ja tolygiai keliant, o srovės poveikį nustatome pagal maksimalios srovės apsaugos relės KA kontakto būseną. Jungimo schema parodyta 3.7 paveiksle. Pirminei srovei pasiekti naudojamas „Omicron“ firmos srovės stiprintuvas „CP CB2“. Jis jungiamas prie srovės transformatoriaus pirminės grandinės, o bandymo stendo „OMICRON CPC 100“ (schemoje jis pavadintas BS 1) loginis įėjimas, prie srovinės relės 2KA kontakto. Keliant tolygiai srovę nustatomas srovės dydis prie kurio suveikia maksimalios srovės apsauga.

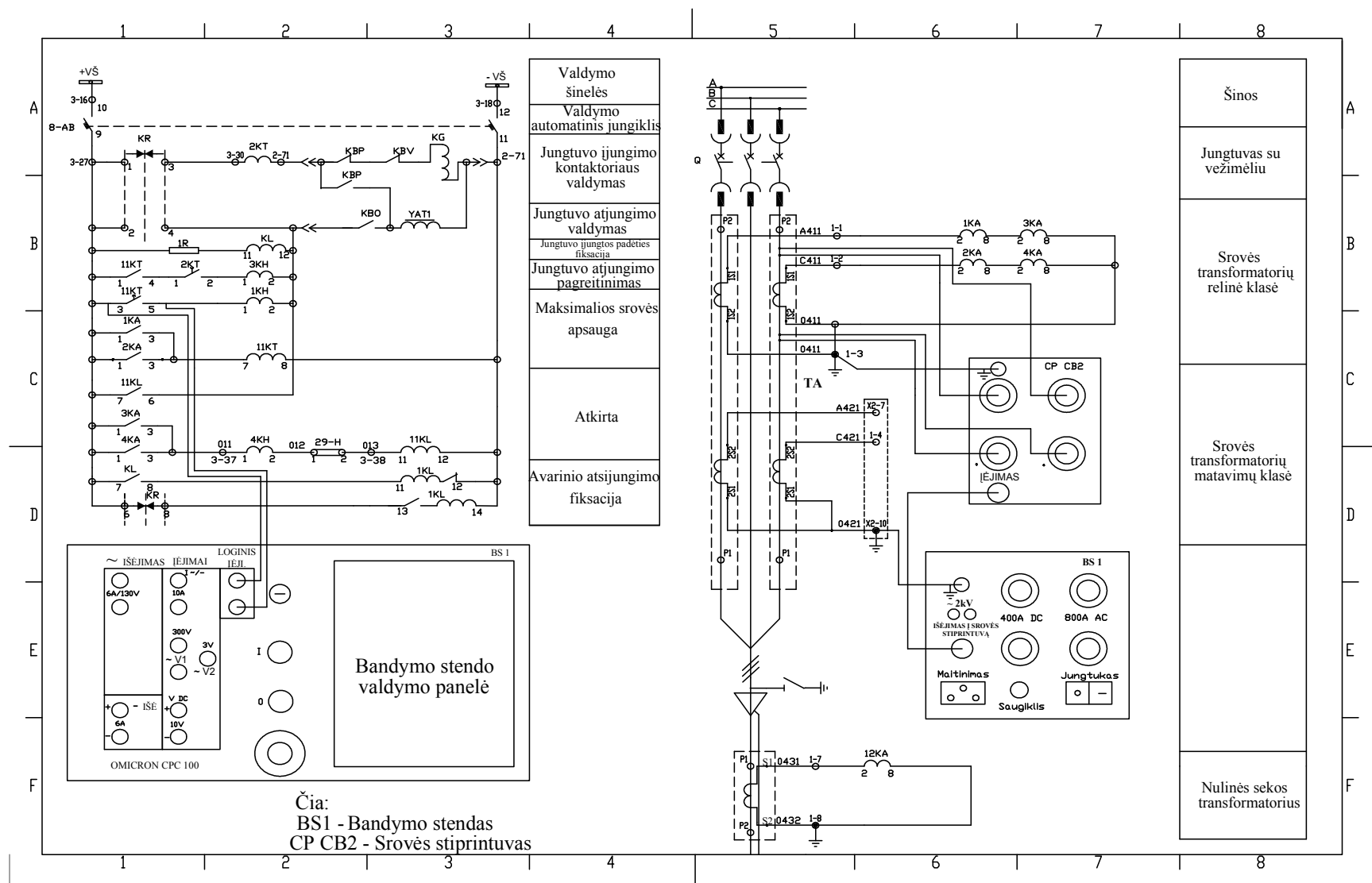
Maksimalios apsaugos suveikimo laiką nustatome padavę, į srovės transformatorių pirminę grandinę smūgiu trumpo jungimo srovės nuostatą ir kartu skaičiuojant laiką, kol užsidarys laiko relės 11KT kontaktas. Maksimalios apsaugos suveikimo laiko nustatymo schema pateikta 3.8 paveiksle.



3.7 pav. Maksimalios srovės apsaugos suveikimas pagal srovę bandymo schema

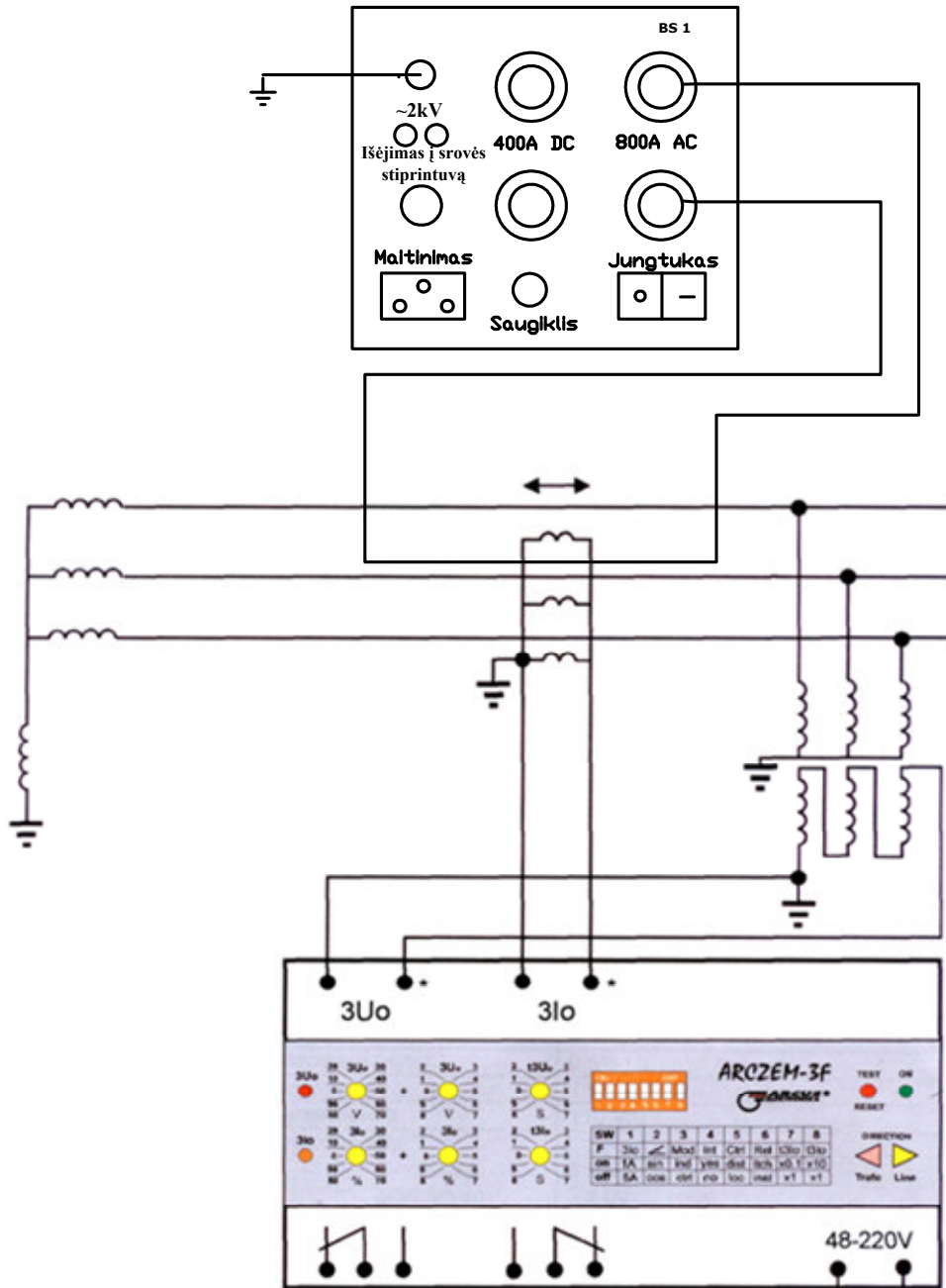






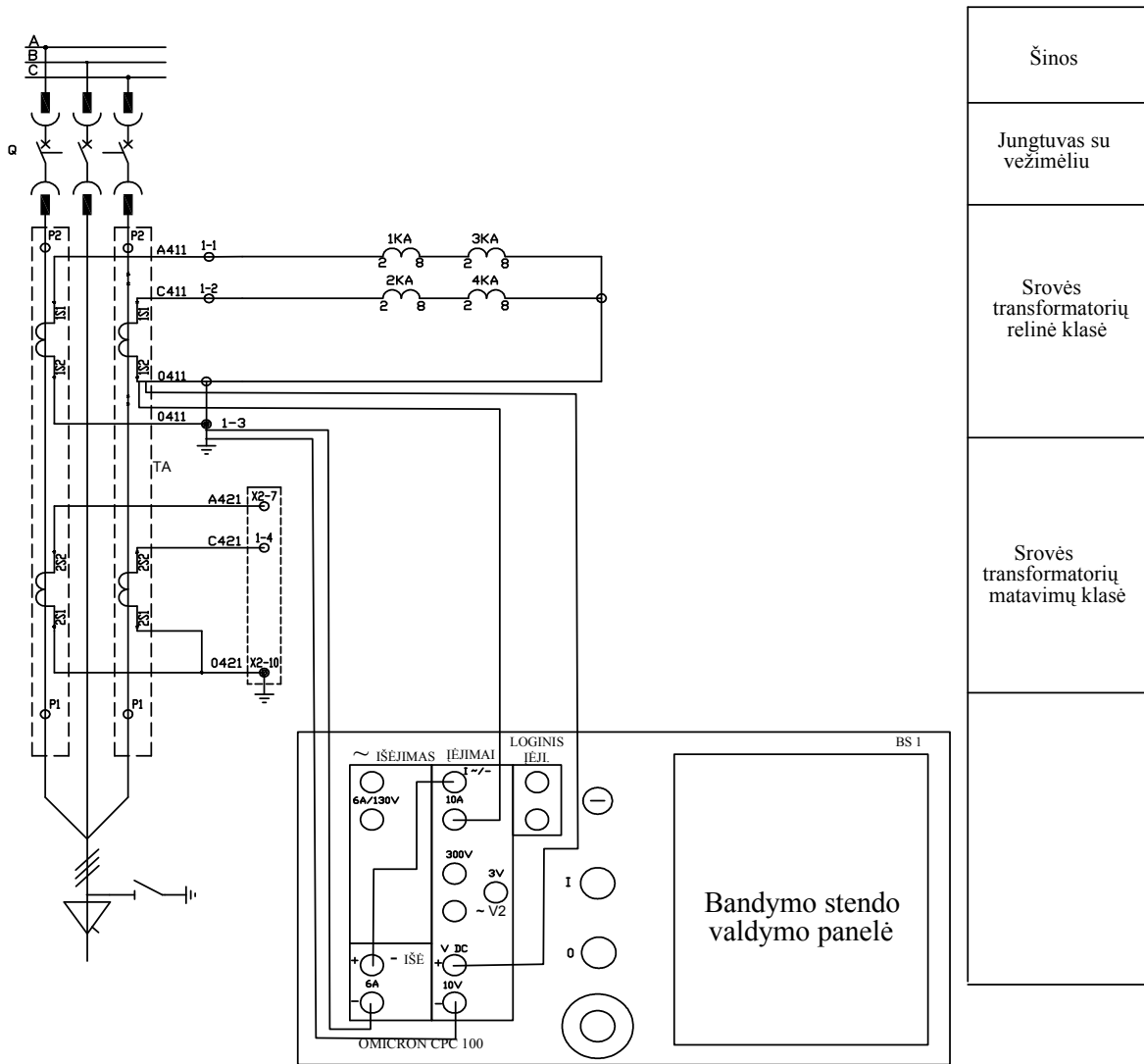
3.8 pav. Maksimalios srovės apsaugos suveikimo laiko bandymo schema

**Įžemėjimo apsaugų bandymai.** Įžemėjimo apsauga bandoma, padavus į nulinės sekos transformatorių nebalanso srovę, poveikis nustatomas pagal signalines lemputes. Įžemėjimo apsaugų bandymo jungimo schema pavaizduota 3.9 paveiksle.



3.9 pav. Įžemėjimo apsaugų bandymo schema

**Pereinamosios varžos matavimas.** Pereinamoji varža matuojama tarp žemės ir ižeminto srovės transformatoriaus apvijos galo. Pereinamoji varžos matavimo schema pavaizduota 3.10 paveiksle.



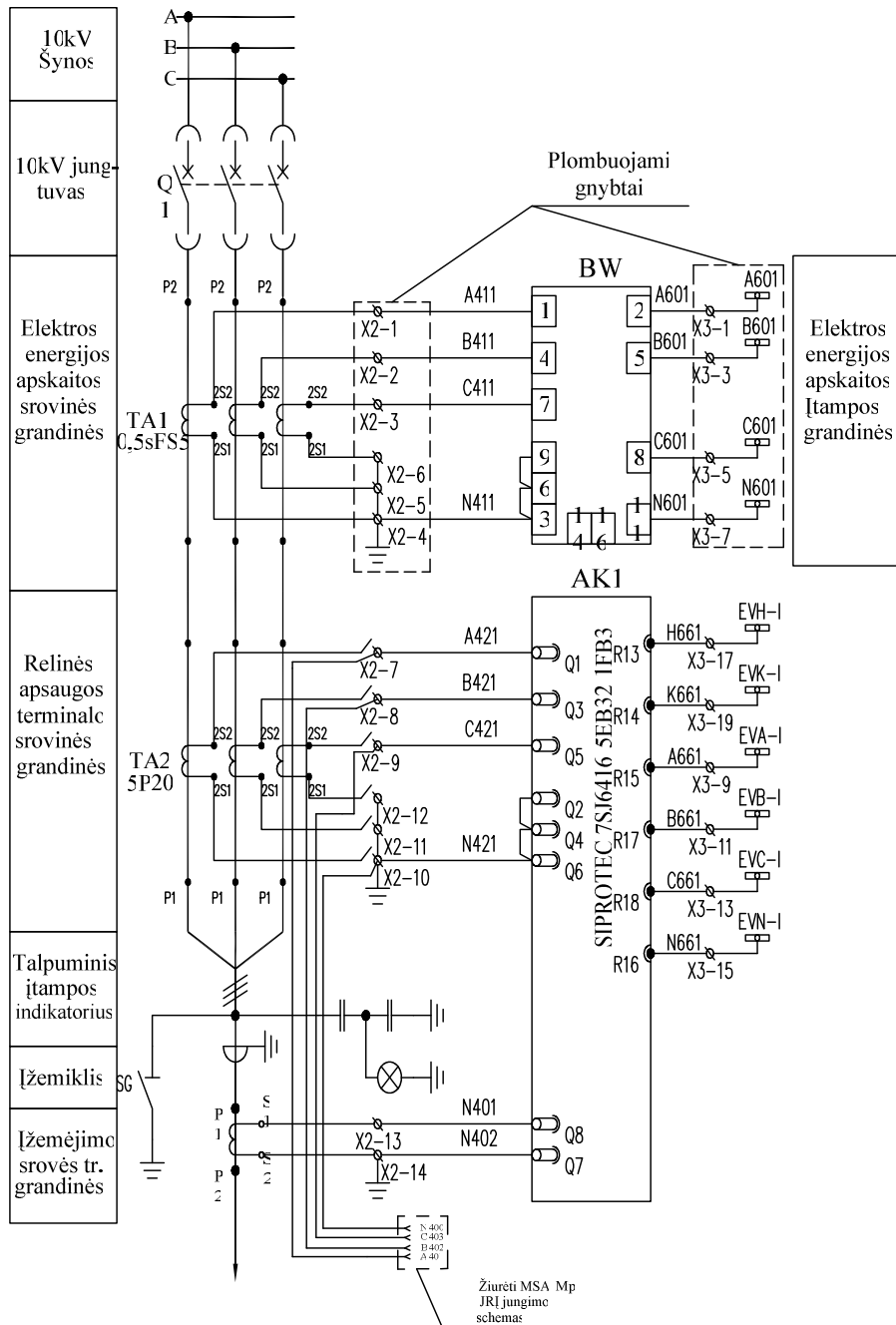
Šinos
Jungtuvas su vežimėliu
Srovės transformatorių relinė klasė
Srovės transformatorių matavimų klasė
Bandymo stendo valdymo panelė

3.10 pav. Pereinamosios varžos matavimo schema

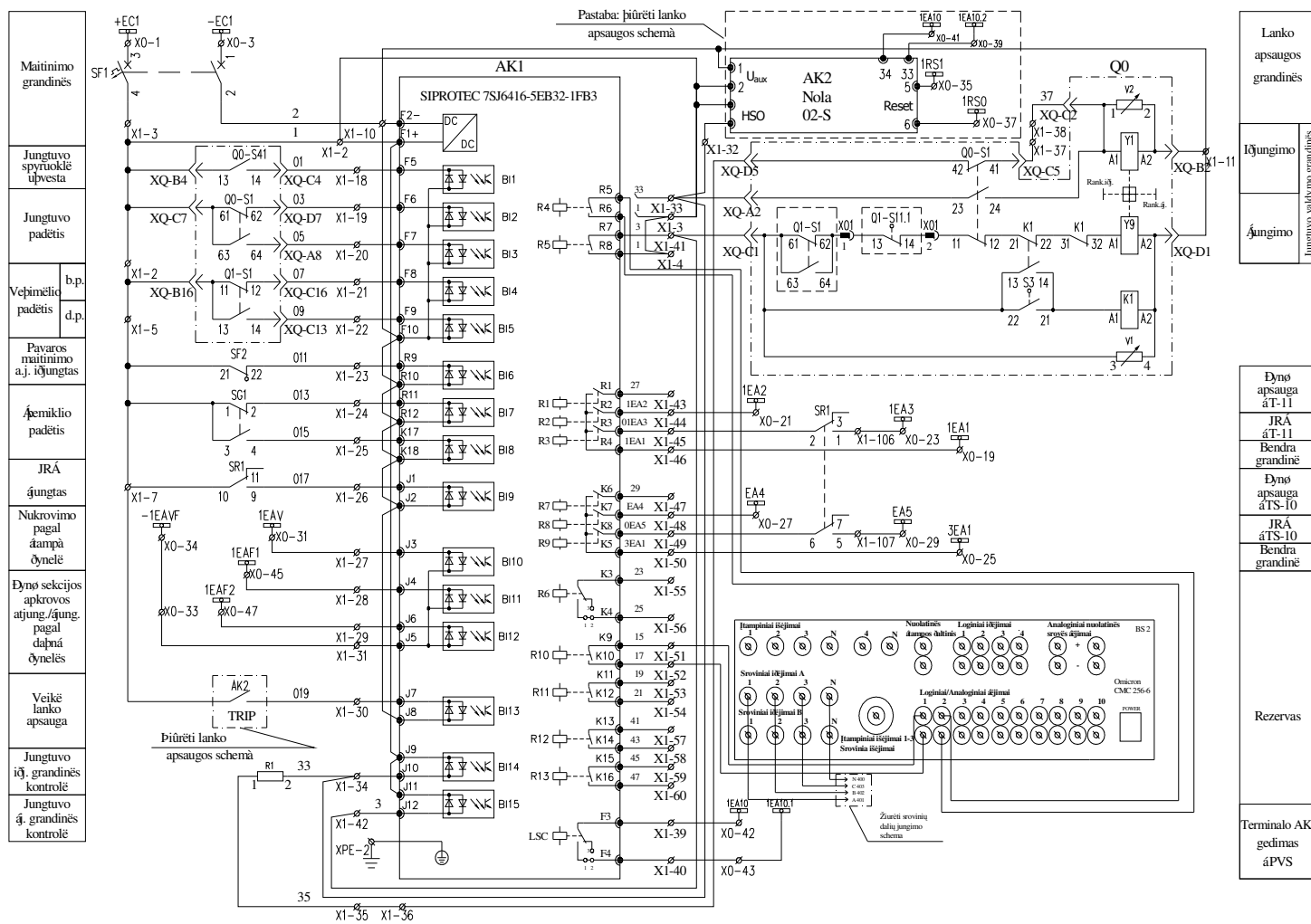
### 3.9 Mikroprocesorinių relių bandymų schemos

3.9 poskyryje aprašomos ir pateikiamos mikroprocesorinių apsaugų (MSA, Mp, LA, JRI, ADN, DAKI) bandymų schemos.

MSA bandymas 3.11 paveiksle pateikta MSA, Mp, JRI bandymų srovinių dalių jungimo schema (naudojama šiems trims bandymams). Iš jos matyti, kad bandymo stendo srovinės dalys yra jungiamos prie mikroprocesorinės relės analoginių įėjimų: Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6.



3.11 pav. Mikroprocesorinių relių srovinių dalių jungimo schema



3.12 pav. Maksimalios srovės apsaugos bandymo jungimo schema

3.12 pav. Maksimalios srovės apsaugos bandymo jungimo schema

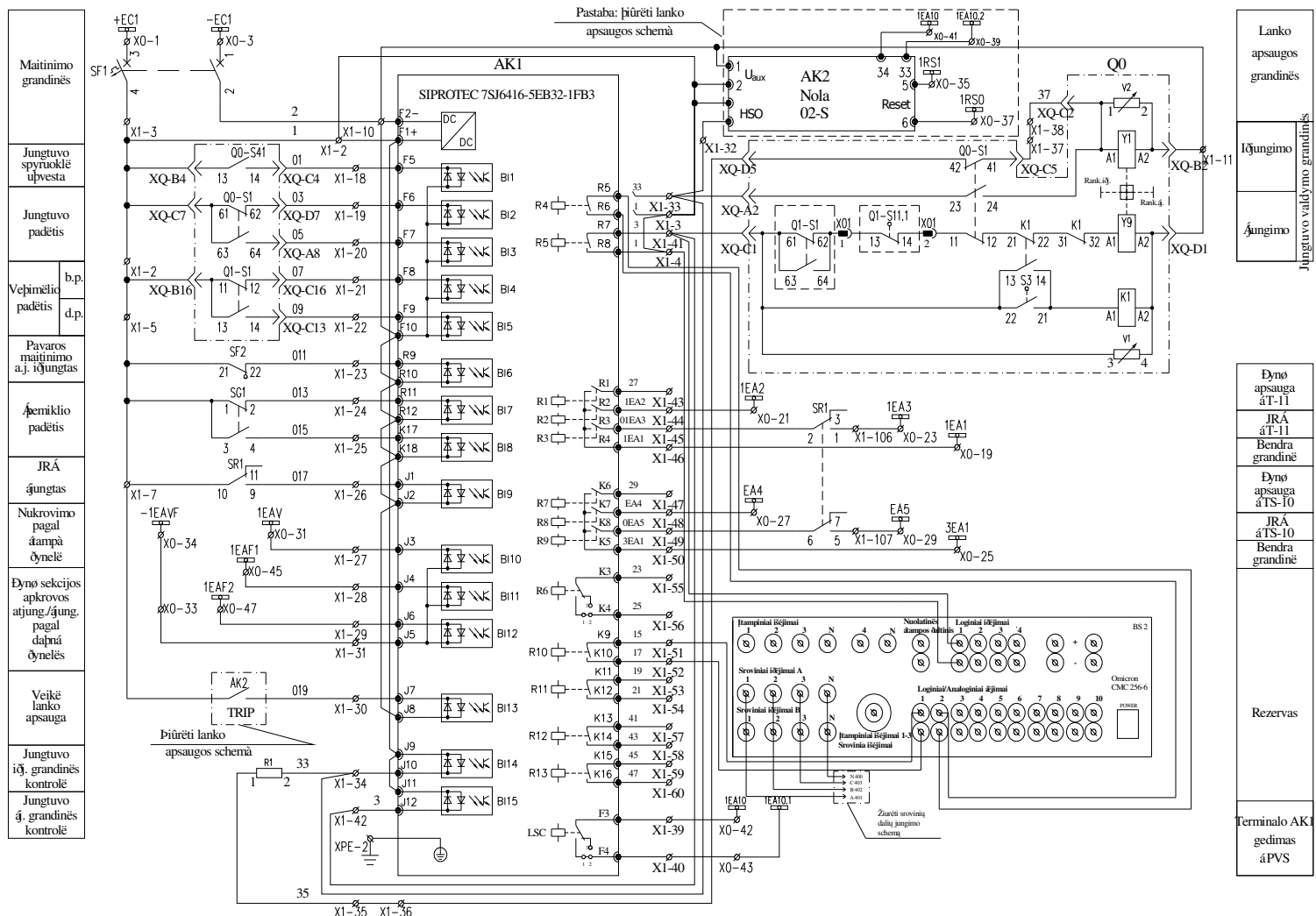
**Maksimalios srovės apsaugos** bandymui atlikti naudojama 3.12 paveiksle pavaizduota jungimo schema. Joje matyti, kad bandymo stendo BS 2 pirmas loginis įėjimas prijungtas prie apsaugos relės AK1 loginio išėjimo R10 relės, kuri suveikia atsiradus trumpo jungimo srovei. Bandymo stendo antras loginis įėjimas jungiamas prie mikroprocesorinės relės AK1 loginio išėjimo R4, kuris atjungia vakuuminį jungtuvą.

**Maksimalios srovės apsaugos pagreitinimo** bandymui atlikti naudojama 3.13 paveiksle pavaizduota jungimo schema. Joje matyti, kad bandymo stendo BS 2 pirmas ir antras loginiai įėjimai prijungti kaip MSA bandyme, o pirmas loginis išėjimas naudojamas vakuuminio jungtuvo įjungimui.

**Jungtuvo rezervavimo įtaiso** bandymams atlikti naudojama 3.14 paveiksle pavaizduota jungimo schema. Joje matyti, kad bandymo stendo BS 2 pirmas ir antras loginiai įėjimai prijungti kaip MSA bandyme, o trečias loginis įėjimas jungiamas prie mikroprocesorinės relės AK1 R9 arba R3 loginių išėjimų, jie veikia nuo JRĮ komandos. Taip pat reikia sujungti rakto SR1 10 ir 9 kontaktą.

**Lanko apsaugos** bandymui atlikti naudojama 3.15 paveiksle pavaizduota schema. Bandymo stendo loginis išėjimas imituoja lanko apsaugos relės AK2 suveikimą, o loginiu įėjimu stebimas mikroprocesorinės relės AK1 poveikis.

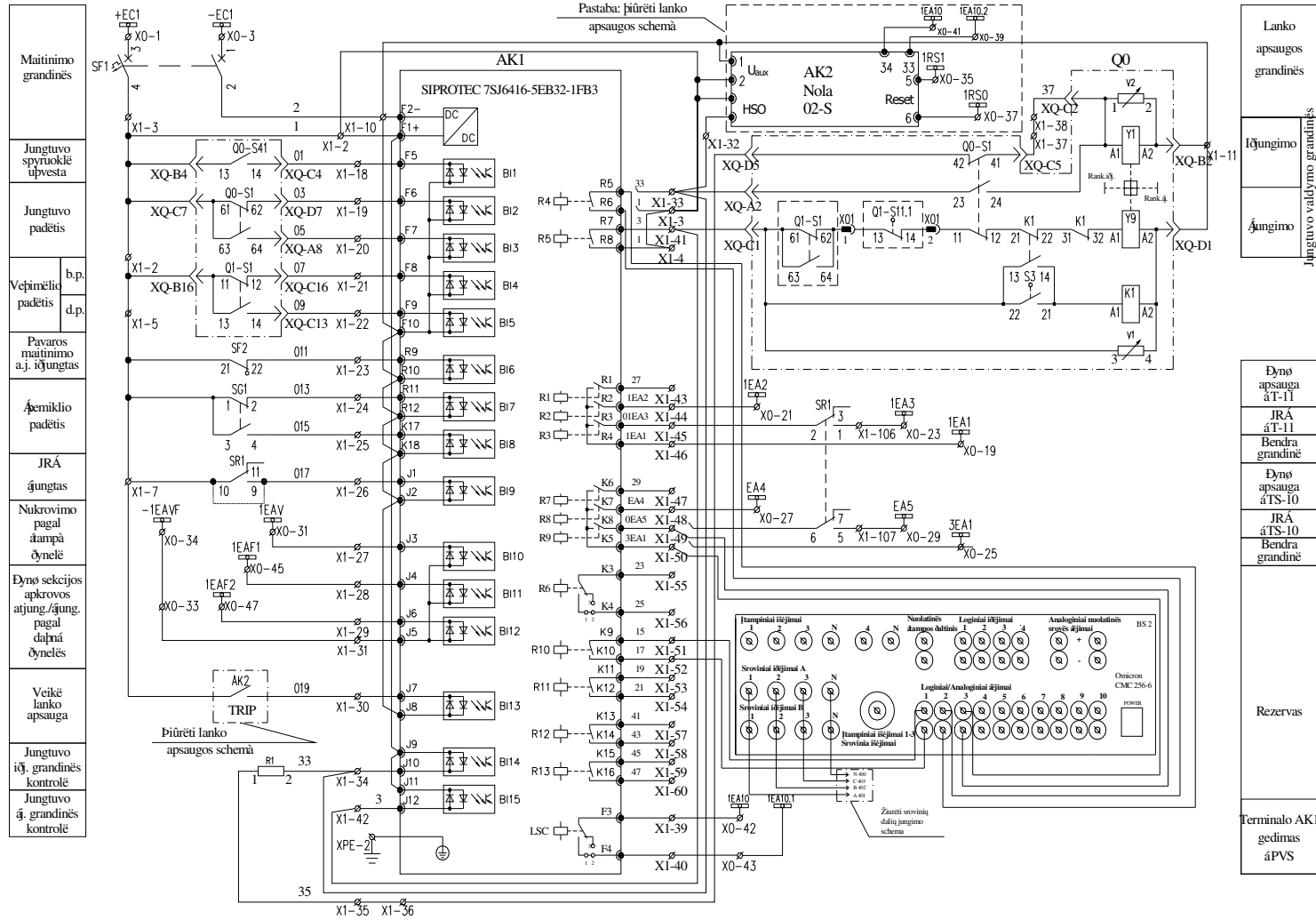
**Automatinio dažninio nukrovimo bei automatinio kartotinio įjungimo atsikūrus sistemos dažniui** bandymams atlikti naudojama schema (žr. 3.16 pav.). Bandymo stendu imituojamas įtampos atsiradimas 1EAF1 šinelėje. Mikroprocesorinė relė AK1 duoda atjungimo komandą, kuri užfiksuojama bandymo stende. Dingus 1EAF1 šinelėje įtampai AK1 relė pradeda skaičiuoti DAKĮ laiką, o jam praėjus duoda vakuuminio jungtuvo įjungimo komandą. Ši komanda fiksuojama bandymo stendu BS2.



3.13 pav. Maksimalios srovės apsaugos pagreitinimo bandymo jungimo schema

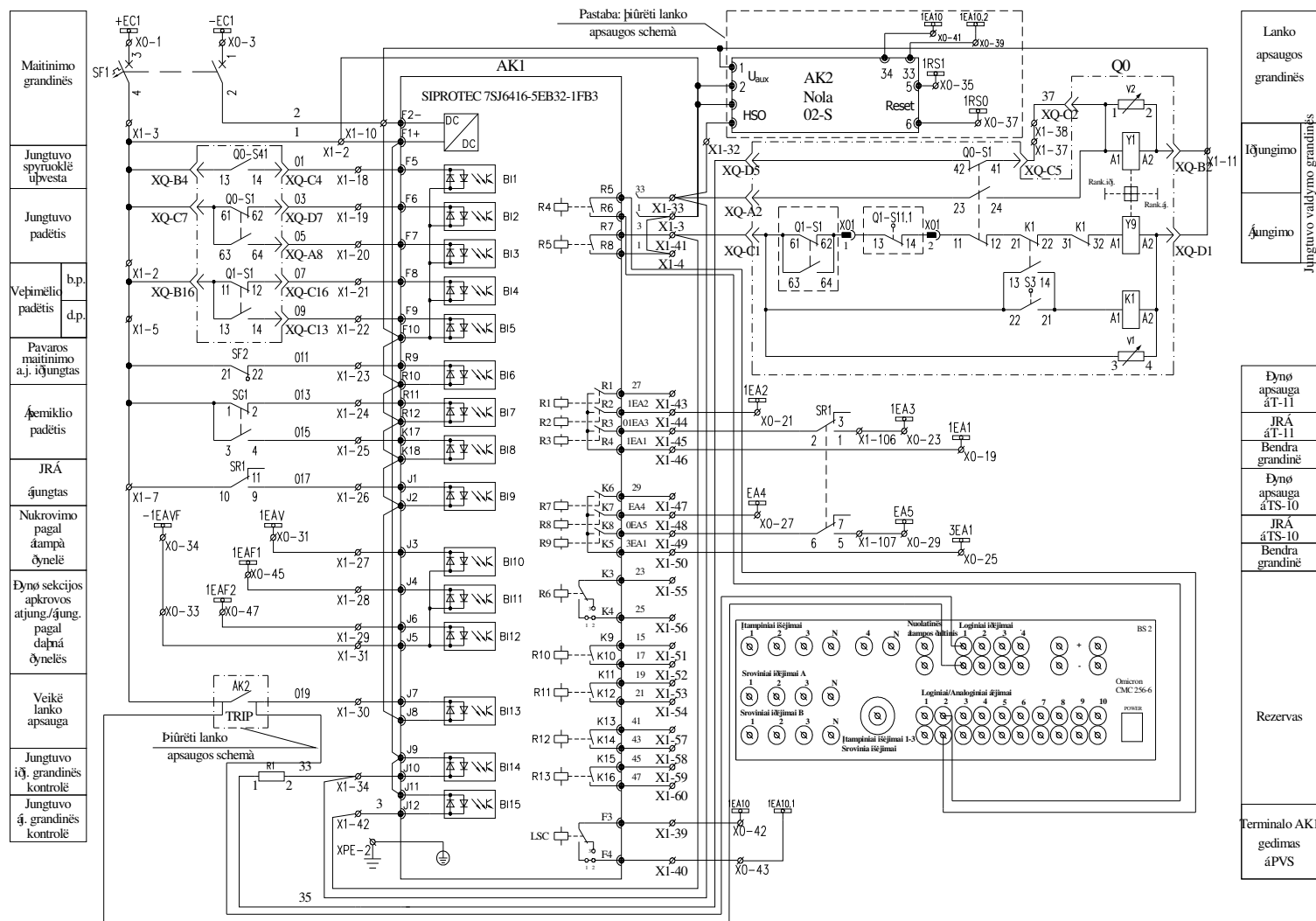
3.13 pav. Maksimalios srovės apsaugos pagreitinimo bandymo jungimo schema





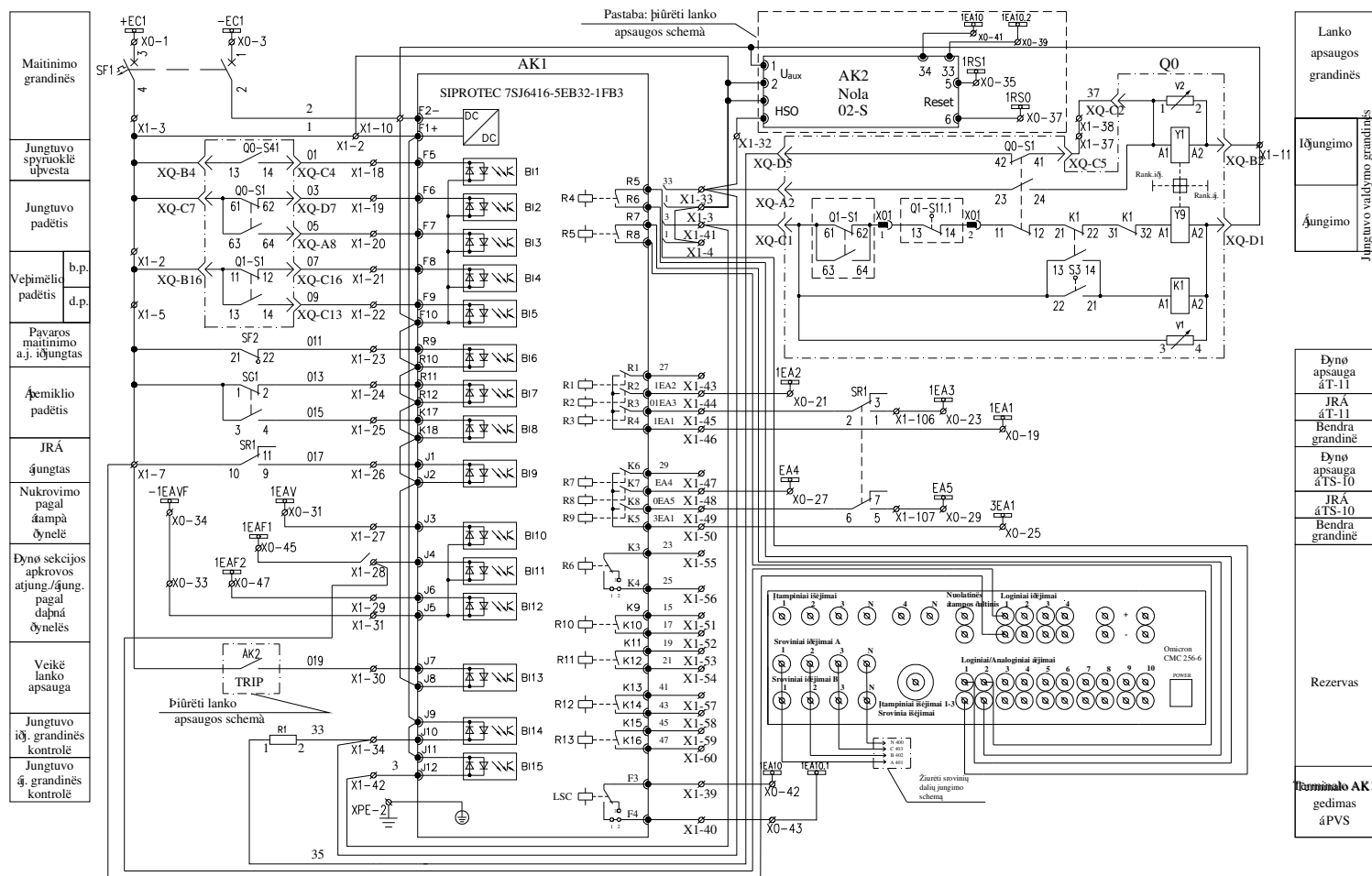
3.14 pav. Jungtuvo rezervavimo įtaiso bandymo jungimo schema

3.14 pav. Jungtuvo rezervavimo įtaiso bandymo jungimo schema



3.15 pav. Lanko apsaugos bandymo jungimo schema

3.15 pav. Lanko apsaugos bandymo jungimo schema



4.24 pav. ADN ir DAKĮ bandymo jungimo schema

3.16 pav., ADN, DAKĮ bandymo jungimo schema

## 4. EKSPLOTACINIŲ PARAMETRŲ TYRIMAS

### 4.1 Elektromechaninių relijų bandymai 10 kV skirstykloje

Šiaulių 330kV pastotėje 10 kV skirstykloje buvo atlikta RAA kontrolė. Imamos voltamperinės charakteristikos, nustatomi srovės transformatorių transformacijos koeficientai, išmatuota pereinamoji varža, išbandytos maksimalios srovės ir įžemėjimo apsaugos. Maksimalios srovės apsaugai naudojamos elektromechaninės RT-40 relės. Elektromechaninėse relėse naudojamos spyruoklės, kurių tamprumas nepastovus bei kitos priežastys lemia, kad laikui bėgant relės poveikio srovė kinta. Tai įvertinama patikimumo koeficientu  $k_p$ . PT-40 relėms jis lygus  $1,1 \leq k_p \leq 1,4$ . Relių poveikio srovė didesnė už srovę, būtina išlaikyti inkarą pritrauktoje padėtyje. Šis reiškinys įvertinamas grįžimo koeficientu  $k_{gr}$  ( $k_{gr} = I_{išlaikymo} / I_{poveikio}$ ), jo reikšmė elektromechaninei reliai PT40 yra  $k_{gr} = 0,8 - 0,85$ .

Įžemėjimo apsaugai naudojamos mikroprocesorinės ARCZEM – 3F. Šiaulių 330 kv pastotės 10 kV tinklo įžemėjimo signalizacija su elektromechaninėmis relėmis neužtikrina įžemėjusios 10 kV linijos teisingo nustatymo, esant sudėtingai 10 kV tinklo konfigūracijai ir ją operatyviai keičiant.

10 kV įžemėjimo signalizacijos rekonstrukcijos projektui panaudojo mikroprocesorines ARCZEM-3F relės, skirtas įžemėjimo signalizacijai tinkluose su izoliuota neutrале, kuriuose įžemėjimo srovė kompensuota arba nekompensuota. Įžemėjimo nustatymui panaudotas poslinkio kampo tarp nulinės sekos įtampos ir nulinės sekos srovės, atsirandančių įžemėjimo metu, matavimo metodas.

Relės nulinės sekos įtampos elementas prijungiamas prie 10 kV sekcijos įtampos transformatoriaus 3Uo įtampos grandinių, relės nulinės sekos srovės elementas prijungiamas per mygtukinį komutatorių prie tos pačios sekcijos 10 kV linijų nulinės sekos kabelinių srovės transformatorių. Mygtukiniu komutatoriumi išrenkama 10 kV linija kurioje įvyko įžemėjimas.

Įžemėjimo relės signaliniai kontaktai jungiami prie atitinkamos sekcijos signalizacijos ir telesignalizacijos grandinių. Relių maitinimas – 48-220V AC, DC.

Relės ir mygtukiniai komutatoriai sumontuoti 10 kV sekcijų įtampos transformatorių relinės apsaugos ir automatikos spintose, kontroliniai kabeliai į 10 kV linijų relinės apsaugos ir automatikos spintas eina relinės apsaugos ir automatikos šynelių loviuose. Visi naudojami įrenginiai ir medžiagos atitinka reikalavimus relinės apsaugos ir automatikos įrenginiams.

4.1 lentelėje pateikti elektromechaninių relijų bandymų duomenys.

4.1 lentelė

## Elektromechaninių relių bandymų duomenys

Eil. Nr	Pereinamoji varža, $\Omega$	Ižemėjimo apsauga, A	MSA A-fazės srovė, A	MSA C-fazė srovė, A	MSA laikas, S
1.	0,02434457	10	1324,0	1290,0	1,159
2.	0,00731226	6,5	1158,0	1150,0	1,172
3.	0,02461723	4,5	1160,0	1180,0	1,129
4.	0,0122243	3,0	1278,0	1182,0	1,235
5.	0,02899026	3,5	1160,0	1186,0	1,289
6.	0,02434457	10,0	1324,0	1290,0	1,159
7.	0,01061988	3,0	1344,0	1298,0	1,174
8.	0,00857396	5,0	1290,0	1326,0	0,761
9.	0,02520155	3,5	1198,0	1192,0	1,218
10.	0,02769976	3,0	1178,0	1162,0	1,066
11.	0,02463442	6,0	1182,0	1206,0	1,288
12.	0,02753397	4,5	1186,0	1152,0	1,119
13.	0,01162252	4,0	1278,0	1210,0	1,386
14.	0,01271239	3,5	1248,0	1226,0	1,318
15.	0,04300627	11,0	1256,0	1228,0	1,124
16.	0,07243891	5,0	1206,0	1218,0	1,336
17.	0,0124663	5,0	1268,0	1286,0	1,366
18.	0,04752432	5,0	1192,0	1190,0	1,126
19.	0,01628133	3,5	1204,0	1218,0	1,156
20.	0,06823489	5,0	1168,0	1206,0	1,288
21.	0,00930316	8,5	1160,0	1268,0	1,083
22.	0,01632895	3,0	1204,0	1240,0	0,72
23.	0,03018831	4,0	1162,0	1162,0	1,056
24.	0,03285133	5,0	1276,0	1298,0	1,167
25.	0,02376502	10,5	1198,0	1202,0	0,619
26.	0,00902675	5,0	1172,0	1182,0	1,264

4.2 lentelėje pateikti elektromechaninių relių bandymų nuokrypiai nuo užduoties.

4.2 lentelė

### Elektromechaninių relių bandymų nuokrypiai

Įžemėjimo apsaugos nuokrypis A	MSA-A fazės nuokrypis A	MSA-C fazės nuokrypis A	MSA laiko nuokrypis S	Įžemėjimo apsaugos nuokrypis %	MSA-A fazės nuokrypis %	MSA-C fazės nuokrypis %
-2	24	-10	0,059	-16,667	1,846	-0,769
-5,5	-42	-50	0,072	-45,833	-3,500	-4,167
-7,5	-40	-20	0,029	-62,500	-3,333	-1,667
-9	78	-18	0,135	-75,000	6,500	-1,500
-8,5	-40	-14	0,189	-70,833	-3,333	-1,167
-2	24	-10	0,059	-16,667	1,846	-0,769
-9	44	-2	0,074	-75,000	3,385	-0,154
-7	-10	26	-0,339	-58,333	-0,769	2,000
-8,5	-2	-8	0,118	-70,833	-0,167	-0,667
-9	-22	-38	-0,034	-75,000	-1,833	-3,167
-6	-18	6	0,188	-50,000	-1,500	0,500
-7,5	-14	-48	0,019	-62,500	-1,167	-4,000
-8	78	10	0,286	-66,667	6,500	0,833
-8,5	48	26	0,218	-70,833	4,000	2,167
-1	56	28	0,024	-8,333	4,667	2,333
-7	6	18	0,136	-58,333	0,500	1,500
-7	-32	-14	0,066	-58,333	-2,462	-1,077
-7	-8	-10	0,026	-58,333	-0,667	-0,833
-8,5	4	18	0,056	-70,833	0,333	1,500
-7	-32	6	0,188	-58,333	-2,667	0,500
-3,5	-40	68	-0,017	-29,167	-3,333	5,667
-9	4	40	-0,38	-75,000	0,333	3,333
-8	-38	-38	-0,044	-66,667	-3,167	-3,167
-7	-24	-2	0,067	-58,333	-1,846	-0,154
-1,5	-2	2	0,119	-12,500	-0,167	0,166667
-7	-28	-18	0,164	-58,333	-2,333	-1,5

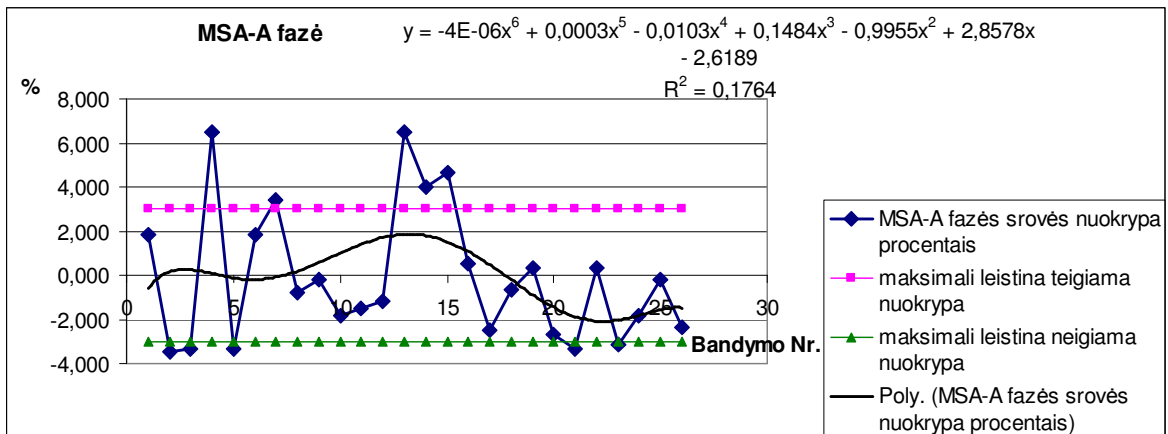
Visuose sekančiuose paveiksluose (4.1, 4.2, 4.4, 4.6, 4.7 pav.) patiekama tokia informacija:

- statistiniai duomenys;
- polinominė funkcija, aproksimuota kreivė, paskaičiuota naudojant šią formulę:

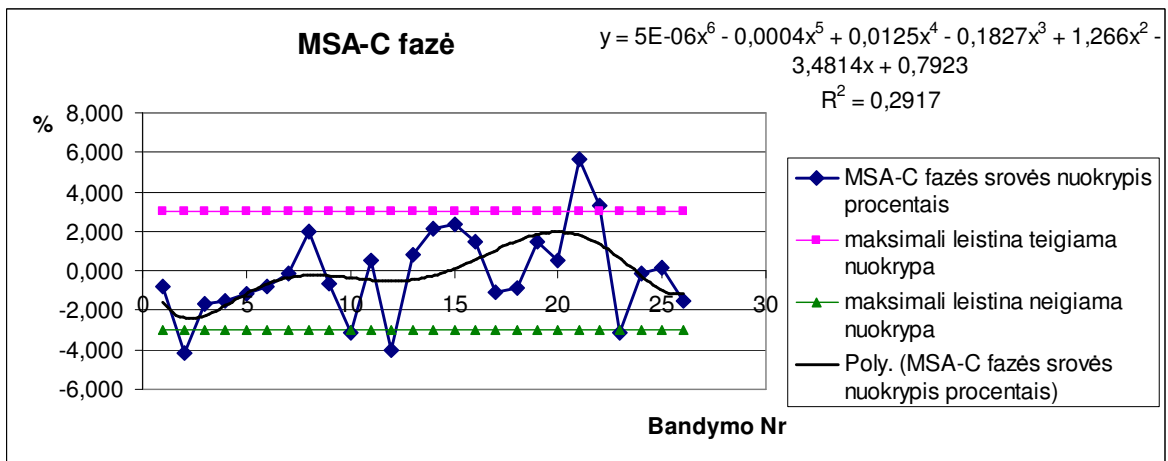
$$y = b + c_1x + c_2x^2 + \dots + c_6x^6 \tag{4.1}$$

čia:  $b, c_1, c_2, \dots, c_6$  – konstantos.

4.1 ir 4.2 paveiksle pateikta maksimalios srovės apsaugos srovės nuokrypiai procentais.



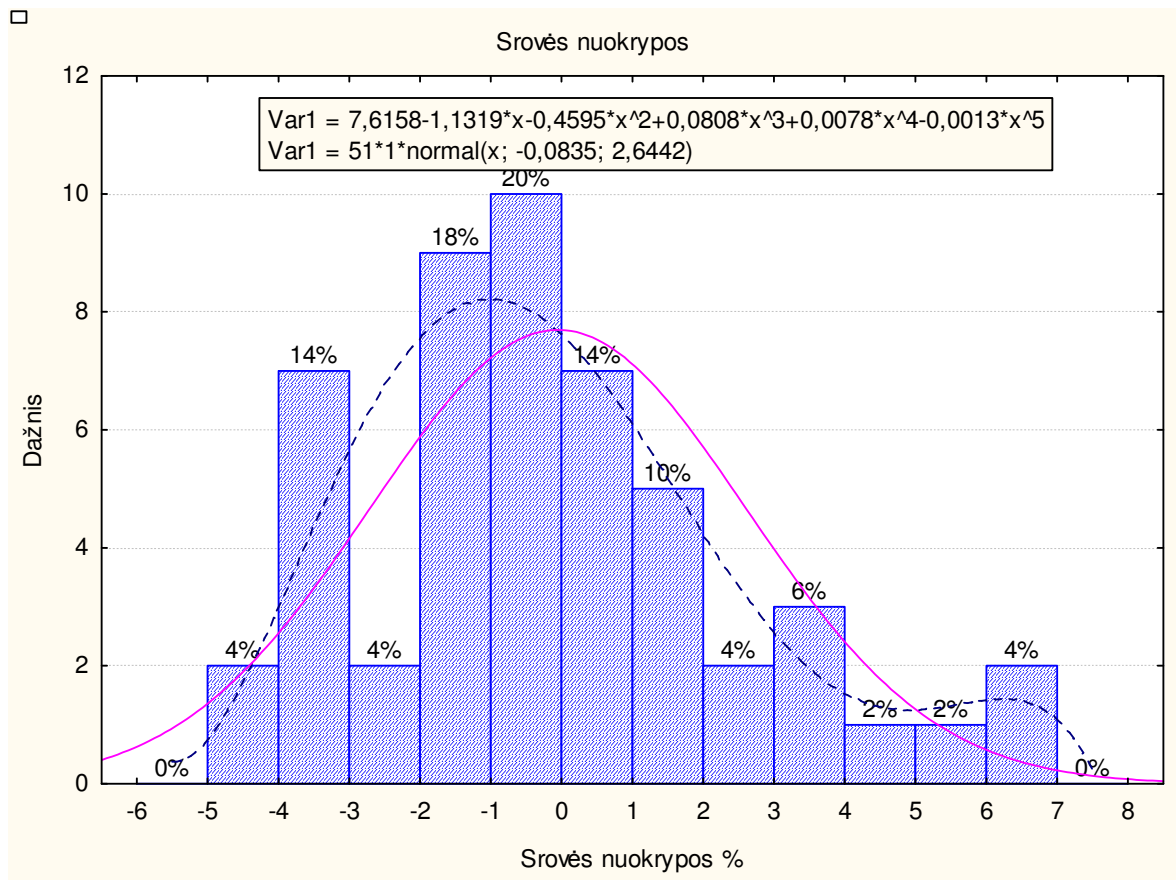
4.1 pav. MSA – A fazės srovės nuokrypos



4.2 pav. MSA – C fazės srovės nuokrypos

Grafikai rodo, kad iš atliktų 52 bandomų 15-oje srovė viršijo leistinas ribas, tai sudaro 29 proc.

4.3 paveiksle pavaizduota maksimalios srovės apsaugos nuokrypų histograma, iš kurios matyti srovės nuokrypų pasiskirstymas. Histograma rodo, kad iš atliktų 50 bandomų, 10 iš jų nuokrypa buvo nuo 0 iki -1. Tai sudaro 20 proc. visų atliktų bandomų.



4.3 pav. Srovės nuokrypų histograma

MSA srovės nuokrypų histograma aproksimuojama penktos eilės polinomine lygtimi:

$$y(x_i)=7,6158-1,1319x-0,4595x^2+0,0808x^3+0,0078x^4-0,0013x^5 \quad (4.2)$$

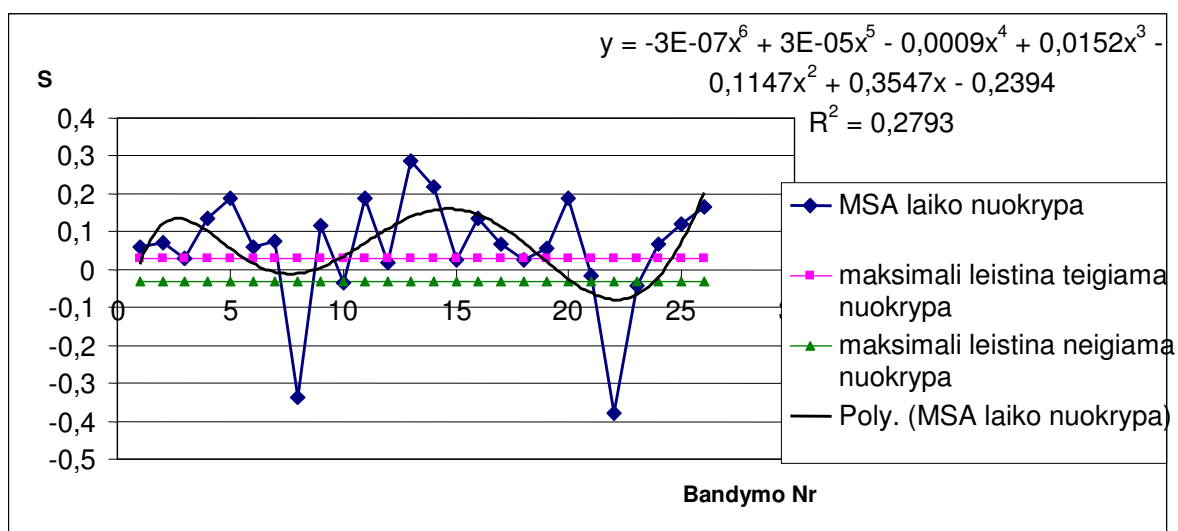
čia:  $y(x_i)$  – srovės nuokrypų dažnio funkcija,  $x$  – srovės nuokrypos

Ji pavaizduota 4.3 pav. punktyrine linija. Bei paklūsta normaliniam skirstiniui:

$$f(x) = \frac{1}{6,95\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x+0,127}{6,95}\right)^2} \quad (4.3)$$

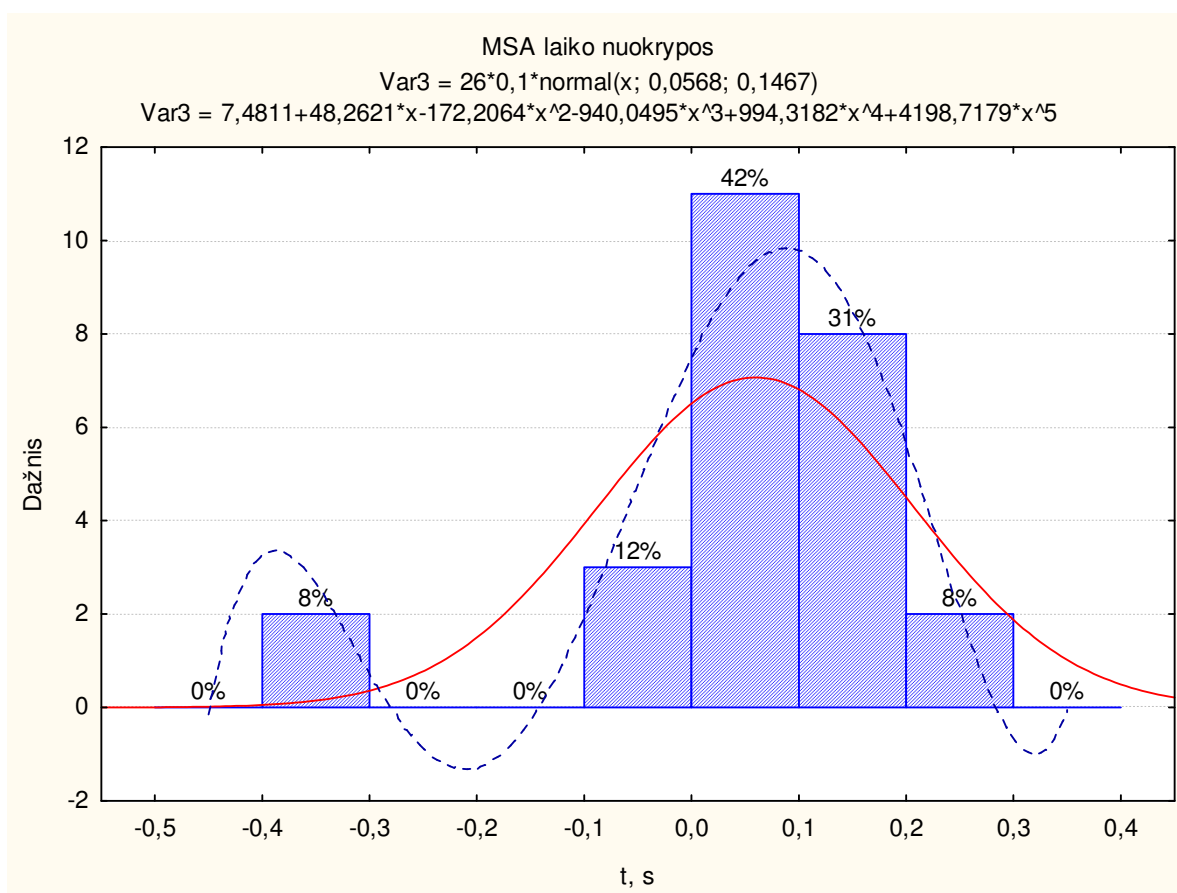
Jis pavaizduotas 4.3 pav. ištisine linija.





4.4 pav. MSA laiko nuokrypos

Atlikus 26 MSA laiko poveikio bandymus, iš jų net 24 bandymai viršijo leistinas ribas, tai sudaro net 92,3 proc. Kaip matyti iš histogramos, laiko nuokrypos svyruoja nuo -0,1 iki 0,3 sekundžių. Tai pat yra du bandymai, kurių nuokrypos yra tarp -0,4 iki -0,3 s.



4.5 pav. MSA laiko nuokrypų histograma

MSA laiko nuokrypų histograma aproksimuojama penktos eilės polinomine lygtimi.

$$y(t_i) = 7,4811 + 48,2621t - 172,2064t^2 + 940,0495t^3 + 994,3182t^4 - 4198,7179t^5 \quad (4.4)$$

čia:  $y(t_i)$  – MSA laiko nuokrypų dažnio funkcija,

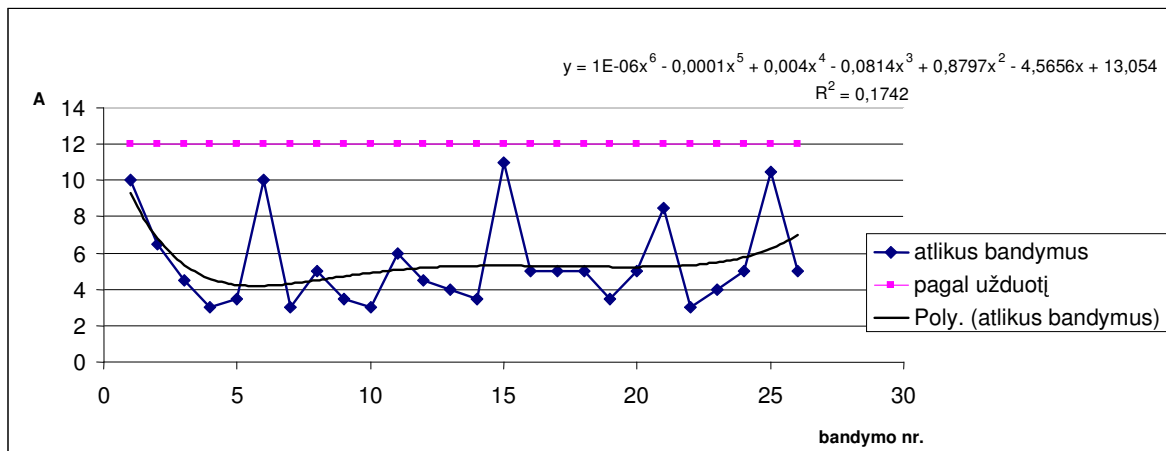
$t$  – laiko nuokrypos.

Ji pavaizduota 4.5 paveiksle punktyrine linija. Bei paklusta normaliniam skirstiniui:

$$f(x) = \frac{1}{0,147\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-0,057}{0,147}\right)^2} \quad (4.5)$$

Jis pavaizduotas 4.5 pav. ištisine linija.

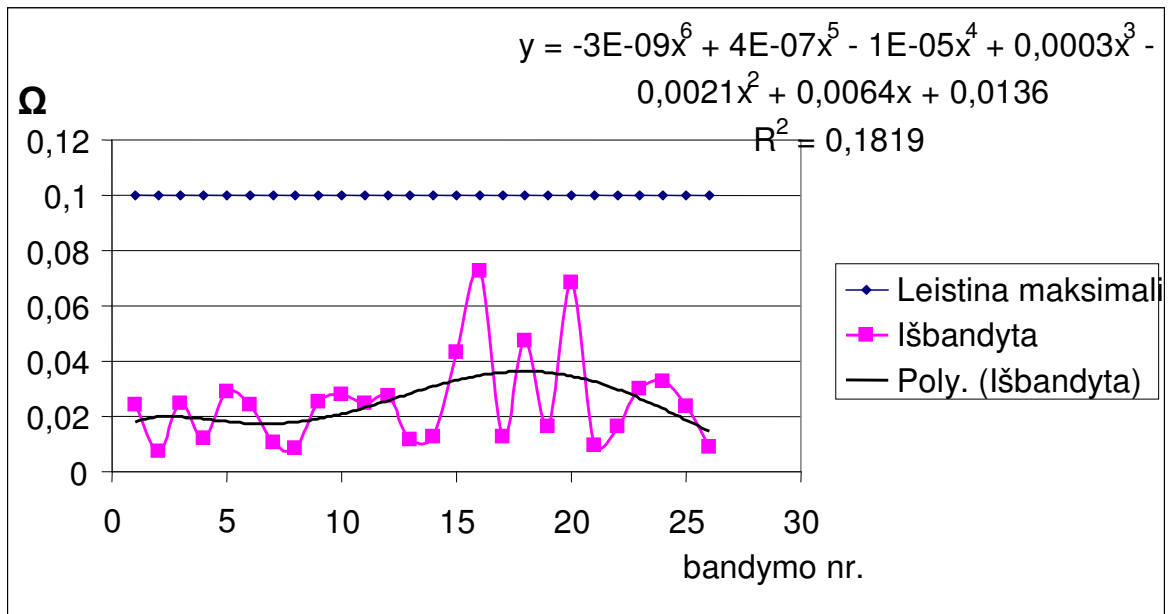
4.6 paveiksle pateikta įžemėjimo apsaugų bandymo grafikas.



4.6 pav. Įžemėjimo apsaugų bandymo grafikas

Kaip matyti iš grafiko, įžemėjimo apsauga yra jautresnė nei reikalaujama dokumentuose. Tai galima paaiškinti tuo, kad elektromechaninės įžemėjimo apsaugos relės buvo pakeistos jautresnėmis mikroprocesorinėmis relėmis.

4.7 paveiksle pateikta pereinamosios varžos matavimų rezultatų grafikas.



4.7pav. Pereinamųjų varžų matavimai

Kaip matyti iš grafiko nei viena varža neviršijo leistinos ribos. Todėl galima daryti išvadas, kad kontaktai nėra pažeisti korozijos.

### 4.2 Mikroprocesorinių relių bandymai 10 kV skirstykloje

Radviliškio 110/10 kV pastotėje atliktas pirmas pilnutinis patikrinimas. Buvo bandomos mikroprocesorinės relės. Bandymai buvo atliekami naudojant prieš tai pateiktomis schemomis.

4.8 paveikslėlyje pateikta maksimalios srovės apsaugos charakteristika. Ji aprašoma tokia funkcija [9]:

$$t(I_T) = \frac{A \cdot t_d + K1}{\left(\frac{I_T}{I_s \cdot I_n}\right)^P - Q} + B \cdot t_d + K2 \quad (4.6)$$

čia: A, B, P, K1, K2, Q – parametrai apsprendžiantis charakteristikos formą;

$t_d$  – poveikio delsa;

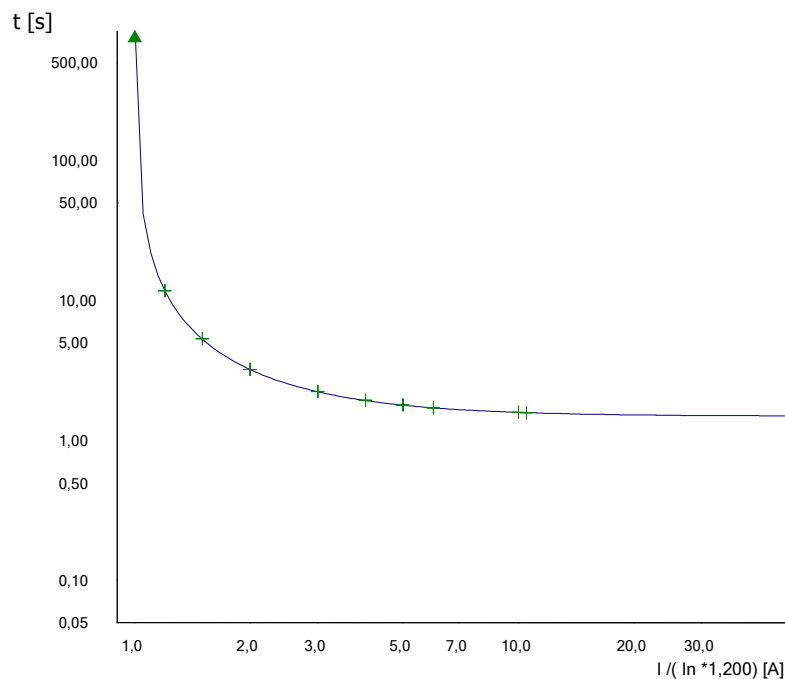
$I_s$  – srovės kreivės indeksas;

$I_n$  – nominali srovė (5 A arba 1 A);

$I_T$  – testuojama srovė.

Duotu atveju  $K1=K2=0$ ;  $A=0,48$  s;  $B=0,21$  s;  $P=1,56$  s,  $Q=1$ ;  $I_n=5$  A;  $t_d=7$  s;  $I_s=1,2$ ; Tai funkcija atrodys taip:

$$t(I_T) = \frac{3,36}{\left(\frac{I_T}{6}\right)^{1,56} - 1} + 1,47 \quad (4.7)$$



4.8 pav. MSA charakteristikos

4.8 paveiksle pateikta teorinė MSA charakteristika (mėlyna linija), o žali kryžiuokai žymi bandytus taškus.

4.3 lentelėje pateikti maksimalios srovės bandymų rezultatai.

4.3 lentelė

**Maksimalios srovės apsaugų bandymų rezultatai**

	Teorinis laikas	Gautas laikas	Laiko nuokrypa	Procentinė nuokrypa
Bandymas	t, s	t,s	$\Delta t$ , s	$\Delta t$ , %
1	3,338	3,366	-0,028	-0,839
2	1,512	1,536	-0,024	-1,587
3	0,918	0,917	0,002	0,185
4	0,030	0,037	-0,007	-24,000
5	0,030	0,036	-0,006	-19,333
6	0,030	0,037	-0,007	-23,000
7	0,030	0,027	0,003	8,667
8	0,030	0,027	0,003	9,667
9	3,338	3,377	-0,039	-1,168
10	1,512	1,527	-0,015	-0,992
11	0,918	0,917	0,002	0,196
12	0,030	0,036	-0,006	-19,000
13	0,030	0,036	-0,006	-19,667
14	0,030	0,027	0,003	10,000
15	0,030	0,027	0,003	9,667
16	0,030	0,027	0,004	11,667
17	3,338	3,366	-0,028	-0,839
18	1,512	1,536	-0,024	-1,587
19	0,918	0,917	0,001	0,142
20	0,030	0,038	-0,008	-26,000
21	0,030	0,037	-0,007	-22,667
22	0,030	0,027	0,003	9,333
23	0,030	0,027	0,003	11,000
24	0,030	0,027	0,003	9,667
25	3,338	3,398	-0,060	-1,797
26	1,512	1,528	-0,016	-1,058
27	9,183	9,178	0,005	0,054
28	0,637	0,636	0,001	0,188
29	0,551	0,556	-0,005	-0,852
30	0,512	0,517	-0,005	-1,075
31	0,030	0,037	-0,007	-24,000
32	0,030	0,037	-0,007	-24,333
33	3,338	3,367	-0,029	-0,869
34	1,512	1,538	-0,026	-1,720
35	0,918	0,917	0,001	0,109

36	0,637	0,636	0,001	0,141
37	0,551	0,557	-0,005	-0,961
38	0,512	0,518	-0,006	-1,271
39	0,030	0,037	-0,007	-22,667
40	0,030	0,038	-0,008	-27,333
41	3,338	3,358	-0,020	-0,599
42	1,512	1,527	-0,015	-0,992
43	0,918	0,918	0,000	0,033
44	0,637	0,638	0,000	-0,031
45	0,551	0,556	-0,005	-0,889
46	0,512	0,517	-0,006	-1,095
47	0,030	0,038	-0,008	-26,000
48	0,030	0,037	-0,007	-23,000
49	11,683	11,766	-0,083	-0,711
50	5,293	5,336	-0,043	-0,814
51	3,214	3,216	-0,002	-0,056
52	2,231	2,236	-0,005	-0,233
53	1,930	1,937	-0,007	-0,383
54	1,791	1,795	-0,005	-0,262
55	1,713	1,716	-0,003	-0,187
56	1,590	1,586	0,004	0,226
57	1,583	1,576	0,007	0,423
58	11,683	11,746	-0,063	-0,536
59	5,293	5,326	-0,033	-0,625
60	3,214	3,226	-0,012	-0,376
61	2,231	2,236	-0,005	-0,233
62	1,930	1,926	0,004	0,228
63	1,791	1,796	-0,006	-0,307
64	1,713	1,716	-0,004	-0,216
65	1,590	1,586	0,003	0,214
66	1,583	1,576	0,007	0,442
67	11,683	11,796	-0,113	-0,966
68	5,293	5,316	-0,024	-0,452
69	3,214	3,216	-0,002	-0,072
70	2,231	2,237	-0,007	-0,300
71	1,930	1,926	0,004	0,202
72	1,791	1,796	-0,005	-0,279
73	1,713	1,716	-0,003	-0,187
74	1,590	1,585	0,004	0,277
75	1,583	1,576	0,007	0,417
76	11,680	11,770	-0,090	-0,771
77	5,293	5,295	-0,002	-0,038
78	3,214	3,217	-0,003	-0,093
79	2,231	2,237	-0,006	-0,269

80	1,930	1,927	0,003	0,155
81	1,791	1,797	-0,006	-0,335
82	1,713	1,717	-0,004	-0,234
83	1,590	1,587	0,003	0,189
84	1,583	1,578	0,005	0,316
85	11,680	11,760	-0,080	-0,685
86	5,293	5,326	-0,033	-0,623
87	3,214	3,217	-0,003	-0,093
88	2,231	2,236	-0,005	-0,224
89	1,930	1,927	0,003	0,155
90	1,791	1,796	-0,005	-0,279
91	1,713	1,717	-0,004	-0,234
92	1,590	1,587	0,003	0,189
93	1,583	1,576	0,007	0,442
94	11,680	11,780	-0,100	-0,856
95	5,293	5,296	-0,003	-0,057
96	3,214	3,207	0,007	0,218
97	2,231	2,226	0,005	0,224
98	1,930	1,938	-0,008	-0,415
99	1,791	1,788	0,003	0,168
100	1,713	1,718	-0,005	-0,292
101	1,590	1,586	0,004	0,252
102	1,583	1,576	0,007	0,442
103	6,676	6,716	-0,040	-0,599
104	3,024	3,027	-0,002	-0,073
105	1,837	1,837	0,000	-0,022
106	1,275	1,276	-0,001	-0,102
107	1,103	1,107	-0,004	-0,345
108	1,023	1,026	-0,003	-0,283
109	0,979	0,976	0,003	0,307
110	0,908	0,897	0,012	1,266
111	0,904	0,897	0,008	0,863
112	6,676	6,726	-0,050	-0,750
113	3,024	3,047	-0,023	-0,747
114	1,837	1,836	0,000	0,016
115	1,275	1,278	-0,003	-0,228
116	1,103	1,107	-0,004	-0,381
117	1,023	1,026	-0,003	-0,264
118	0,979	0,975	0,003	0,337
119	0,908	0,896	0,013	1,387
120	0,904	0,898	0,006	0,719
121	6,676	6,706	-0,030	-0,451
122	3,024	3,026	-0,002	-0,069
123	1,837	1,837	-0,001	-0,033

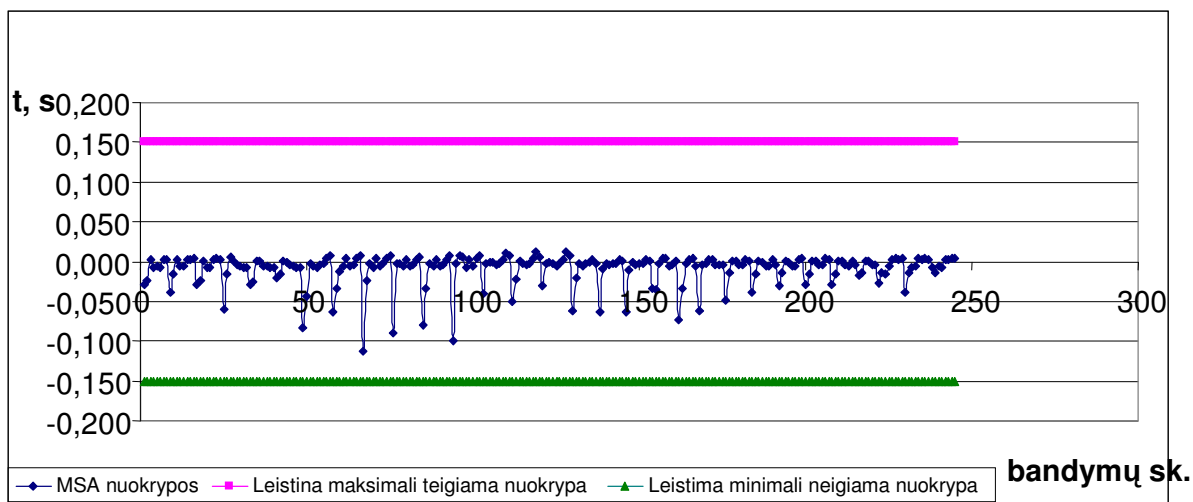
124	1,275	1,277	-0,002	-0,149
125	1,103	1,108	-0,005	-0,462
126	1,023	1,025	-0,002	-0,215
127	0,979	0,977	0,002	0,215
128	0,908	0,896	0,013	1,387
129	0,904	0,897	0,007	0,774
130	10,014	10,076	-0,062	-0,618
131	4,536	4,557	-0,020	-0,447
132	2,755	2,757	-0,002	-0,083
133	1,912	1,918	-0,006	-0,309
134	1,654	1,656	-0,002	-0,133
135	1,535	1,536	-0,001	-0,059
136	1,468	1,466	0,002	0,150
137	1,405	1,408	-0,002	-0,164
138	10,014	10,077	-0,063	-0,626
139	4,536	4,546	-0,009	-0,203
140	2,755	2,758	-0,003	-0,098
141	1,912	1,916	-0,004	-0,209
142	1,654	1,656	-0,002	-0,109
143	1,535	1,538	-0,003	-0,176
144	1,468	1,466	0,002	0,116
145	1,417	1,416	0,001	0,071
146	10,014	10,077	-0,063	-0,630
147	4,536	4,547	-0,011	-0,236
148	2,755	2,756	-0,001	-0,040
149	1,912	1,916	-0,004	-0,214
150	1,654	1,657	-0,002	-0,139
151	1,535	1,537	-0,002	-0,130
152	1,468	1,466	0,002	0,143
153	1,408	1,407	0,001	0,050
154	11,683	11,716	-0,033	-0,282
155	5,293	5,327	-0,035	-0,656
156	3,214	3,216	-0,002	-0,075
157	2,231	2,226	0,004	0,188
158	1,930	1,926	0,004	0,181
159	1,791	1,797	-0,006	-0,346
160	1,713	1,717	-0,004	-0,234
161	1,639	1,638	0,001	0,079
162	11,683	11,756	-0,073	-0,624
163	5,293	5,327	-0,034	-0,644
164	3,214	3,217	-0,003	-0,081
165	2,231	2,228	0,003	0,121
166	1,930	1,926	0,004	0,192
167	1,791	1,796	-0,005	-0,296



168	11,683	11,745	-0,062	-0,533
169	5,293	5,296	-0,004	-0,068
170	3,214	3,216	-0,002	-0,078
171	2,231	2,228	0,003	0,130
172	1,930	1,928	0,002	0,088
173	1,791	1,796	-0,005	-0,274
174	1,713	1,717	-0,004	-0,245
175	1,643	1,647	-0,004	-0,250
176	3,338	3,386	-0,048	-1,435
177	1,512	1,527	-0,014	-0,952
178	0,918	0,917	0,002	0,174
179	0,637	0,636	0,001	0,204
180	0,551	0,556	-0,005	-0,889
181	0,512	0,516	-0,005	-0,919
182	0,489	0,486	0,003	0,593
183	0,468	0,467	0,001	0,256
184	3,338	3,376	-0,038	-1,150
185	1,512	1,528	-0,016	-1,058
186	0,918	0,918	0,001	0,087
187	0,637	0,637	0,000	-0,016
188	0,551	0,557	-0,006	-1,034
189	0,512	0,517	-0,005	-0,997
190	0,489	0,486	0,003	0,593
191	0,472	0,476	-0,004	-0,762
192	3,338	3,368	-0,030	-0,890
193	1,512	1,526	-0,014	-0,926
194	0,918	0,917	0,001	0,142
195	0,637	0,638	0,000	-0,031
196	0,551	0,557	-0,005	-0,961
197	0,512	0,518	-0,006	-1,153
198	0,489	0,487	0,003	0,552
199	0,469	0,465	0,004	0,831
200	3,338	3,366	-0,028	-0,839
201	1,512	1,527	-0,015	-0,992
202	0,918	0,918	0,001	0,076
203	0,637	0,637	0,001	0,126
204	0,551	0,556	-0,005	-0,852
205	0,512	0,516	-0,005	-0,899
206	0,489	0,486	0,003	0,674
207	0,468	0,467	0,002	0,384
208	3,338	3,366	-0,028	-0,839
209	1,512	1,527	-0,015	-0,992
210	0,918	0,917	0,001	0,109
211	0,637	0,636	0,001	0,157

212	0,551	0,556	-0,005	-0,834
213	0,512	0,517	-0,006	-1,134
214	0,489	0,488	0,002	0,307
215	0,472	0,477	-0,005	-0,974
216	3,338	3,356	-0,018	-0,539
217	1,512	1,526	-0,014	-0,926
218	0,918	0,917	0,002	0,174
219	0,637	0,636	0,001	0,173
220	0,551	0,556	-0,005	-0,834
221	0,512	0,516	-0,004	-0,821
222	3,338	3,365	-0,027	-0,809
223	1,512	1,526	-0,014	-0,926
224	0,030	0,046	-0,016	-52,333
225	0,030	0,036	-0,006	-20,000
226	0,030	0,027	0,003	10,667
227	0,030	0,026	0,004	12,000
228	0,030	0,027	0,003	10,667
229	0,030	0,026	0,004	12,667
230	3,338	3,377	-0,039	-1,168
231	1,5121	1,5265	-0,014	-0,952
232	0,030	0,038	-0,008	-27,000
233	0,030	0,036	-0,006	-19,667
234	0,030	0,027	0,003	11,000
235	0,030	0,028	0,003	8,333
236	0,030	0,026	0,004	12,000
237	0,030	0,027	0,003	9,000
238	3,338	3,3456	-0,008	-0,228
239	1,5121	1,5267	-0,015	-0,966
240	0,030	0,037	-0,007	-21,667
241	0,030	0,038	-0,008	-26,000
242	0,030	0,027	0,003	9,667
243	0,030	0,027	0,003	9,333
244	0,030	0,027	0,003	11,333
245	0,030	0,027	0,004	11,667

Gauti rezultatai pavaizduoti 4.9 paveiksle.



4.9 pav. Maksimalios srovės apsaugos suveikimo paklaidos

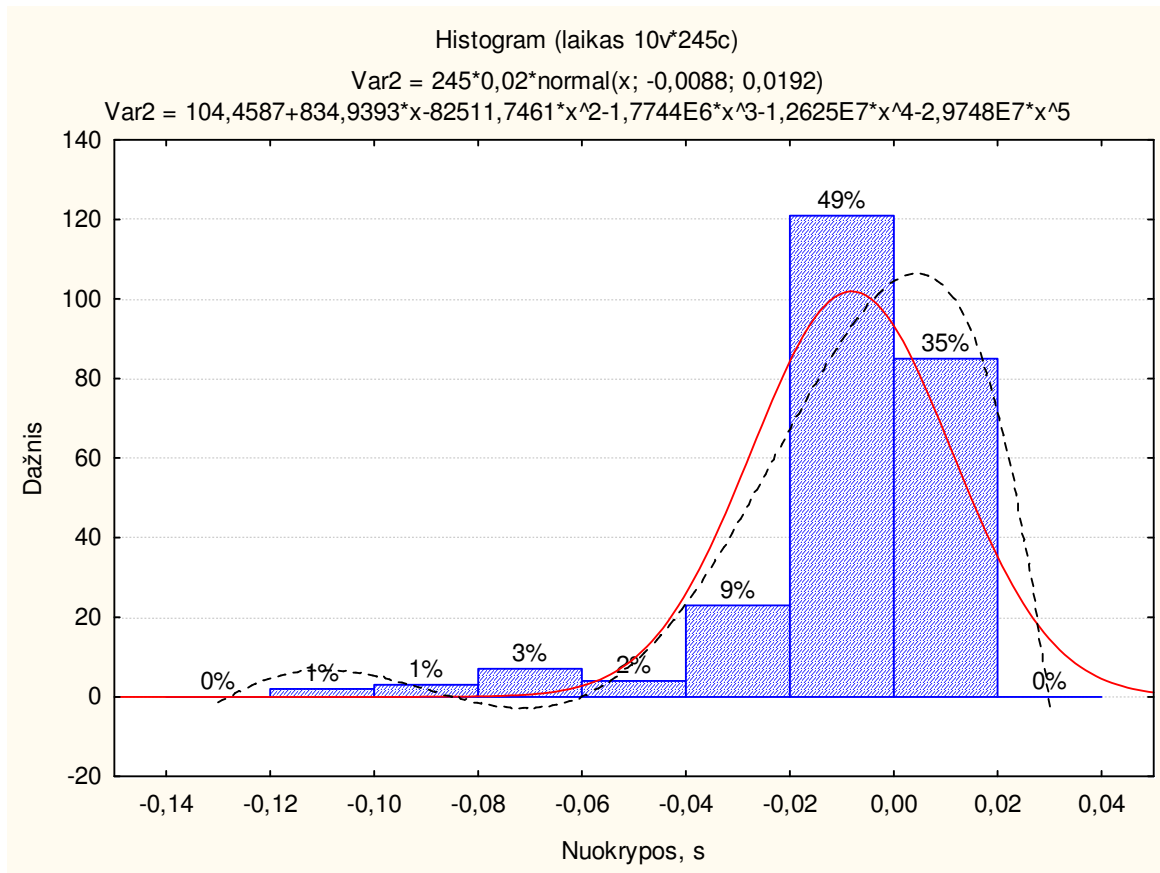
4.4 lentelėje pateiktos MSA apsaugos nuostatų nuokrypio pagrindinės statistinės charakteristikos: max, min, vidurkis, moda, mediana ir absoliutusias nuokrypis.

4.4 lentelė

**Maksimalios srovės apsaugos bandymų poslinkio bei sklaidos charakteristikos**

$\Delta t_{\max}$	$\Delta t_{\min}$	$\Delta t$ vidurkis	$\sigma^2$	$\Delta t$ moda	$\Delta t$ mediana	Absoliutusias nuokrypis
0,013	-0,113	-0,009	0,000367	-0,028	-0,0036	0,019152

4.10 paveiksle pateikta maksimalios srovės apsaugos bandymų histograma.



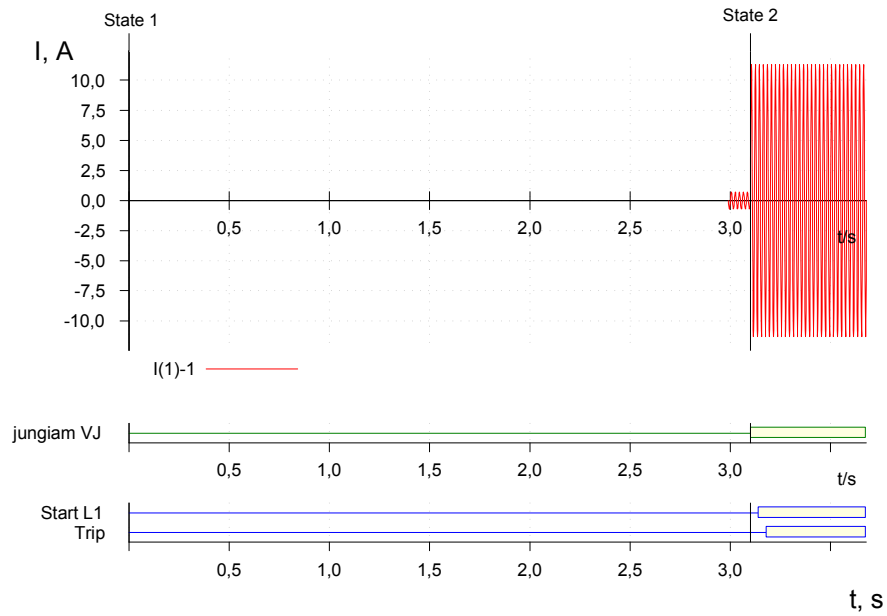
4.10 pav. Maksimalios srovės apsaugos bandymų rezultatų histograma

MSA laiko nuokrypų histograma paklusa normaliniam skirstiniui:

$$f(x) = \frac{1}{0,147\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-0,057}{0,147}\right)^2} \quad (4.8)$$

Jis pavaizduotas 4.10 paveiksle ištisine linija.

4.11 paveiksle pateikta maksimalios srovės apsaugos pagreitinimo bandymo diagrama. Iš jos matyti viso bandymo eiga. Diagramoje pavaizduoti keturi stebimi parametrai: srovės priklausomybė nuo laiko (I), vakuuminio jungtuvo įjungimo komanda (jungiam VJ), mikroprocesorinės relės pažaidos fiksavimas (start L1) ir atjungimo komanda (Trip). Jungiant vakuuminį jungtuvą, tuo pačiu metu, paduodama trumpo jungimo srovė. Mikroprocesorinė relė užfiksuoja pažeidimą ir be delsos atjungia jungtuvą. Gauti bandymo duomenys pateikti 4.5 lentelėje.



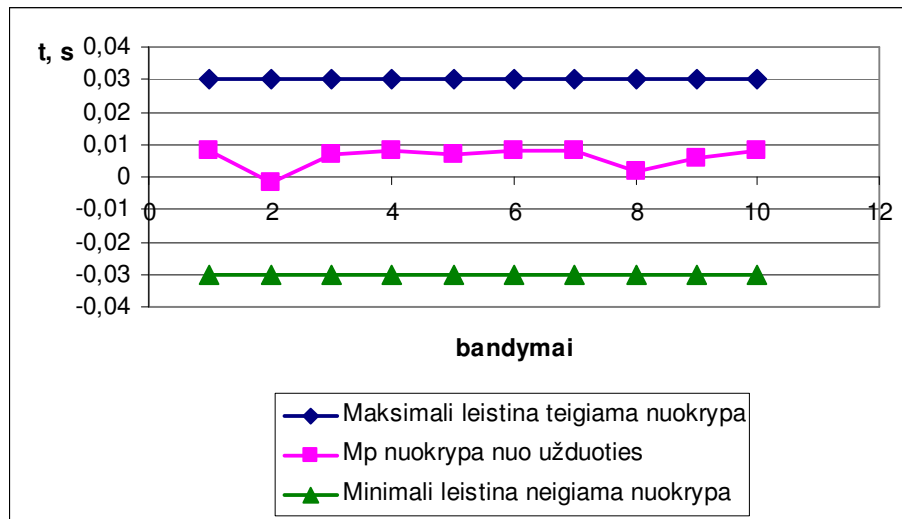
4.11 pav. Maksimalios srovės apsaugos pagreitinimo bandymo diagrama

4.5 lentelė

**Maksimalios srovės apsaugos pagreitinimo bandymų rezultatai**

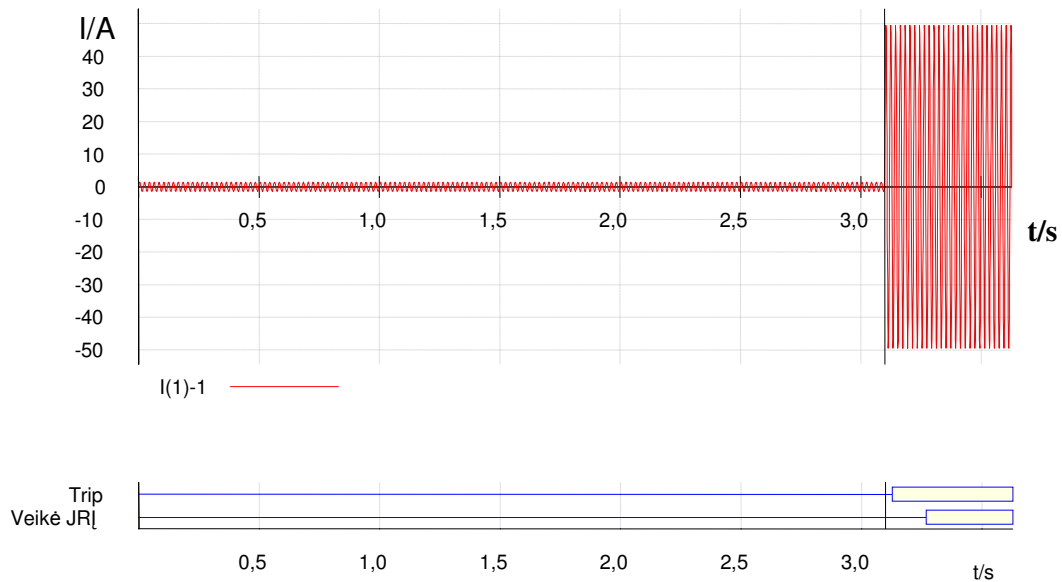
Bandymas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t, s	0,078	0,068	0,077	0,078	0,077	0,078	0,078	0,072	0,076	0,078
t,s nus.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
$\Delta t,s$	0,008	-0,002	0,007	0,008	0,007	0,008	0,008	0,002	0,006	0,008

4.12 paveiksle pavaizduotos maksimalios srovės apsaugos pagreitinimo nuokrypos. Iš jo matyti, kad nei viena nuokrypa neviršija leistino normos.



4.12 pav. Mp bandymų nuokrypos

4.13 paveiksle pavaizduoti jungtuvo rezervavimo įtaiso bandymai. Diagrama vaizduoja srovės priklausomybę nuo laiko (I), atjungimo komandą (Trip) ir JRĮ (Veikė JRĮ) komandą. Jungtuvas yra sujungtas ir duodama trumpo jungimo srovė. Mikroprocesorinė relė, pajutusi trumpo jungimo srovę, siunčia atjungimo komandą, bet linijos jungtuvas neatsijungia. Ta pati relė po 0,15 sekundžių siunčia JRĮ komandą.



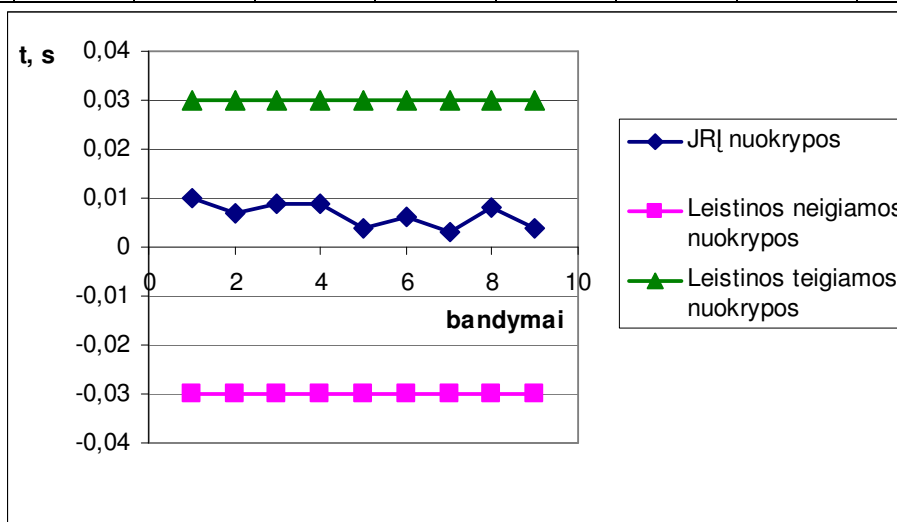
4.13 pav. Jungtuvo rezervavimo įrenginio bandymų diagrama

Gauti bandymų duomenys pateikti 4.6 lentelėje.

4.6 lentelė

**Jungtuvo rezervavimo įrenginio bandymų rezultatai**

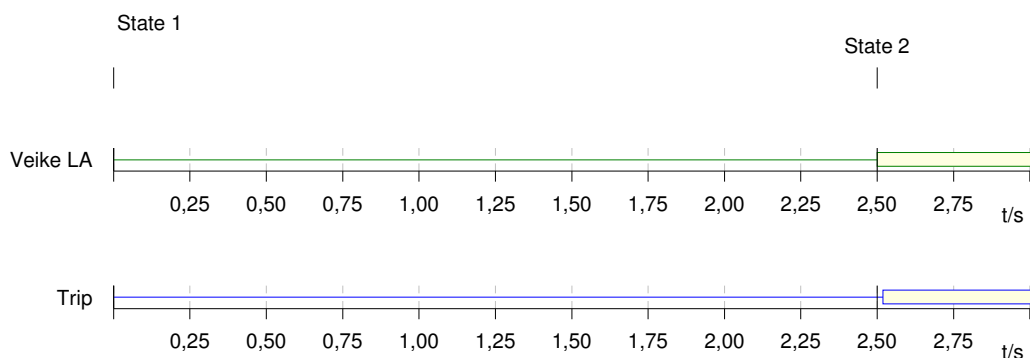
Bandymai	1	2	3	4	5	6	7	8	9
JRI laikas	0,14	0,143	0,141	0,141	0,146	0,144	0,147	0,142	0,146
JRI nuostatas	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
JRI nuokrypa	0,01	0,007	0,009	0,009	0,004	0,006	0,003	0,008	0,004



4.14 pav. Jungtuvo rezervavimo įrenginio bandymų nuokrypos

4.14 paveiksle pavaizduotos jungtuvų rezervavimo įtaiso laiko nuokrypos. Nei vienas bandymas neviršijo leistinas nuokrypas.

4.15 paveiksle pavaizduota lanko apsaugos bandymo diagrama. Diagrama vaizduoja stebimus du dydžius: lanko apsaugos relės NOLA veikimą ir mikroprocesorinės relės atjungimo komandos vykdymą. Suveikus lanko apsaugos relei NOLA, ji siunčia dvi komandas: vieną į jungtuvo atjungimą, kitą – į mikroprocesorinę relę. Mikroprocesorinė relė, gavusi signalą iš lanko apsaugos, papildomai siunčia atjungimo komandą. Bandymo stendas imitavo lanko apsaugos relės NOLA veikimą ir fiksavo mikroprocesorinės relės atjungimo komandą.



4.15 pav. Lanko apsaugos bandymo diagrama

Gauti bandymų duomenys pateikti 4.7 lentelėje.

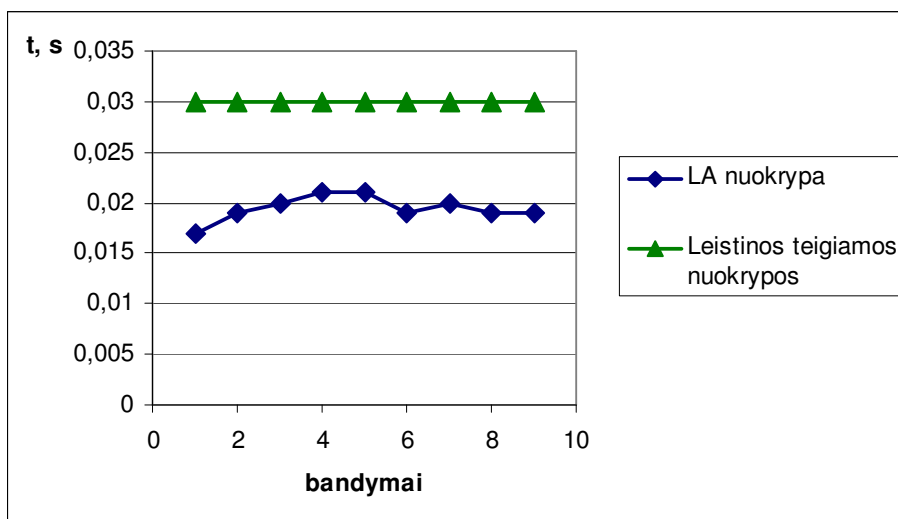
4.7 lentelė

### Lanko apsaugos bandymų rezultatai

Bandymai	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Veikė LA	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Jungtuvo atjungimo komanda	2,517	2,519	2,52	2,521	2,521	2,519	2,52	2,519	2,519
LA suveikimo laikas	0,017	0,019	0,02	0,021	0,021	0,019	0,02	0,019	0,019
Leistinos nuokrypos+	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Leistinos nuokrypos-	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03

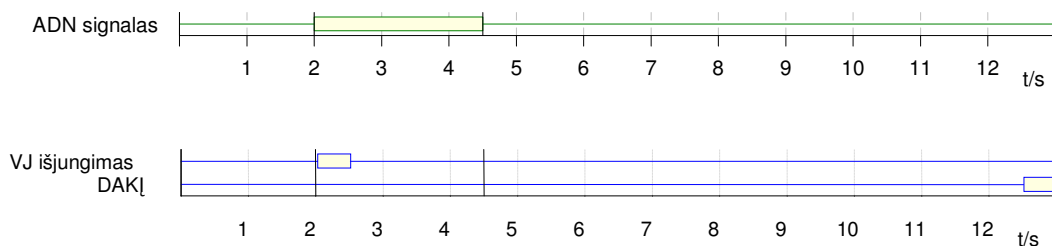
4.16 paveiksle pavaizduotos lanko apsaugos bandymų laiko nuokrypos. Iš kurių matyti, kad nei vieno bandymo nuokrypa neviršijo leistinos ribos.





4.16 pav. Lanko apsaugos laiko nuokrypos

4.17 paveiksle pavaizduota ADN, DAKĮ bandymų diagrama. Iš jos matyti, kad yra stebimi trys signalai: automatinio dažnuminio nukrovimo signalas (ADN signalas), ateinantis iš įvado, vakuuminio jungtuvo išjungimo komanda (VJ išjungimas) ir automatinio kartotinio jungimo signalas atsistačius dažniui (DAKĮ).



4.17 pav. ADN, DAKĮ bandymų diagrama

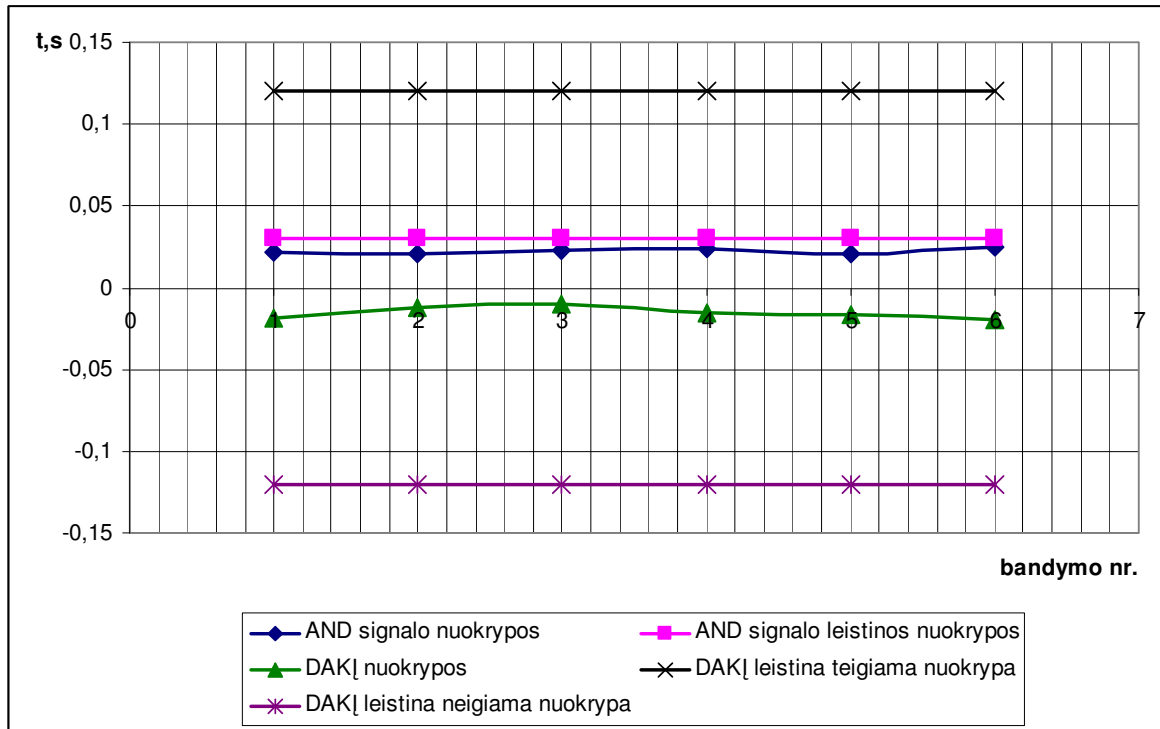
ADN, DAKĮ bandymų duomenys pateikti 4.8 lentelėje.

4.8 lentelė

**ADN, DAKĮ bandymų duomenys**

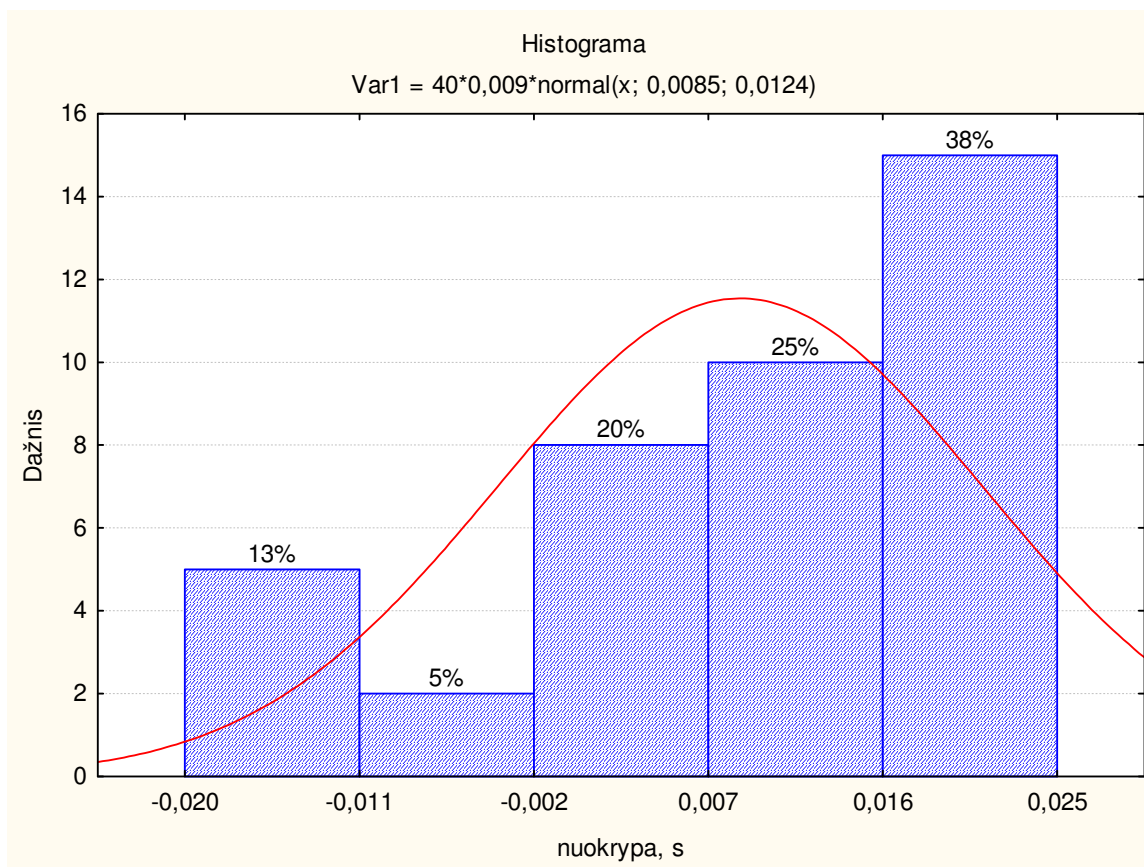
.Bandymai	1	2	3	4	5	6
AND signalo nutraukimas	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
DAKĮ signalo pasiuntimas	7,519	9,512	10,51	8,515	9,516	12,52
DAKĮ laikas	3,019	5,012	6,01	4,015	5,016	8,02
DAKĮ nuostatai	3	5	6	4	5	8
DAKĮ nuokrypos	-0,019	-0,012	-0,01	-0,015	-0,016	-0,02

4.18 paveiksle pavaizduoti ADN, DAKĮ bandymų laiko nuokrypos. Iš kurių matyti, kad nei vienas



4.18 pav. ADN, DAKĮ bandymų nuokrypos.

4.19 paveiksle pavaizduota ADN, DAKĮ, LA, JRĮ, Mp bandymų laiko nuokrypų histograma. Iš jos matyti laiko nuokrypų pasiskirstymas. Didžiausią procentą ( 38 proc.) sudaro nuokrypos nuo 0,016 s iki 0,025 s.



4.19 pav. ADN, DAKI, LA, JRI, Mp bandymų laiko nuokrypų histograma

4.9 lentelėje pateikta, palyginimui, mikroprocesorinių relių laiko nuokrypų pagrindinės poslinkio bei sklaidos charakteristikos.

4.9 lentelė

**Mikroprocesorinių relių laiko nuokrypų pagrindinės poslinkio bei sklaidos charakteristikos**

	Mikroprocesorinių relių MSA bandymo laiko nuokrypos, s	Leistina nuokrypa su priklausoma laiko charakteristika, s	Mikroprocesorinių relių Mp, JRI, LA, ADN, DAKI bandymų laiko nuokrypos, s	Leistina nuokrypa su nepriklausoma laiko charakteristika, s
Max	0,013	0,15	0,025	0,03
Min	-0,113		-0,020	
Vidurkis	-0,009		0,008	
Dispersija	0,0004		0,0002	
Moda	-0,028		0,008	
Mediana	-0,004		0,008	
Absoliutusias nuokrypis	0,019		0,012	

4.10 lentelė

**Elektromechaninių relių poveikio nuokrypų pagrindinės poslinkio bei sklaidos charakteristikos**

	Elektromechaninių relių MSA bandymo laiko nuokrypos, s	Leistina nuokrypa su nepriklausoma laiko charakteristika, s	Elektromechaninių relių srovės poveikio nuokrypos, %	Leistina srovės nuokrypa, %
Max	0,286	0,03	6,5	5
Min	-0,380		-4,2	
Vidurkis	0,057		-0,12672	
Dispersija	0,0220		6,952029	
Moda	bimodalinė		bimodalinė	
Mediana	0,066		-0,66666	
Absoliutusias nuokrypis	0,146720		2,636670	

## IŠVADOS

Pagrindinės planinės techninės priežiūros rūšys yra šios: pirmasis patikrinimas (PI), apžiūra (A), pilnutinis patikrinimas (P), kontrolė (K), išbandymas (B).

Atlikus pilnutinį patikrinimą Šaulių 330 kV pastotėje 10 kV skirstykloje galima daryti tokias išvadas:

1. Elektromechaniniams RAA įrenginiams intensyviai dirbant padažnėja neteisingi jų suveikimai.
2. Dauguma naudojamų elektromechaninių relių resursai eina į pabaigą, todėl jų patikimumas ir tikslumas vis prastėja.
3. Atlikus elektromechaninių relių maksimalios srovės apsaugos srovės poveikio bandymus, iš 52 bandomų 15-oje srovė viršijo leistinas ribas, tai sudaro 29 proc.
4. Atlikus elektromechaninių relių bandymus, kai jos naudojamos maksimalios srovės apsaugai su nepriklausoma laiko poveikio charakteristika, nustatyta, kad iš 26 MSA laiko poveikio bandomų, net 24 bandymai viršijo leistinas ribas, o tai sudaro net 92,3 proc. Kadangi elektromechaninės laiko relės buvo su nepriklausoma laiko charakteristika ir laikai buvo iki 1,3 s, tai pagal galiojanti reglamentą laiko nuokrypos gali būti  $\pm 0,03$  s, o mūsų gauti rezultatai buvo nuo -0,380 s iki 0,286 s.
5. Mikroprocesorinės relės yra jautresnės nei elektromechaninės, tai parodo mano atlikti įžemėjimo apsaugos bandymai.
6. Pereinamoji varža, bandymuose neviršijo leistinos ribos, todėl galima daryti išvadas, kad kontaktai nėra pažeisti korozijos.

Atlikus pirmą pilnutinį patikrinimą Radviliškio 110/10 kV pastotėje 10 kV skirstykloje galima daryti tokias išvadas:

1. Naudojant mikroprocesorines reles poveikio laikas sutrumpėja du, tris kartus, nes mikroprocesorinių relių nuokrypos yra daug mažesnės nei elektromechaninių. Tai pagerina selektyvumą bei patikimumą.
2. Atlikus mikroprocesorinėmis relių bandymus, kai jos naudojamos maksimalios srovės apsaugoms nustatyta: nei viena bandymo nuokrypa neviršijo leistinų ribų. Mikroprocesorinės relės apsaugai buvo naudojamos su atvirkščiai priklausomą nuo srovės suveikimo laiko charakteristiką, tai pagal galiojanti reglamentą laiko nuokrypa gali būti  $\pm 0,15$  s, o gautos nuokrypos nuo -0,113 s iki 0,013 s.

3. Atlikus ADN, DAKI, LA, JRI, Mp bandymus nustatyta, nei viena bandymo nuokrypa neviršijo leistinos ribos( $\pm 0,03$  s). Didžiausia nuokrypa  $\Delta t_{\max} = 0,025$  s, mažiausia  $\Delta t_{\min} = -0,020$ s, vidurkis  $\Delta t_{\text{vid}} = 0,008$  s.

## LITERATŪRA

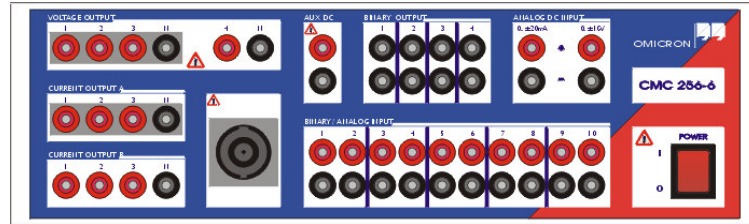
1. Deksnys R., Grėbikas P. ir kt. 2001, Elektros įrenginių įrengimo taisyklės. Vilnius: 487 p.
2. Morkvėnas A., Sučila V. ir kt., 2001, Elektros įrenginių bandymų normos ir apimtys. Vilnius: 231 p.
3. Sakalauskas V., 1998, Statistika su Statistika. Vilnius: Margi raštai. 227 p.
4. Tališauskas R. J., 2002, Elektriniai matavimai ir prietaisai. Kaunas: Technologija. 243 p.
5. Višniakas I., Slivinskas K., 2005, Patikimumo teorija. Vilnius: Technika. 91 p.
6. Elektros įrenginių relinės apsaugos ir automatikos įrengimo taisyklės. Patvirtintos Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2007 m. sausio 31 d. įsakymu [Nr. 4-40](#)
7. Elektrinių ir elektros tinklo relinės apsaugos įrenginių eksploataavimo reglamentas. Vilnius, 2004. 44p.
8. „Relinės apsaugo ir elektroautomatikos įrenginių techninio aptarnavimo taisyklės“ Vilnius, 1995. 25p.
9. „Siemens“ Siprotec Numerical Protection Relays. Catalog. 2006, 928 p.
10. „CPC 100 User Manual“ OMICRONelektronics, 2005, 24 p.
11. „CMS 256 User Manual “ 2, 2006, 122 p.
12. [www.omicron.at](http://www.omicron.at)
13. [www.siprotec.de](http://www.siprotec.de)
14. [www.litlex.lt](http://www.litlex.lt)

## **PRIEDAI**



## „OMICRON“ FIRMOS BANDYMO STENDAI

- CMC 256



1 pav.

- CPC 100 su srovės stiprintuvu CP CB2



CPC 100



Srovės stiprintuvas CP CB 2

2 pav.

## „SIEMENS“ FIRMOS MIKROPROCESORINĖS RELĖS



„Siemens“ SIPROTEC 4 šeima



„Siemens“ SIPROTEC ‘600 serija

## APSAUGOS NUO ELEKTROS LANKO SISTEMA

### BENDRAS NOLA SISTEMOS APRAŠYMAS

Relinės apsaugos sistema NOLA skirta žemos ir vidutinės įtampos skirstyklų apsaugai nuo elektros lanko sukeltų padarinių. Sistemą sudaro įrenginiai NOLA-01-M ir NOLA-02-S. Centrinis įrenginys NOLA-01-M matuoja įvado srovę (arba atskiru užsakymu - šynų įtampą) bei šviesos intensyvumą narveliuose. Atsiradus elektros iškrovos lankui ir srovei viršijus ribinę nustatytą reikšmę, įrenginys 2.5 ms laikotarpyje formuoja valdymo signalą, kuris nedelsiant atjungia jungtuvą. NOLA-01-M galima naudoti kaip atskirą lanko apsaugos įrenginį arba kartu su išplėtimo moduliais NOLA-02-S, sujungtais RS-485 sąsaja. NOLA-01-M informuoja išplėtimo modulį(ius) apie srovinę perkrovą įvade. Jei išplėtimo modulis NOLA-02-S fiksuoja elektros lanką, atitinkamas jungtuvas nedelsiant atjungiamas. NOLA-02-S turi 3 optinius įėjimus ir 3 nepriklausomus išėjimus jungtuvų valdymui. Šio bloko pagalba galima suprojektuoti selektyvią optinės lanko apsaugos sistemą, atjungiančią tik sugedusį fiderį.

### NOLA-02-S PRIVALUMAI

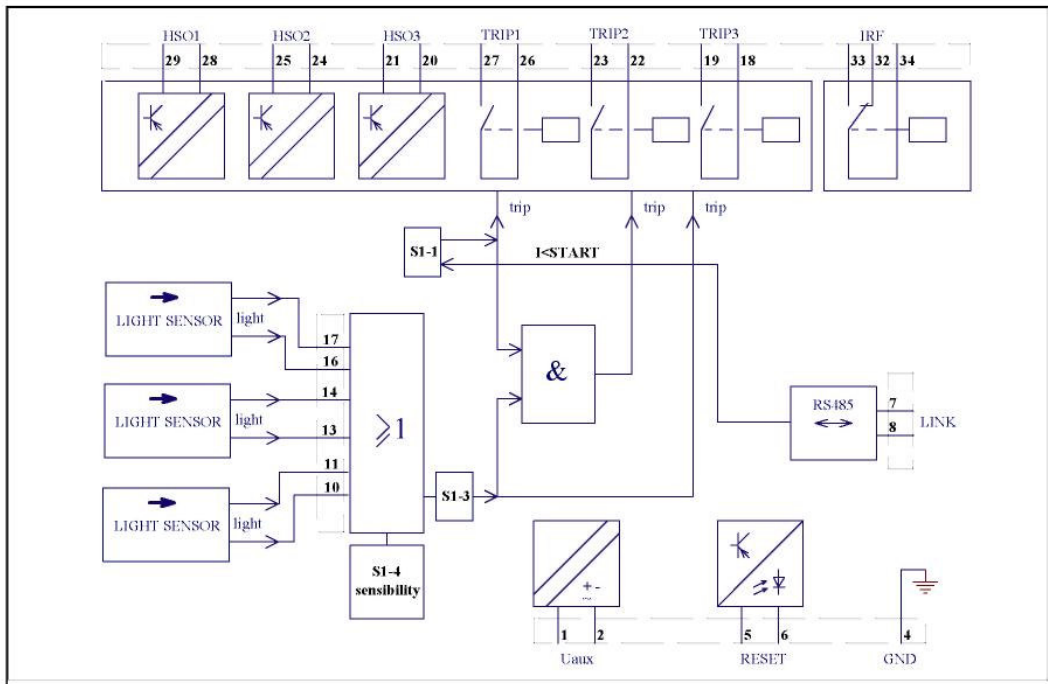
- Trys išoriniai šviesos jutikliai
- Trys nepriklausomi greitaiegiai puslaidininkiniai išėjimai jungtuvų valdymui
- Trys reliniai išėjimai suveikimo signalizacijai
- Relinis išėjimas gedimo signalizacijai (optinių jutiklių kontrolė, RS-485 ryšio kontrolė, maitinimo įtampos kontrolė)

- RS-485 portas išlėtimo ir pagrindinio modulio prijungimui

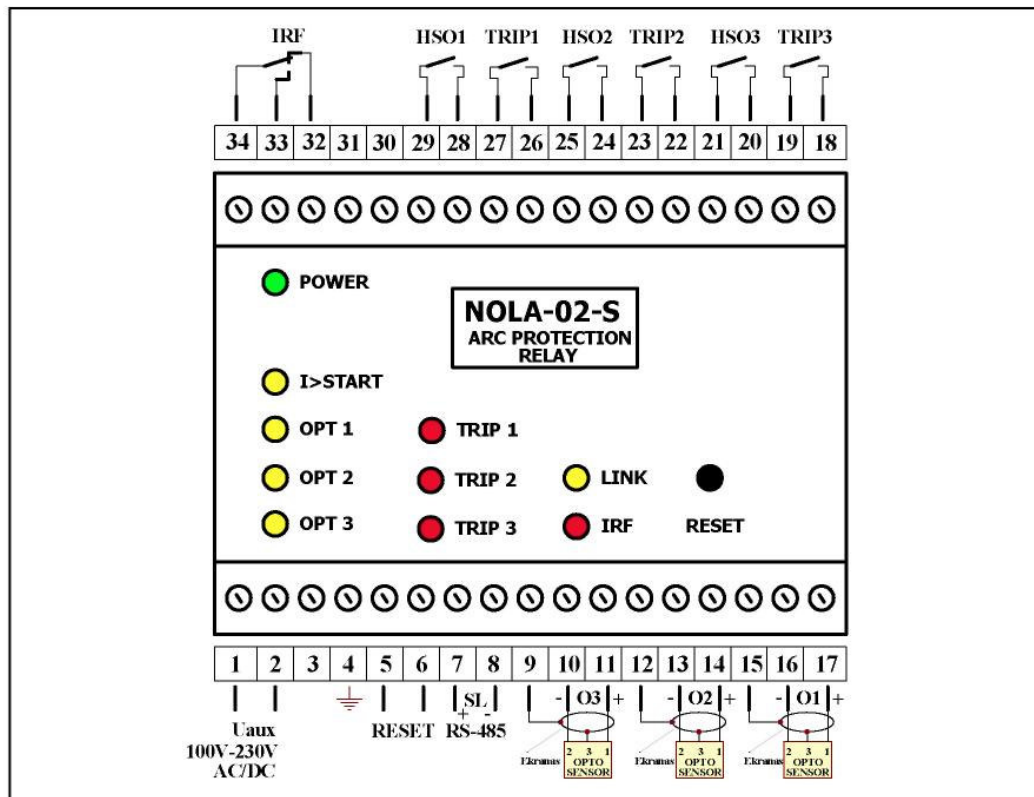
Sistema reaguoja tik į greitus šviesos pokyčius ir automatiškai adaptuojasi prie aplinkos apšvietimo fono. Maksimalus šviesos jutiklių jautrumas yra infraraudonųjų spindulių spektre. Sistema nuolat tikrina šviesos jutiklius. Nutrūkus jutiklio laidui arba atsiradus trumpam jungimui jutiklio grandinėje, suveikia gedimo signalinė relė. Signalinė relė suveikia ir maitinimo dingimo bei ryšio su išplėtimo moduliais sutrikimo atveju. Vartotojas turi galimybę parinkti sistemos suveikimo sąlygas:

- Tik nuo šviesos signalo
- Tik vienu metu esant šviesos ir srovės signalui

Šviesos indikatoriai ant priekinio įrenginio skydelio padeda greitai įvertinti sistemos būseną bei informuoja apie optinių daviklių būklę, sistemos suveikimo priežastį ir gedimus.



NOLA-02-S struktūrinė schema



NOLA-02-S priekinis skydelis