

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

Rimvydas Macevičius

Elektrotechninių įrenginių elektrodinaminių bandymų
metodikos ir priemonių tyrimas
Magistro darbas

Vadovas

doc. dr. Z.Turauskas

ŠIAULIAI, 2008

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

doc. dr. T. Šimkevičius

2008 06

Elektrotechninių įrenginių elektrodinaminių bandymų
metodikos ir priemonių tyrimas
Magistro darbas

Konsultantas

Vadovas

(parašas)

2008 06

doc. dr. Z. Turauskas

Recenzentas

ŠU Technologijos fakulteto elektros
inžinerijos katedros

(parašas)

2008 06

doc. dr. T. Šimkevičius

Atliko

(parašas)

2008 06

EM-6 gr. stud.

R. Macevičius

ŠIAULIAI, 2008

SUMMARY

Macevičius R. The investigation of elektrotechnical equipment's electrodynamic tests methodology and devices/research advisor Assoc. doc. dr. Z. Turauskas Šiauliai University, Technological Faculty, Electric Department. – Šiauliai, 2008. – 52p.

Stock company „ELGA“ is constantly developing an air insulated medium voltage semi-metalclad type switchgear systems construction, so it happens that we need to do short – time and withstand current tests for new complemented equipment. The Master thesis analyses short – time and withstand current tests laboratory for in company prefab medium voltage semi-metalclad type switchgear systems USN-10, USN-20 designed to be used for 6 ÷ 10, 24 kV voltage, and 50Hz frequency power distribution, connected feeder with over current and overload protection. Various companies' circuit breakers for example „ABB“; „SIEMENS“; „VEI“ etc are installed on extractive element (trolley) in cubicle.

Normative standards sustaining how the tests should be made, test laboratory formative elements resistant's, short – time and withstand current calculation, test scheme and test conditions are presented in the Master thesis.

SANTRAUKA

Macevičius R. Elektrotechninių įrenginių elektrodinaminių bandymų metodikos ir priemonių tyrimas/mokslinis vadovas doc. dr. Z. Turauskas, Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas, Elektros inžinerijos katedra, - Šiauliai, 2008. – 52p.

Įmonėje UAB ELGA nuolatos tobulina vidutinės įtampos skirstymo ir valdymo elektros įrenginių konstrukciją, todėl iškyla poreikis atlikti trumpo jungimo srovės bandymus naujai sukomplektuotai įrangai. Magistriniame darbe analizuojama įmonėje surenkamų vidutinės įtampos uždarujų skirstyklų skirstymo ir valdymo elektros įrenginių USN-10, USN-20, naudojamų 6 ÷ 10, 24 kV įtampos, 50 Hz dažnio elektros energijos paskirstymui, prijungtų linijų apsaugai nuo perkrovimų ir trumpų jungimų atsparumo trumpojo jungimo srovėms tyrimo laboratorija. Narveliuose, ant ištraukiamojo elemento (vežimėlio) instaliuoti įvairių firmų pvz.: „ABB“; „SIEMENS“; „VEI“ ir t.t. vakuuminiai jungtuvai.

Darbe pateikiami normatyviniai dokumentai, kuriais remiantis atliekami bandymai, bandymo laboratoriją sudarančių elementų varžų, terminio bei dinaminio atsparumo skaičiavimai, bandymo schemas, bei bandymų sąlygos.

TURINYS

1. Įvadas.....	9
1.1. Normatyviniai dokumentai, standartai.....	10
1.2. Vardiniai skirstomųjų elektros įrenginių duomenys.....	11
1.3. Skirstomųjų elektros įrenginių bandymai	11
1.4. Bendrieji laboratorijoms keliami reikalavimai.....	13
2. Skirstomųjų ir valdymo elektros įrenginių atsparumo trumpiesiems jungimams Skaičiavimas	18
2.1. Bandymo schemą sudarančių elementų varžų skaičiavimas	19
2.2. Šynų elektrodinaminis atsparumas	22
2.3. Šynų terminis atsparumas	25
2.4. Įtampos nuostoliai bandymo schemos elementuose.....	30
3. Laboratorijos įranga	32
4. Bandymai.....	36
4.1. Bandomų vidutinės įtampos skirstymo ir valdymo įrenginių pagrindiniai techniniai duomenys	36
4.2. Temperatūros kėlimo bandymas	40
4.3. Atsparumo trumpalaikiam (terminiam), dinaminiam trumpojo jungimo srovės poveikiui bandymas	44
5. Vidutinės įtampos skirstymo ir valdymo elektros įrenginio trumpojo jungimo (iki 63kA) bandymo schemos naudojimo.....	48
5.1. Paskirtis.....	48
5.2. Techninis aprašymas.....	48
5.3. Bandymų vykdymo tvarka	48
5.4. Saugos reikalavimai.....	49
6. Išvados	50
7. Literatūra.....	51
PRIEDAI.....	52

PRIEDAI

1 priedas. Preliminarus bandymų laboratorijos įrenginių išdėstymas	52
--	----

LENTELĖS

1.1. Normatyviniai dokumentai elektros įrenginiams.....	10
1.2. Temperatūros kėlimo bandymas. Atliekamas esant aplinkos temperatūrai iki 35° imtinai ...	15
1.3. Temperatūros kėlimo (visų elektros įrenginio dalių kontaktinių sujungimų išilimo, esant vardinei šių dalių grandinių srovei) bandymas.....	16
2.1. Bandymo schemas varžų skaičiavimo rezultatai	22
2.2. Laidininko išilimas.....	27
2.3. Laidininko aušimas	29
2.4. Įtampos nuostoliai bandymo schemas elementuose	30
3.1. Bandymo schemas elementų pagrindiniai techniniai duomenys.....	32
3.2. Srovės matavimo sistema	35
4.1. Bandomo elektros įrenginio pagrindiniai techniniai duomenys	36
4.2. Varžos matavimai prieš temperatūros kėlimo bandymą	43
4.3. Varžos matavimai po temperatūros kėlimo bandymo.....	44
4.4. Varžų pokytis %.....	44
4.5. Bandomos pagrindinės grandinės techniniai duomenys	46
4.6. Bandomos įžeminimo grandinės techniniai duomenys.....	47

PAVEIKSLAI

2.1 pav. Trumpojo jungimo kreivė, nesant automatiniam generatoriaus žadinimo reguliavimui.	18
2.2 pav. Bandymo schemos varžų atstojamoji skaičiavimo schema	21
2.3 pav. Šynų – izoliatorių sistema	23
2.4 pav. Laidininko išilimo kreivė.	27
2.5 pav. Laidininko aušimo kreivė	29
3.1 pav. sinchroninio generatoriaus charakteristikos.....	33
3.2 pav. Sinchroninio generatoriaus induktyviosios apkrovos charakteristika	34
3.3 pav. Srovės matavimo sistema.....	34
4.1 pav. USN-10TMV bendro vaizdo brėžinys.....	38
4.1a pav. Vaizdas iš kairės (Nulinės sekos transformatorius narvelio kabelių skyriuje).....	38
4.1b pav. Vaizdas iš kairės (Nulinės sekos transformatorius kabelių kanale po narveliais).....	38
4.2 pav. Vežimėlio jungtuvo padėtys.....	39
4.3 pav. Uždaros metalo konstrukcijos skirstomasis įrenginys	39
4.4 pav. Bandymo schemos montažinis brėžinys	41
4.5 pav. Matavimo taškų išdėstymas	42
4.6 pav. Bandomo įrenginio pagrindinės grandinės varžos matavimo taškai	43
4.7 pav. pagrindinės grandinės bandymų schema	45
4.8 pav. Įžeminimo grandinės bandymų schema.....	46

1. ĮVADAS

UAB "ELGA" yra didžiausias žemosios, vidutinės, aukštosios įtampos elektros skirstomųjų įrenginių ir metalo gaminių gamintojas Lietuvoje, daugiau kaip 40 metų aprūpinanti šalies elektros energijos tiekėjus ir vartotojus kokybiškais ir norimo techninio lygio įrengimais. Įmonėje nuo 1995 metų visi gaminiai projektuojami ir gaminami pagal IEC ir EN standartų normas. Siekdami kuo geriau patenkinti nuolatos augančius įmonės užsakovų poreikius nuolatos tobuliname vidutinės įtampos skirstymo ir valdymo elektros įrenginių konstrukcija, keičiame naudojamą komutacinę įrangą. Tokiu būdu atlikti pakeitimai turi būti patikrinti ar atitinka IEC ir EN standartus. Todėl, prieš gabenant naujos konstrukcijos, komplektacijos vidutinės įtampos skirstymo ir valdymo elektros įrenginį į akredituotą bandymų laboratoriją bandymai atliekami įmonėje. Šiam tikslui projektuojame vidutinės įtampos skirstymo ir valdymo įrenginių trumpojo jungimo bandymų laboratoriją. Atliekant bandymus įmonėje prieš vežant į akredituotą bandymų laboratoriją nustatomos el. įrenginių potencialas išlaikyti, ar ne gamintojo užduotas bandymo srovės.

Šio darbo uždaviniai:

- Išnagrinėti normatyvinius aktus, kuriais remiantis turi būti atliekami trumpojo jungimo bandymai vidutinės įtampos skirstymo ir valdymo įrenginiams;
- Sudaryti bandymo schemą gebančia atlikti, bei išlaikyti nesugesdama 63kA, 300ms dinaminę ir 25kA, 3s terminę trumpojo jungimo srovę;
- Apskaičiuoti bandymo laboratoriją sudarančių elementų parametrus;
- Sudaryti bandymo schemas, bei aprašyti bandymo laboratorijos naudojimo reikalavimus.

1.1. NORMATYVINIAI DOKUMENTAI, STANDARTAI.

Šiame skyriuje pateikiami reikalingi normatyviniai dokumentai keliami trumpojo jungimo bandymams.

1.1. lentelė

Normatyviniai dokumentai elektros įrenginiams

POZ. NR.	DOKUMENTAS	SĄLYGINIS ŽYMĖJIMAS	IŠLEIDIMO DATA	PILNAS DOKUMENTO PAVADINIMAS (TAIKYMO SRITIS)
1	Lietuvos standartas	LST EN 60694	2002-06	Aukštosios įtampos perjungimo ir valdymo įrenginių standartų bendrieji reikalavimai (IEC 60694:1996+A1:2001+A2:2001)
2	International standard	IEC 62271-200	2003-11	High voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.
3	Lietuvos standartas	LST EN 45001	1993-12	Bendrieji bandymų laboratorijoms keliami reikalavimai
4	Lietuvos standartas	LST EN 45002	1993-12	Bendrieji bandymo laboratorijų įvertinimo kriterijai
5	Lietuvos standartas	LST EN 45003	1996-06	Kalibravimo ir bandymo laboratorijų akreditavimo sistemos. Bendrieji funkcionavimui ir pripažinimui keliami reikalavimai
6	Taisyklės	-	Vilnius 2000	Elektros įrenginių įrengimo taisyklės: Bendrosios taisyklės. Elektros linijos ir instaliacija. Relinė apsauga ir automatika. Skirstyklos ir pastotės
7	Taisyklės	-	Vilnius 2002	Elektrinių ir elektros tinklų eksploatavimo taisyklės
8	Taisyklės	-	Vilnius 2004	Elektros įrenginių eksploatavimo saugos taisyklės
9	Įmonės standartas	ĮST 14474977-01	Šiauliai 1996	Uždarųjų skirstyklų narveliai USN-10 (ĮST 4474977-01:1996)

1.2. VARDINIAI SKIRSTOMŲJŲ ELEKTROS ĮRENGINIŲ DUOMENYS

Remiantis Lietuvos standartu LST EN 60694 vardiniai duomenys:

- **Vardinė įtampa** U_n , nurodo didžiausią leistina sistemos įtampą;
- **Vardinė izoliacijos lygio įtampa**;
- **Vardinis dažnis**, $f = 50\text{Hz}$;
- **Vardinė srovė** I_n , skirstomųjų ir valdymo elektros įrenginių pagrindinių grandinių ilgainiui srovė, esant nurodytoms naudojimui, bei funkcionavimo sąlygoms;
- **Temperatūros kėlimo dydis**, skirstomųjų ir valdymo elektros įrenginių bet kurios dalies temperatūros kėlimas neviršijantis aplinkos temperatūros 40°C neviršys leistinų ribų;
- **Vardinė trumpalaikė (terminio atsparumo) srovė** I_K , trumpalaikio trumpojo jungimo srovė, kurią elektros įrenginys išlaikytų be jo sugadinimo nurodytą laiką esant nurodytoms naudojimui, bei funkcionavimo sąlygoms;
- **Vardinė dinaminio atsparumo srovė** I_d , dinaminio trumpojo jungimo srovė, kurią el. įrenginys išlaikytų be jo sugadinimo nurodytą laiką esant nurodytoms naudojimui, bei funkcionavimo sąlygoms. Dinaminio smūgio srovė yra 2,5 karto didesnė už nusistovėjusią terminio atsparumo bandymo srovę;
- **Vardinė sąlyginė trumpojo jungimo srovė**. Skaičiuotina srovė, kurią srovinių grandinių apsaugų aparatas garantuotai atjungtų be žalos saugomai grandinei, per nustatytą šio aparato poveikio laiką.
- **Vardinė trumpojo jungimo trukmė** t_K , laiko tarpas, kurį skirstymo ir valdymo elektros įrenginys įjungtoje padėtyje išlaikytų be jo sugadinimo tekant nurodytai vardiniai trumpalaikiai (terminio atsparumo) srovei.

1.3. SKIRSTOMŲJŲ ELEKTROS ĮRENGINIŲ BANDYMAI

Remiantis Lietuvos standartu LST EN 60694 bandymai:

- **Trumpalaikio (terminio) ir dinaminio atsparumo bandymas**. Skirstomųjų ir valdymo įrenginių pagrindinės, bei žeminimo grandinės bus bandomos vardinio dydžio terminėmis ir dinaminėmis srovėmis. Bandymas bus atliekamas esant vardiniam dažniui $f = 50\text{Hz}$ (leistinas nukrypimas $\pm 10\%$) naudojant atitinkamą įtampą, bei priimtina aplinkos temperatūrą.
- **Skirstomųjų ir valdymo elektros įrenginių grandinių ruošimas bandymui**. Bandomasis skirstomasis ir valdymo įrenginys įrengiamas, taip kad būtų išpildomos realios naudojimo

sąlygos. Bandymas atliekamas esant įjungtam komutaciniam aparatui. Nustatoma pagrindinių grandinių varža.

- **Bandymo srovė ir trukmė.** Bandymo terminio atsparumo srovės reikšmė ir trukmė užduodama pagal įmonės-gamintojos konstruktorinės dokumentacijos skaičiuotą srovės dydį, neviršijant šio dydžio 10%. Dinaminio smūgio srovė yra 2,5 karto didesnė už nusistovėjusią terminio atsparumo bandymo srovę. Dinaminio smūgio srovės nusistovėjimo trukmė – iki 300 ms.
- **Bandymas laikomas teigiamu**, jeigu po bandymo nėra pagrindinių grandinių konstrukcijos, atraminių izoliatorių mechaninių pažeidimų ir komutacinis aparatas yra normaliai valdomas.

Remiantis tarptautiniu standartu IEC 62271-200 bandymai:

- **Pagrindinės grandinės bandymas.** Pagrindinės uždarnos metalinės konstrukcijos skirstymo ir valdymo elektros įrenginių grandinės atsparumo terminio dinaminio srovių poveikiui bandymas esant žinomoms instaliacijos bei naudojimo sąlygoms. Šiuose bandymuose trumpi sujungimai su antrinėmis grandinėmis (įtampos transformatoriai, viršįtampių ribotuvai) nėra laikomi pagrindinės grandinės dalimi. Srovės dydžio neribojanti įranga, bandoma bet kokia patogia įtampa. Esant srovę ribojančiai įrangai, ji bus bandoma skirstymo ir valdymo elektros įrenginio vardine įtampa.
- **Elektros įrenginyje sumontuotų komutacinių aparatų (jungtuvų, galios skyriklių) įjungimo ir atjungimo gebos (sugebėjimo įjungti arba nutraukti TJ ar kitokio avarinio režimo srovę) bandymas.** Bandymas skirtas bandomo komutacinio aparato vardinių duomenų patvirtinimui. Standarto 6.101 skyrius leidžia laikyti nebūtinu šį bandymą, jeigu minimi komutaciniai aparatai išbandyti ir aprobuoti anksčiau, elektros įrenginiuose sunkesnėmis sąlygomis.
- **Įžeminimo grandinės bandymas.** Esant įžemintai tinklo neutrinei atliekamas uždarnos metalinės konstrukcijos skirstomųjų ir valdymo elektros įrenginių įžeminimo laidininkų, sujungimų su žeme, bei įžeminimo mechanizmų terminio ir dinaminio srovių atsparumo bandymas.
- **Temperatūros kėlimo bandymas.** Temperatūros kėlimo (elektros įrenginio kontaktinių sujungimų, taip pat kitų jo dalių išilimo, esant vardinei pagrindinių grandinių srovei) bandymas. Bandymo metu nustatoma, ar elektros įrenginio išilimas neviršija ribų, nustatytų standarto reikalavimais atskiriems kontaktiniams sujungimams. (1.2 lentelė)

1.4. BENDRIEJI LABORATORIJOMS KELIAMİ REIKALAVIMAI

Šiame darbe projektuojama bandymų laboratorija, kuri bus naudojama įmonės – gamintojos gaminamos produkcijos tikrinimui prieš elektros įrangą gabenant į akredituotą bandymų laboratoriją. Tačiau siekiant našiau išnaudoti bandymų laboratoriją ateityje numatoma siekti gauti akreditavimą, todėl žemiau pateikiami normatyviniai dokumentai, kuriuose pateikiami reikalavimai keliami laboratorijoms.

Remiantis LST EN45001:1993

LST EN45002:1993

LST EN45003:1996

- **Patalpos ir aplinka.** Aplinka, kurioje atliekami bandymai, neturi paveikti bandymų ir matavimų rezultatų. Bandymų laboratorijos patalpos turi būti apsaugotos nuo šilumos, dulkių, drėgmės, garo, triukšmo, vibracijų, elektromagnetinių trukdžių. Patalpos turi būti pakankamai erdvios, kad operatoriai galėtų atlikti tikslius judesius.
- **Įrengimai.** Visa įranga turi būti prižiūrima. Jeigu prietaisas buvo perkrautas darbo metu, neteisingai buvo panaudotas ar jo bandymai kelia įtarimą ir jeigu kalibravimas ar koks kitas patikrinimo būdas parodė, kad prietaisas sugedęs, tai jis neturi būti toliau naudojamas. Toks prietaisas turi būti paženklintas ir iki pataisant laikomas nurodytoje vietoje. Po to bandymo ar kalibravimo būdu turi būti nustatyta, kad jis tinkamas atlikti savo funkcijas. Turi būti nuolat registruojami kiekvieno svarbesnio bandymų įrenginio ar matavimų prietaiso duomenys. Turi būti nurodoma:
 - Prietaiso pavadinimas;
 - Gamintojo pavadinimas, prietaiso tipas ir numeris;
 - Gavimo ir naudojimo pradžios data;
 - Laikymo vieta (kur tinka);
 - gauto prietaiso būklė (pavyzdžiui, naujas, naudotas, suremontuotas)
 - smulkus atlikto remonto aprašymas;
 - duomenys apie kiekvieną gedimą, sutrikimą, pakeitimą ar remontą

Bandymų laboratorijoje naudojama matavimų ir bandymų įranga turi būti kalibruojama prieš pradėdant naudoti prietaisą ir po to pagal nustatytą programą. Visa įrangos kalibravimo programa turi būti sudaryta ir atliekama taip, kad bandymų laboratorijoje atlikti bandymai, kur galima būtų siejami su esamais nacionaliais ir tarptautiniais etalonais. Kur sąsaja su nacionaliniais ir tarptautiniais etalonais negalima, bandymų laboratorija privalo pateikti priimtina bandymų rezultatų tarpusavio ryšių ar tikslumo įrodymą.

- **Darbo tvarka.** Bandymų laboratorija privalo turėti visų atitinkamų įrengimų naudojimo, bandymo objektų parengimo (kur tinka) ir standartinių bandymo metodikos naudojimo

instrukcijas ten, kur tokių instrukcijų nebuvimas galėtų būti bandymo proceso kliūtimi. Visos instrukcijos, standartai, vadovai ir informaciniai duomenys turi būti nuolatos atnaujinami ir lengvai prieinami darbuotojams.

- Visų ūkio šakų bandymo laboratorijų techninės kompetencijos bendruosius reikalavimus apibrėžia Lietuvos standartas LST EN 45001:1993.. Standartas skirtas naudotis bandymų laboratorijoms bei jų akreditavimo įstaigoms, taip pat kitoms įstaigoms, susijusioms su bandymų laboratorijų kompetencijos pripažinimu.
- **Laboratorijos akreditavimas**, tai oficialus pripažinimas, kad bandymų laboratorija yra kompetentinga tam tikrus bandymus ar bandymų tipus. Akreditavimo sistema, tai sistema turinti savo procedūras bei valdymo taisykles laboratorijų akreditavimui. Akreditavimo įstaiga, tai įstaiga vadovaujanti ir tvarkanti akreditavimo sistemą ir akredituojanti laboratorijas. Akreditavimo kriterijai, tai akreditavimo įstaigos keliamų reikalavimų visuma, kuriuos turi atitikti akredituojama laboratorija. Įvertinimas, tai bandymų laboratorijos patikrinimas, norint išsiaiškinti ar ši atitinka nustatytus kriterijus. Įvertinimo ekspertas, tai asmuo atliekantis visas arba dalį laboratorijos vertinimo operacijų.
- **Laboratorijos statusas**. Laboratorija privalo būti atpažįstamas juridinis asmuo. Jos darbuotojai neturi patirti komercinio, finansinio ar kitokio spaudimo, galinčio paveikti jų sprendimą. Kai gamybos produktus bando pačių gamintojų laboratorijos, būtina aiškiai išskirti ir nurodyti šių atsakomybę. Bandymų laboratorija privalo turėti pakankamą skaičių reikiamo išsilavinimo ir kvalifikacijos darbuotojų, pavestiems darbams atlikti, ir būti aprūpinta patalpomis negalinčiomis paveikti bandymų rezultatų, taip pat aprūpinti visais įrengimais, reikalingais bandymams ir matavimams atlikti.
- Bandymų laboratorija privalo turėti visų bandymų vykdymo metodikas (programas), neprieštaraujančias normatyviniams dokumentams ir visų įrengimų, naudojamų bandymams naudojimo instrukcijas.
- Visi atlikti bandymai turi būti užprotokuluoti, tiksliai ir ne dviprasmiškai pateikiant rezultatus bei kitą atitinkamą informaciją. Protokole turi būti tokia informacija:
 - laboratorijos pavadinimas ir adresas,
 - protokolo ir kiekvieno jo puslapi atpažinimo ženklai,
 - kliento pavadinimas ir adresas,
 - bandomojo objekto aprašymas ir atpažinimo būdas,
 - bandomojo objekto gavimo ir bandymo atlikimo datos,
 - bandymo techninio dokumento numeris, bandymo metodo ar bandymo tvarkos aprašymas,
 - bandymo objektų atrinkimo tvarka (kur tai tinka),

matavimai, gauti rezultatai, pridedant lenteles, diagramas, eskizus ir bet kokius nustatytus gedimus,
matavimo paklaidos nurodymas (kur tai tinka),
techniškai atsakingo asmens ar atsakingų asmenų už protokolą parašai ir pareigos, formuluotė, kad šie rezultatai susiję tik su konkrečiai išbandytais objektais, formuluotė, kad be raštiško laboratorijos sutikimo protokolo dalys negali būti padaugintos.

1.2. lentelė

Temperatūros kėlimo bandymas. Atliekamas esant aplinkos temperatūrai iki 35° imtinai.

EL. ĮRENGINIO DALIS	TEMPERATŪROS KĖLIMO RIBA °K (C) – SKIRTUMAS TARP MATUOJAMOS DALIES ABSOLIUČIOS IR APLINKOS TEMPERATŪROS
Viduje sumontuoti komponentai	Pagal individualius šių komponentų temperatūros reikalavimus, nustatytus jų įmonių-gamintojų
Išorinių izoliuotų laidininkų prijungimo gnybtai	70°
Šynos ir laidininkai, įstumiami (peilio tipo) ištraukiamųjų dalių su prijungtomis šynomis kontaktai	Ribojama: <ul style="list-style-type: none"> - laidininko mechaninių savybių, - gretimų įrenginių galimo efekto, - izoliacinės medžiagos, liečiančios laidininką leistina temperatūra, - laidininko temperatūros poveikiu, prijungtam aparatui, - įstumiamų kontaktų paviršiaus apdorojimo poveikiu šio kontakto medžiagai.
Rankinio valdymo elementai“ <ul style="list-style-type: none"> - metalinės rankenos, - izoliacinės medžiagos rankenos 	15° 25°
Korpuso ir apgaubų išorinės dalys, prie kurių galima prisiliesti: <ul style="list-style-type: none"> - metaliniai paviršiai, - izoliacinių medžiagų paviršiai 	30° 40°
Pavieniai kištukiniai – lipdiniai sujungimai	Ribojami temperatūros kėlimo ribų, tų komponentų, kurių dalimi jie yra

Temperatūros kėlimo (visų elektros įrenginio dalių kontaktinių sujungimų įšilimo, esant vardinei šių dalių grandinių srovei) bandymas.

ELEKTROS ĮRENGINIO (JO LAIDININKO ARBA DIELEKTRIKO) DALIS	MAKSIMALI TEMPERATŪROS REKŠMĖ	
	Absoliuti temperatūra °C	Skirtumas tarp absoliučios ir aplinkos temperatūrų °C
1. Kontaktai. Vario arba vario lydinių šyna - ore, - SF6 (sieros heksafluorido) dujose, - Alyvoje	75 105 80	35 65 40
2. Sidabruoti arba nikeliuoti: - ore, - SF6 dujose, - Alyvoje	105 105 90	65 65 50
3. Alavuoti: - ore, - SF6 dujose, - Alyvoje	90 90 90	50 50 50
1. Varžtiniai sujungimai. Vario, vario lydinių arba aliuminiaus šynos: - ore, - SF6 dujose, - Alyvoje	90 110 100	50 75 60
2. Sidabruoti arba nikeliuoti varžtiniai sujungimai: - ore, - SF6 dujose, - Alyvoje	115 115 100	75 75 60
3. Alavuoti varžtiniai sujungimai: - ore, - SF6 dujose, - Alyvoje	105 105 100	65 65 60
3. Visi kiti padengti arba nepadengti metalo kontaktai ar sujungimai	Medžiagoms, neišvardintoms šioje lentelėje – pagal jų leistinas maksimalias temperatūras	

1.3. lentelės tęsinys kitame puslapyje

ELEKTROS ĮRENGINIO (JO LAIDININKO ARBA DIELEKTRIKO) DALIS	MAKSIMALI TEMPERATŪROS REKŠMĖ	
	Absoliuti temperatūra °C	Skirtumas tarp absoliučios ir aplinkos temperatūrų °C
4. Gnybtai, išorinių laidininkų varžtiniam (sraigtiniam) prijungimui: - nepadengti, - sidabruoti, nikeliuoti ar alavuoti, - su kitokiais padengimais	90 105 (žiūrėti poz.3)	50 65 (žiūrėti poz.3)
5. Komutacinių aparatų alyva	90	50
6. Metalinės aktyviosios dalys (pvz. spyruoklės)	Temperatūra negali viršyti medžiagos elastingumo ribos	
7. Izoliacinės medžiagos ir metalai besiliečiantys su izoliacija, pagal IEC 60085 klases: - Y, - A, - E, - B, - F, - E, : alyvos pagrindu Sintetika, - H, - C kitos izoliacinės medžiagos	90 105 120 130 155 100 120 180 Kad nepažeistų jas supančių dalių	50 65 80 90 115 60 80 140 Kad nepažeistų jas supančių dalių
8. Bet kuri metalinė ar izoliacinė dalis besiliečianti su alyva, išskyrus kontaktus	100	60
9. Pasiekiamos dalys: - liečiamos, normalaus valdymo operacijų metu, - nebūtinai liesti normalaus valdymo operacijų metu	70 80	30 40
Pastaba: Lentelėje aprašyti taškai (1 ÷ 9) - pagal tarptautinio standarto IEC 60694, 4.4.3 skyrių		

2. SKIRSTOMŲJŲ IR VALDYMO ELEKTROS ĮRENGINIŲ ATSPARUMO TRUMPIESIEMS JUNGIMAMS SKAIČIAVIMAS

Elektros tiekimo sistemose gali kilti trumpieji jungimai, to pasekoje sistemoje staigiai išauga srovės. Todėl, pagrindinė elektros paskirstymo įranga turi būti parinkta, tokia jog sugebėtų nesugesdama išlaikyti nenormalius režimus.

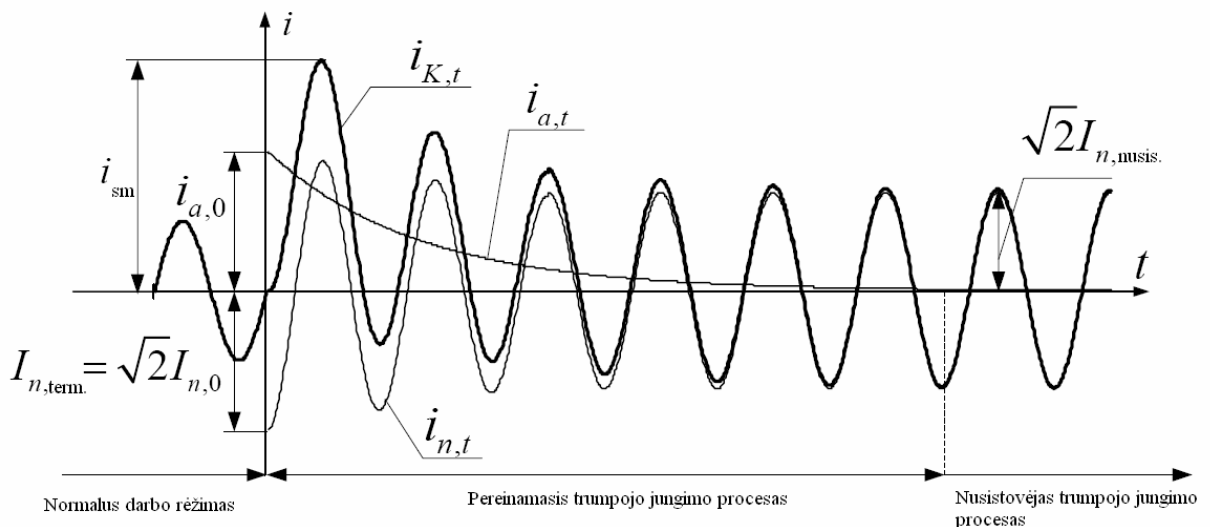
Trumpieji jungimai būna [5]:

- Trifaziai simetriniai trumpieji jungimai;
- Dvifaziai – dvi tarpusavyje susijungusios fazės be ryšio su žeme;
- Vienfazis įžemėjimas – viena fazė per žemę susijungusi su maitinimo šaltinio neutralia;
- Dvifazis įžemėjimas – dvi fazės susijungusios tarpusavyje ir su žeme.

Pagrindinės trumpųjų jungimų priežastys:

- Atskirų elektros paskirstymo įrenginių izoliacijos pažeidimas;
- Neteisingi aptarnaujančio personalo veiksmai;
- Leistinos izoliacijos įtampos viršijimas dėl viršįtampių sistemoje.

Mūsų atveju bus nagrinėjami trifazis simetrinis, trumpasis jungimas bei dvifazis įžemėjimas. Nustatysime visos bandymo sistemos gebą išlaikyti 300ms, 63kA dinaminį, bei 3s 25kA terminį trumpojo jungimo srovės poveikį.



2.1 pav. Trumpojo jungimo kreivė, nesant automatiniam generatoriaus žadinimo reguliavimui

Aukščiau esančiame 2.1 pav. vaizduojamas trumpojo jungimo atvejis kuomet automatiškai nereguliuojamas generatoriaus žadinimas.

2.1 BANDYMO SCHEMĄ SUDARANČIŲ ELEMENTŲ VARŽŲ SKAIČIAVIMAS

- Laboratorijos bandymo schemoje bus naudojamas generatorius. Jis maitins trumpojo jungimo tašką, todėl būtina nustatyti jo vidinę varžą, kad galėtume įvertinti jos įtaką trumpojo jungimo srovės dydžiui. Skaičiavimus atliekame remdamiesi [6] pateikta formule skaičiuojame realiais vienetais. Skaičiuojant turi būti žinomi sekantys duomenys, vardinė generatoriaus galia S_n , vardinė įtampa U_n , bei išilginė generatoriaus varža santykiniais vienetais tuomet priėmus jį bazinę įtampa $U_b = 10.5kV$ apskaičiuojame generatoriaus varžą:

$$x_{gen} = x_{d^*}'' \cdot \frac{U_b^2}{S_n} \quad (2.1)$$

čia

x_{gen} - generatoriaus reaktyvi varža, Ω ;

x_{d^*}'' - išilginė generatoriaus varža santykiniais vienetais;

S_n - vardinė generatoriaus pilnoji galia, $V \cdot A$;

U_b - bazinė įtampa, V .

- Apskaičiuosime kabelio varžą. Šiuo atveju nagrinėsime tris atkarpas Generatorius - pagrindinis vakuuminis jungtuvas, pagrindinis vakuuminis jungtuvas – reaktorius, reaktorius – galios transformatorius. Šie sujungimai atliekami 10kV įtampai skirtu N2XSY 1x240/16mm² markės kabeliu. Kadangi visose trijose atkarpose naudojamas tokios pat markės kabelis surandame šių atkarpų sumą $l_{\Sigma} = 0,05km$. Parinkto kabelio 1km varža $x_k = 0,09\Omega$. Tuomet kabelio varža yra lygi:

$$x_{KL} = x_k \cdot l \cdot \frac{U_b^2}{U_n^2}, \quad (2.2)$$

čia

x_{KL} - kabelinės linijos varža, Ω ;

x_k - kabelio 1 km varža, Ω/km ;

l - kabelio ilgis, km ;

U_n - vardinė įtampa, V .

- Sujungimai tarp vakuuminių jungtuvų atliekami 60x8mm vienpolėmis varinėmis šynomis, o nuo galios transformatoriaus iki bandomo elektros įrenginio (žr. priedą Nr.1) vienpolėmis 120x10mm varinėmis šynomis. Apskaičiuosime kiekvienos atkarpos varžos dydį remdamiesi 2.3 formule.

$$R_s = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (2.3)$$

čia

R_s - šynos varža, Ω ;

ρ - savitoji varinės šynos varža, $\Omega \cdot mm^2 / m$;

l - šynų atkarpos ilgis, m ;

S - skerspjūvio plotas, mm^2 .

- Jungtuvų varžos pateikiamos gamintojo $z_{Q1} = 3,46\mu\Omega$, $z_{Q2} = 3,46\mu\Omega$.
- Trumpojo jungimo srovės ribojimui naudojamas reaktorius $I_n = 1000A$ (Remiantis [6] $I_n \geq 0,7I_{ngen.}$), $U_n = 10kV$ iš [5] reaktoriaus varža $x_{REAK.} = 0,56\Omega$.
- Galios transformatoriaus varžos skaičiavimai atliekami remiantis 2.4 formule. Transformatoriams, kurių galia $S \geq 630kV \cdot A$ aktyvioji varža skaičiavimuose neįvertinama, (transformatoriaus trumpojo jungimo įtampa procentais [5] $u_k \% = 4,0\%$):

$$x_{TR} = \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{U_b^2}{S_n}, \quad (2.4)$$

čia

S_n - transformatoriaus vardinė pilnoji galia, $kV \cdot A$ ($S_n = 630kV \cdot A$).

- Bandomo elektros įrenginio varža buvo išmatuota atlikus temperatūros kėlimo bandymą (žr. 4sk.), kadangi šis bandymas buvo atliekamas transformatoriaus žemos $0,05kV$ įtampos pusėje ($z_{Bl} = 18\mu\Omega$). Siekiant nustatyti bandomo elektros įrenginio varžos įtaką trumpojo jungimo srovės dydžiui $10kV$ pusėje varžą reikia redukuoti į $10kV$ pusę.

Šiuo atveju pasinaudosime transformatoriaus transformacijos koeficientu k , kadangi galios transformatoriaus pirminė apvija sujungta žvaigžde, o antrinė sujungta trikampiui, tai

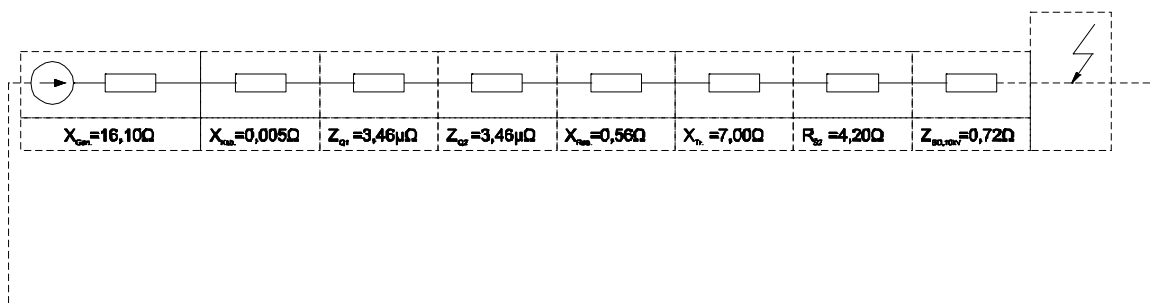
$$k = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{10kV}{0,05kV} \cdot \sqrt{3} = 346 \text{ [6]:}$$

$$z_{Bl,10kV} = k^2 \cdot z_{Bl}, \quad (2.5)$$

čia

z_{Bl} - bandomo elektros įrenginio varža, Ω .

2.1 lentelėje pateikiami bandomosios schemos elementų vardiniai duomenys, bei skaičiavimo rezultatai.



2.2 pav. Bandymo schemos varžų atstojamoji skaičiavimo schema

Bandymo schemos varžų skaičiavimo rezultatai

BANDYMO SCHEMOS ELEMENTAS				
Generatorius				
Duoti duomenys				Rezultatas
$S_n = 1MV \cdot A$	$U_n = 10kV$	$x_{d^*}'' = 0,146$	$U_b = 10,5kV$	$x_{gen} = 16,10\Omega$
Kabelis				
Duoti duomenys				Rezultatas
$U_n = 10kV$	$U_b = 10,5kV$	$x_k = 0,09\Omega$	$l = 0,05km$	$x_{KL} = 0,005\Omega$
Šynos				
Duoti duomenys				Rezultatas
$S = 480mm^2$	$\rho = 0,0175\Omega mm^2 / m$	$l_1 = 2m$		$R_{S1} = 7,29 \cdot 10^{-5}\Omega$
$S = 1200mm^2$		$l_2 = 8m$		$R_{S2} = 4,20\Omega$
Reaktorius				
Duoti duomenys				Rezultatas
$I_n = 1000A$		$U_n = 10kV$		$x_{REAK.} = 0,56\Omega$
Transformatorius				
Duoti duomenys				Rezultatas
$S_n = 630kV \cdot A$	$U_n = 10kV$	$U_b = 10,5kV$	$u_k \% = 4,0\%$	$x_{TR} = 7,0\Omega$
Bandomas elektros įrenginys				
Duoti duomenys				Rezultatas
$z_{BL,0.4kV} = 18\mu\Omega$	$k = 346$			$z_{BL,10kV} = 2,15\Omega$

2.2. ŠYŅŲ ELEKTRODINAMINIS ATSPARUMAS

Ant izoliatorių sumontuotos standžios šynos sudaro virpesių kontūrą veikiamą elektrodinaminių jėgų. Tokioje sistemoje atsiranda virpesiai, kurie priklauso nuo masės ir konstrukcijos standumo. Įvykus trumpajam jungimui atsiranda elektrodinaminių jėgų dedamoji kintanti 50-100Hz dažniu. Jeigu šynos – izoliatoriai sistemos savų virpesių dažnis sutaps su elektrodinaminių jėgų dedamosios reikšmėmis tai apkrova šynos – izoliatoriai sistemai išaugs.

Mechaninio rezonanso nebus jeigu savų virpesių dažnis bus mažesnis nei 30Hz arba didesnis nei 200Hz [6].

$$f_0 = \frac{125,2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{J}{q}}; \quad (2.6)$$

čia

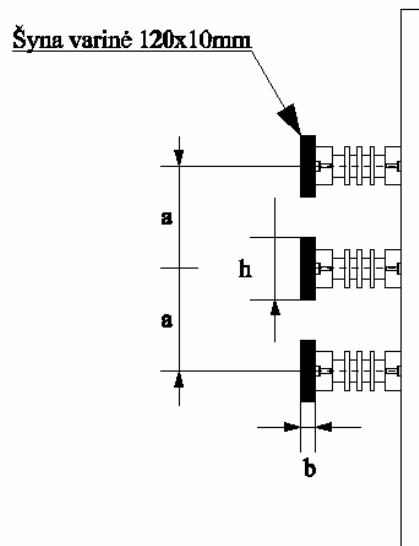
f_0 - sistemos virpesių dažnis, Hz;

l - ilgis tarp atraminių izoliatorių, m;

J - inercijos momentas, cm^3 ;

q - skersinis šynos skerspjūvis, cm^2 .

Kadangi, žemos įtampos pusėje sujungimui tarp galios transformatoriaus ir bandomo elektros įrenginio bus naudojamos varinės šynos sumontuotos ant sienos esančių izoliatorių (pav. 2.3) tuomet inercijos momentas bus apskaičiuojamas remiantis (2.7) formule [6]



2.3 pav. Šynų – izoliatorių sistema

Inercijos momentas randamas remiantis 2.7 formule:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{1 \cdot (12)^3}{12} = 144cm^4; \quad (2.7)$$

$$J = \frac{1 \cdot (12)^3}{12} = 144cm^4 .$$

čia

b – laidininko storis, cm;

h – laidininko plotis, cm.

tuomet,

$$f_0 = \frac{125,2}{2^2} \cdot \sqrt{\frac{144}{12}} = 108,4 \text{ Hz}.$$

Kadangi, sistemos savų virpesių dažnis $f_0 < 200 \text{ Hz}$, atliekami papildomai šynų konstrukciją veikiančių jėgų skaičiavimai [6].

Projektuojamoje laboratorijoje ant izoliatorių kiekvienoje fazėje bus sumontuotos varinės 120x10mm standžios šynos. Tokioms šynoms atliekami sekantys skaičiavimai.

Nustatome formos koeficientą jis įvertina laidininko formą ir šiuo atveju yra $k_\phi = 1$.

Didžiausias elektrodinaminis poveikis pasireiškia esant trifaziam trumpajam jungimui todėl, toliau nagrinėsime procesus vykstant trifaziam trumpajam jungimui.

Tolygiai pasiskirsčiusi jėga f sukuria lenkimo momentą $N \cdot m$ (priimama jog šyna laisvai padėta ant atramų esant daug tarpų tarp atramų). Kadangi žemos įtampos pusėje trumpojo jungimo srovės, mechaninis poveikis šynų – izoliatorių sistemai didžiausias privalome nustatyti bandymo sistemos geba išlaikyti tokius nenormalius režimus.

Lenkimo momentas apskaičiuojamas remiantis 2.8 formule [6].

$$M = \frac{f \cdot l^2}{10}; \quad (2.8)$$

čia

M - lenkimo momentas, $N \cdot m$;

f - jėga, N/m .

$$f = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot k_\phi \cdot \frac{i_{sm}^{(3)2}}{a}; \quad (2.9)$$

čia

k_ϕ - koeficientas įvertinantis laidininko formą;

a - atstumas tarp fazių, m;

$i_{sm}^{(3)}$ - srovės smūgis įvykus trifaziam trumpajam jungimui, A.

$$f = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot \frac{(63 \cdot 10^3)^2}{0,3} = 2292 N / m$$

$$M = \frac{2292 \cdot 2^2}{10} = 916,8 N \cdot m$$

Įtempimai šynose atsiranda veikiant lenkimo momentui.

Nustatome šynų sistemos atsparumo momentą W .

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad (2.10)$$

čia

W - atsparumo momentas, cm^3 .

$$W = \frac{1 \cdot 12^2}{6} = 24 cm^3$$

tuomet,

$$\sigma_{sk.} = \frac{M}{W}; \quad (2.11)$$

čia

$\sigma_{sk.}$ - skaičiuojami įtempimai medžiagoje, MPa .

$$\sigma_{sk.} = \frac{916,8}{24} = 38,2 MPa.$$

$$\sigma_{sk.} \leq \sigma_{leist.} \quad (2.12)$$

Leistini įtempimai varinėse šynose $\sigma_{leist.} = 171,5 - 178,4 MPa$ [6]. Vadinasi, esant tokiam varinių šynų – izoliatorių išdėstymui įtempimai neviršija leistinių ribų.

2.3. ŠYŅŲ TERMINIS ATSPARUMAS

Trumpojo jungimo trukmė yra gerokai mažesnė už laidininko įšilimo laiko pastoviąją, todėl aplinkai šilumos atiduodama mažai. Dėl to beveik visa išsiskyrusi šiluma šildo laidininką. Jei laidininko varža būtų pastovi, tai jo temperatūra kistų tiesiškai. Tačiau, kylant temperatūrai, varža didėja, todėl temperatūrą trumpojo jungimo metu nusako staigiai kylanti kreivė. Labai įkaitęs laidininkas gali pradėti lydytis, o izoliacija degti. Laidininko gebėjimas išlaikyti mechaninį atsparumą, tekant trumpojo jungimo srovei, vadinamas terminiu atsparumu. atsparumo kriterijus

gali būti leistinoji trumpalaikio išilimo temperatūra. Šių temperatūrų reikšmes pateikia gamykla gamintoja. Neizoliuotų aliumininių laidininkų trumpalaikė išilimo temperatūra yra 200 °C, o varinių – 300 °C. Trumpojo jungimo metu laidininko šilumos atidavimas aplinkai nežymus [9].

Šioje tiriamojo darbo dalyje nagrinėsime kiek laidininkas išyla juo tekant trumpojo jungimo srovėms, bei kiek užtrunka kol laidininkas pasiekia aplinkos temperatūra (t.y. galima atlikti sekanti bandymą). Nagrinėjamas laidininkas 120x10mm varinė šyna, kuria tekės 63kA dydžio trumpojo jungimo srovė. Nagrinėsime laidininko išilimo priklausomybę nuo juo tekančios srovės dydžio, bei trukmės.

Priėmus, jog c ir k_T pastovūs dydžiai esant pastoviai galiai P gausime, kad τ yra lygi [8]:

$$\tau = \frac{P}{F \cdot k_T} \cdot \left(1 - e^{-\frac{F \cdot k_T}{G \cdot c} t}\right) + \tau_0 \cdot e^{-\frac{F \cdot k_T}{G \cdot c} t}. \quad (2.13)$$

čia

τ - laidininko temperatūra viršijanti aplinkos temperatūrą, °C ;

P - trumpojo jungimo galia, W;

F - laidininko šilumos atidavimo paviršius, m^2 ;

k_T - šilumos atidavimo koeficientas, $W/(m^2 \cdot K)$ iš lentelės [8] ;

G - laidininko masė, kg;

c - specifinė šilumos talpa, $J/(kg \cdot K)$;

t - trumpojo jungimo laikas, s;

τ_0 - aplinkos ir laidininko temperatūrų skirtumas trumpojo jungimo proceso pradžioje, °C .

Žinant, laidininku tekančios trumpojo jungimo srovės dydį $I_K = 63kA$, bei remiantis 2.3 formule apskaičiuojame vieno metro 120x10mm varinės šynos varžą $R_s = 1,46 \cdot 10^{-5} \Omega$, bei trumpojo jungimo galią $P = I^2 \cdot R = 63 \cdot 10^3 \cdot 1,46 \cdot 10^{-5} = 57,947kW$.

120x10mm varinės šynos vieno metro šilumos atidavimo paviršius yra $F = 0,262m^2$.

Iš [5] plokščioms varinėms šynoms šilumos atidavimo koeficientas $k_T = 6W/(m^2 \cdot K)$.

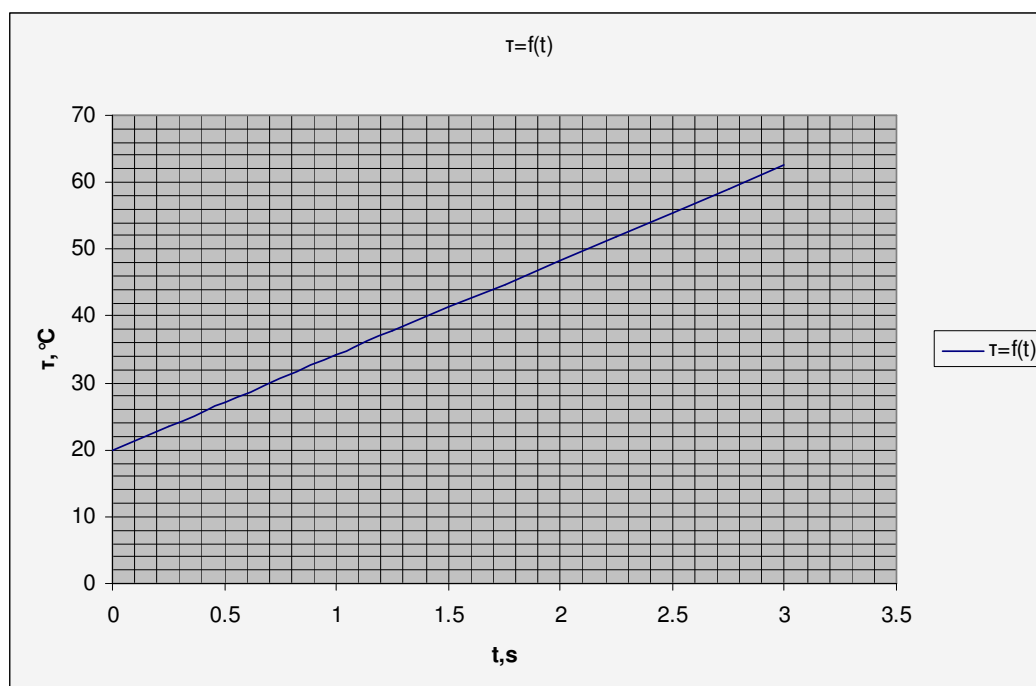
Pasinaudojus 2.13 formule nustatome, laidininko temperatūrą juo tekant trumpojo jungimo srovei. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 2.2 lentelėje

Kadangi, laidininku pradiniu laiko momentu srovė netekėjo jo temperatūrą priimame esant lygiai aplinkos. Aplinkos temperatūra 20°C .

Laidininko īsilimas

TRUMPO JUNGIMO SROVĒS TEKĒJIMO LAIKAS t, s	L AidININKO TEMPERATŪRA $\tau, ^\circ C$
0	20.00
0.25	23.55
0.5	27.10
1	34.20
1.25	37.73
1.5	41.30
1.75	44.81
2	48.40
2.25	51.90
2.5	55.44
2.75	58.98
3	62.50

2.4 pav. Pateikiama laidininko īsilimo kreivē, laidininku 3 sekundes tekant 63kA dydzio trumpojo jungimo srovei.



2.4 pav. Laidininko īsilimo kreivē.

Trumpojo jungimo metu laidininko aktyvioji varža R ir medžiagos savitoji šiluminė talpa c priklauso nuo temperatūros ir gali būti apskaičiuojama taip [9]:

$$R = \rho_o (1 + \alpha(\vartheta - \vartheta_o)) \frac{\ell}{S}; \quad (2.14)$$

$$c = c_o (1 + k(\vartheta - \vartheta_o)); \quad (2.15)$$

čia

ρ_o, c_o - laidininko savitoji varža ir medžiagos savitoji šiluminė talpa esant aplinkos ϑ_o temperatūrai;

α, k - laidininko varžos ir šiluminės talpos temperatūriniai koeficientai;

ℓ, S - laidininko ilgis ir skerspjūvio plotas.

Išilimo laiko pastovioji T nusako laidininko išilimo trukmę iki nusistovėjusios reikšmės, be šilumos atidavimo į aplinką.

$$T = \frac{G \cdot c}{F \cdot k_T}. \quad (2.16)$$

čia

T - išilimo laiko pastovioji.

Kadangi, nagrinėjame procesą kai laidininku pradiniu momentu vardinė srovė neteka priimame, jog laidininkas yra aplinkos temperatūros, tuomet $\tau_0 = 0^{\circ}C$.

Apskaičiavę nustatėme laidininko išilimo temperatūrą tekant trumpojo jungimo srovei $\tau = 42,53^{\circ}C$. Toliau apskaičiuosime laidininko aušimo laiką, šiuo atveju mes turime nustatyti laiką, kada laidininkas pasiekia aplinkos temperatūrą ir vėl galima atlikti sekančius bandymus.

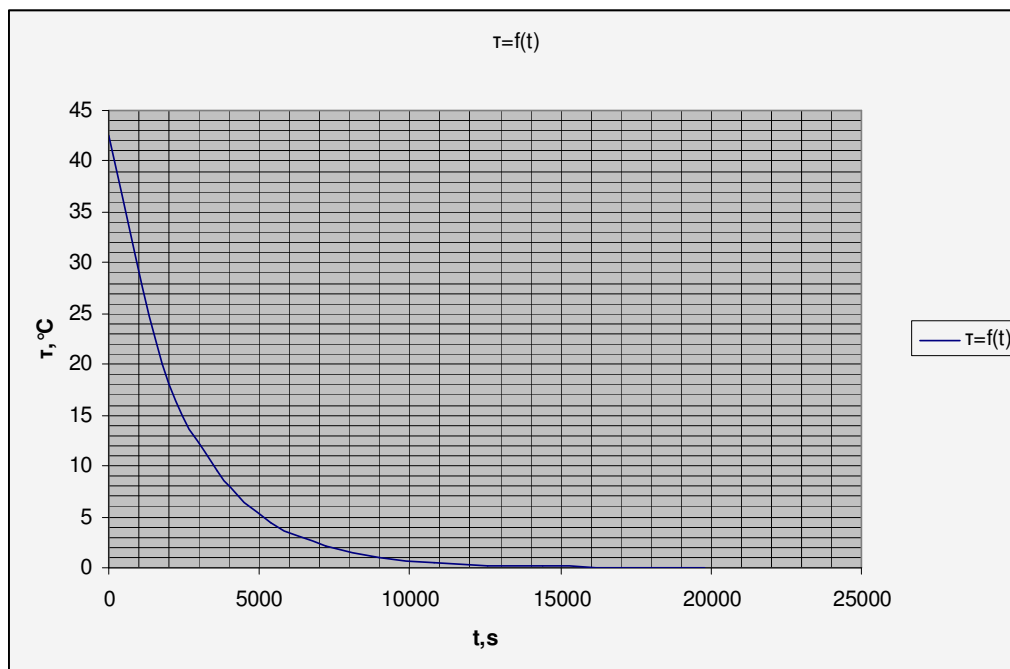
Laidininku pratekęs trumpojo jungimo srovei jis iššyla $\tau = 42,53^{\circ}C$ virš nusistovėjusios reikšmės. Laidininko aušimo laiką nustatysime remdamiesi 2.17 formule skaičiavimo rezultatai pateikti 2.3 lentelėje.

$$\tau = \tau_0 \cdot e^{-t/T} \quad (2.17)$$

Laidininko aušimas

L AidINIKO AUŠIMO LAIKAS t, s	L AidININKO TEMPERATŪRA $\tau, ^\circ C$
0	42.50
1800	20.07
3600	9.47
5400	4.47
7200	2.11
9000	0.97
10800	0.47
12600	0.222
14400	0.105
16200	0.049
18000	0.023
19800	0.011

2.5 pav. Pavaizduota laidininko aušimo priklausomybė nuo laiko. Iš jos matome, jog laidininku nebetekant trumpojo jungimo srovei po 2,5 valandų laidininko temperatūra pasiekia $\tau = 0,97^\circ C$. Šia temperatūrą mes priimame leistina, kad būtų galima atlikti sekantį bandymą.



2.5 pav. Laidininko aušimo kreivė.

2.4. ĮTAMPOS NUOSTOLIAI BANDYMO SCHEMOS ELEMENTUOSE

Naudojant galios transformatoriaus transformacijos koeficientą $k = 346$, nustatome srovės dydį transformatoriaus $10kV$ pusėje, žemos įtampos transformatoriaus pusėje tekant termininei $25 kA$, bei dinaminei $63 kA$ trumpojo jungimo srovei.

$$I_{K.T10kV} = \frac{I_{K.T0,05kV}}{k}, \quad (2.15)$$

$$I_{K.T10kV} = \frac{25000}{346} = 72,25A,$$

Analogiškai apskaičiuojama ir dinaminė trumpo jungimo srovė.

$$I_{K.T10kV} = \frac{63000}{346} = 182A.$$

Žinant sroves $10kV$ pusėje nustatome įtampos nuostolius kiekviename schemos elemente:

$$U = z \cdot I_{K.10kV}, \quad (2.16)$$

2.4. lentelė

Įtampos nuostoliai bandymo schemos elementuose

SCHEMOS ELEMENTAS	ĮTAMPOS NUOSTOLIAI, V TEKANT TERMINIAI TRUMPO JUNGIMO SROVEI $I_{K.T.} = 25kA$	ĮTAMPOS NUOSTOLIAI, V TEKANT DINAMINIAI TRUMPO JUNGIMO SROVEI $I_{K.D} = 63kA$
Generatorius	1163,22V	2930,3V
Kabelis	0,36V	0,91V
Šyna, varinė 60x8mm	0,009V	0,023V
Pagrindinis jungtuvas	0,0004V	0,001V
Valdymo jungtuvas	0,0004V	0,001V
Reaktorius	40,46V	101,9V
Galios transformatorius	504V	1274V
Šyna, varinė 120x10mm	302,4V	764,4V
Bandomas el. įrenginys	155,23V	391,3V
Suma	2165,67V	5462,5V

Tokiu būdų mes nustatėme įtampą generatoriaus gnybtuose, kuri turės būti nustatyta norint kad bandymo grandine pratekėtų reikalingo dydžio trumpojo jungimo srovė.

3. LABORATORIJOS ĮRANGA

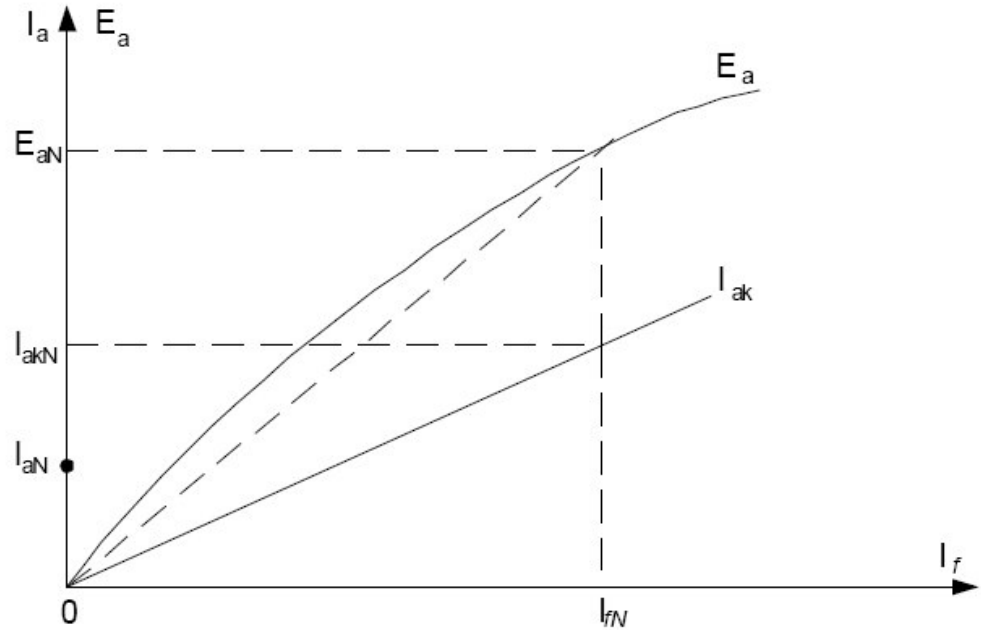
3.1. lentelė

Bandymo schemos elementų pagrindiniai techniniai duomenys

ŽYMĖJIMAS SCHEMOJE	ĮRENGINYS	TECHNINIAI DUOMENYS
V – G	Sinchroninis variklis suka Generatorių skirtą trumpo jungimo bandymams	$P_{Vn} = 1MW$
		$U_{Vn} = 10kV$
		$S_{Gn} = 1MV \cdot A$
		$U_{Gn} = 10kV$
		$x_{gen.} = 16,1\Omega$
T	Transformatorius skirtas trumpo jungimo bandymams	Jungimas Y / Δ
		$S_n = 630kV \cdot A$
		$U_1 = 10kV$
		$U_2 = 0,05kV$
		$x_{TR} = 7,0\Omega$
Q1	Vakuuminis jungtuvas (pagrindinis)	$I_n = 1,2kA$
		$I_d = 80kA$
		$U_n = 12kV$
		Komutavimo laikas $t = 0,7ms$
L	Reaktorius (Srovės, galios koeficiento reguliavimui)	$I_n = 1000A$
		$U_n = 10kV$
		$x_{REA} = 0,56\Omega$
PA	Srovės matavimo sistema (Rogovskio ritė su adapteriu)	Žiūrėti 3.2 lentelę
1-3	Matavimų taškai.	
Q2	Vakuuminis jungtuvas (valdymo)	$I_t = 1,2kA$
		$I_d = 80kA$
		$U_n = 12kV$
		Komutavimo laikas $t = 0,6ms$

• GENERATORIUS

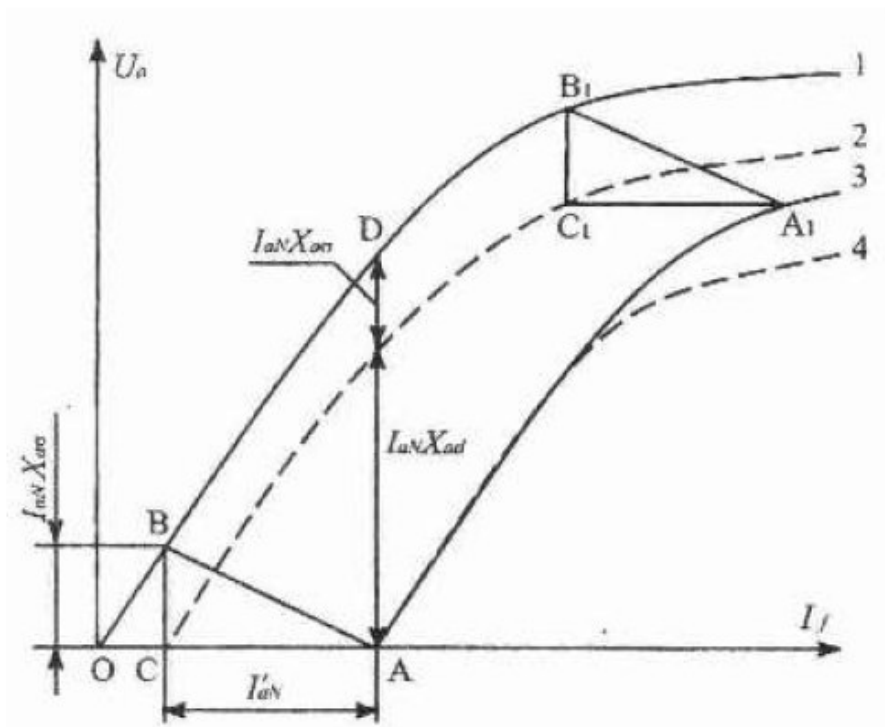
Trumpojo jungimo metu statoriaus apvijos evj dydis yra kelis kartus mažesnis už generatoriaus darbo režimo evj, ir, vadinasi, pagrindinis magnetinis srautas labai mažas, tai mašinos magnetinė grandinė yra neprisotinta. Dėl šios priežasties trumpojo jungimo charakteristika yra tiesinė 3.1 pav. Aktyvinė statoriaus apvijos varža yra nedidelė, palyginus su induktyvine jos varža. Todėl nepaisydami r, galime laikyti, kad trumpojo jungimo metu sinchroninio generatoriaus inkaro reakcija yra išilginė išmagnetinančioji [7].



3.1 pav. sinchroninio generatoriaus charakteristikos

Esant $I_a = const$, didėjant žadinimo magnetovarai F_f , didėja ir U_a , nes $j\mathbf{L}_{ad}x_{ad}$, $j\mathbf{L}_{ad}x_{a\sigma}$ lieka pastovūs. Tarkime, kad $U_a = 0$. Tuomet iš tuščiosios veikos charakteristikos ir iš vektorių diagramos aiškėja, kad norint sukurti elektrovarą $\underline{E}_{a\sigma} = -j\mathbf{L}_{ad} \cdot x_{a\sigma}$, žadinimo srovę reikia padidinti iki 0° C (3.2 pav.). Jeigu nebūtų išilginės išmagnetinančiosios inkaro reakcijos, didinant žadinimo srovę toliau, inkaro fazinė įtampa kistų pagal kreivę 2 (3.2 pav.). Išilginė išmagnetinančioji inkaro reakcija veikia taip, kad iš pradžių reikia nugalėti įtampos kritimą varžoje x_{ad} . Taigi taške A, kai žadinimo srovė OA, įtampų kritimai inkaro fazėje yra $AD = I_{aN} \cdot x_{a\sigma} + I_{aN} \cdot x_{ad}$.

Didinant žadinimo srovę I_f toliau, fazės gnybtų įtampa augs nuo nulio pagal 3 kreivę. Atkarpa CA – inkaro išilginės išmagnetinančiosios reakcijos srovė redukuota induktoriui. Statusis trikampis ABC vadinamas reaktinguoju trikampiu, arba Potjė trikampiu. 3.2 pav. 3 kreivė gali būti gauta, judant Potjė trikampiu lygiagrečiai taip, kad jo viršūnė B brėžtų tuščiosios veikos charakteristiką. Dėl įsotinimo reiškinių tikroji induktyviojo apkrovimo charakteristika bus žemiau (brūkšninė kreivė 4) [10].

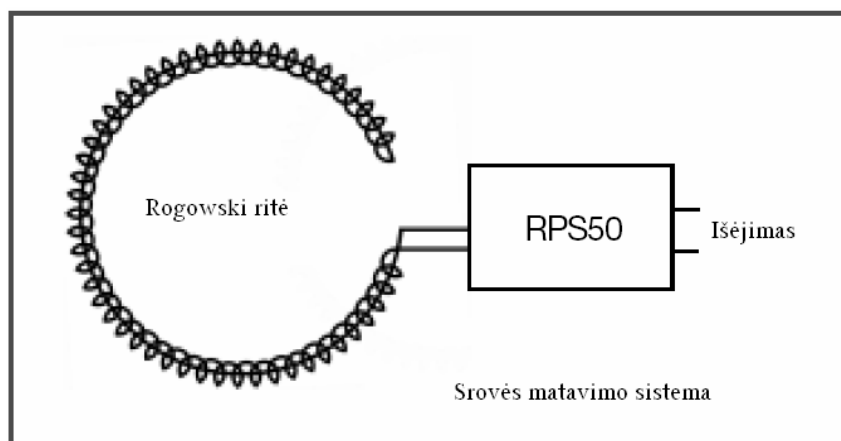


3.2 pav. Sinchroninio generatoriaus induktyviosios apkrovos charakteristika

čia

I_{aN} - vardinė inkaro srovė, A;

I_{akN} - trumpojo jungimo srovė, esant tokiai žadinimo srovei I_{fN} , kurią atitinka nominalioji tuščiosios veikos elektrovara E_{aN}



3.3 pav. Srovės matavimo sistema

Srovės matavimo sistemą sudaro Rogowski ritė ir RPS50 kelių skalių Rogowski ritės adapteris. Žemiau pateikiami keli techniniai rodikliai:

3.2. lentelė

Srovės matavimo sistema

RPS50 ROGOWSKI RITĖS ADAPTERIS	
Įėjimas:	Rogowski ritė (100mV)
Išėjimas:	~3 V matuojant maksimalią reikšmę
Išėjimo leidžiama apkrova:	> 10kΩ
Skalės:	0,5; 2,5; 10kA (3 V matuojant maksimalią reikšmę)
	2,5; 10; 50kA (3 V matuojant maksimalią reikšmę)
	10;50; 250kA (3 V matuojant maksimalią reikšmę)
Dažnių diapazonas	8 Hz – 100 kHz
Tikslumas	Geriau nei ±1% visos skalės

Rogowski ritės išėjimas yra proporcingas srovės pokyčiui. Nustatoma pagal 3.1 formulę.

$$Isejimas(V) = I \cdot f \cdot k \cdot 10^{-6} \quad (3.1)$$

čia

I - srovė, A;

f - dažnis, Hz;

k - koeficientas priklausantis nuo pagaminimo (šiuo atveju $k = 2$).

Įtampos matavimai atliekami ARCUS firmos MPU-02B07 markės įtampos matavimo keitikliais, kuriais matuojama kintama 50Hz dažnio įtampa matavimo ribos 0–125V. Išmatuota įtampa keičiama į nuolatinę srovę kintančią 4–20mA ribose priklausomai nuo matuojamos įtampos dydžio.

4. BANDYMAI

Bandymas: techninis veiksmas, kurio metu, naudojantis nurodyta metodika, nustatomas konkretaus produkto, proceso ar paslaugos viena ar keletas charakteristikų [11].

Pagaminti elektros įrenginiai turi būti išbandyti gamintojo, taikant nurodytus jo techniniuose dokumentuose ar griežtesnius reikalavimus. Kartu su įrenginiais turi būti pateikta atitikties deklaracija ir sertifikatas bei naudojimo dokumentai su reikalingais parametrais. Bandymų normose yra nurodyta bandymų apimtis, sąlygos ir tikrinamųjų parametrų ribinės vertės. Be bandymų ir matavimų, numatytų šiose normose, turi būti atliekama įrenginių apžiūra ir jų mechaninės dalies patikra. Įvertinus bandymų rezultatus, nustatoma elektros įrenginių techninė būklė ir daromos išvados apie jų tinkamumą naudoti [12].

4.1. BANDOMŲ VIDUTINĖS ĮTAMPOS SKIRSTYMO IR VALDYMO ĮRENGINIŲ PAGRINDINIAI TECHNINIAI DUOMENYS:

4.1. lentelė

Bandomo el. įrenginio pagrindiniai techniniai duomenys

BANDYMŲ OBJEKTAS	UŽDAROS METALO KONSTRUKCIJOS SKIRSTOMASIS ĮRENGINYS	DUOMENYS
Tipas	USN-10; USN-20	
Gamintojas	UAB „ELGA“	
Pagaminta	-	
Vardiniai duomenys	Vardinės įtampos	12-24 kV
	Vardinis dažnis	50 Hz
	Vardinės srovės	630A-2500A
	Vardinė dinaminio atsparumo srovė	63kA
	Vardinė trumpalaikė (terminio atsparumo) srovė	25kA x 3s
Pagrindiniai matmenys	Aukštis	2220 mm
	Gylis	1600 mm
	Plotis	1000 mm
	Gali būti gaminami ir kitų matmenų	
Pagrindiniai duomenys	Įžeminimo laidininkas	4x50 mm Cu
	Jungtuvas	630A-2500A
	Įžemiklis	

- Techninės charakteristikos

Narveliai eksploatuojami vidutinio klimato rajonuose 03 kategorijos 60721-2-1. Leistinas eksploatacijos aukštis iki 1000 m virš jūros lygio, +40 °C. Aplinkoje, kur eksploatuojami narveliai, neturi būti sprogių, izoliaciją dujų, garų ar dulkių. Narvelių korpusas turi IP30, o pertvaros IP20 apsaugos laipsnius pagal Narveliai gaminami pagal įmonės standartą ĮST 4474977.01:1996.

- Konstrukcija

Techninis aprašymas.

Narvelio korpusas ir pagrindinės konstrukcijos pagamintos iš šalto valcavimo plieno lakštų. Korpusas ir mazgai surenkami varžtais, nenaudojant suvirinimo. Visos narvelio detalės po pirminio apdorojimo ir lankstymo cinkuojamos galvaniniu būdu bei dažomos pageidaujama spalva milteliniais dažais. Pagrindo detalės cinkuojamos karštu būdu. Narvelis sudarytas iš keturių pagrindinių skyrių:

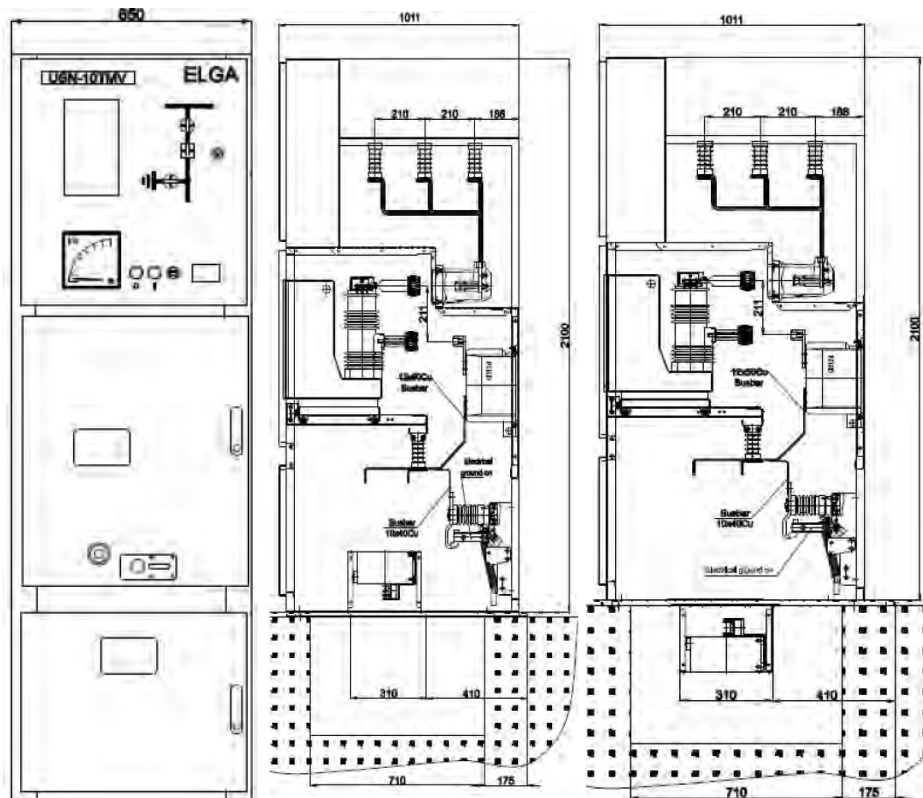
- magistralinių šynų,
- jungtuvo,
- linijų kabelių prijungimo,
- rėlinės apsaugos ir automatikos.

Antrinių grandinių jungiamieji laidai ir kabeliai tarp skirstyklos narvelių, montuojami kanaluose, instaliuotame rėlinės apsaugos ir automatikos skyriuose. Jungtuvas (4.1 pav.-1) pastatytas ant ištraukiamojo elemento (vežimėlio) kreipiančiųjų ir gali užimti tris padėtis narvelio pagrindinės grandinės (6 ÷ 12, 24 kV šynų) atžvilgiu:

- a) darbinę, kai jungtuvo ir tarpinių izoliatorių kontaktai sujungti;
- b) izoliuotą, kai tarp jungtuvo ir pereinamųjų izoliatorių kontaktų yra saugus atstumas, atitvertas apsauginėmis užuolaidomis, bet jungtuvo vežimėlis yra narvelio viduje;
- c) aptarnavimo, kai jungtuvas ištrauktas iš narvelio ant technologinio vežimėlio.

Jungtuvui esant izoliuotoje arba ištrauktoje padėtyje, pereinamųjų izoliatorių kontaktai yra uždengti izoliuojančiomis užuolaidomis. Jos nusileidžia ištraukiant jungtuvą. Nuleistas užuolaidas galima užrakinti pakabinama spyna. Narvelio durys pagamintos iš lakštinio plieno su standinimo konstrukcijomis, turi tritaškę užrakinimo sistemą ir jungtuvo apžiūros langą. Vienas nuo kito narveliai atskirti šoniniais skydais, išskyrus magistralinių šynų skyrius. Taip suformuojamas bendras jungiamųjų šynų vienos sekcijos kanalas, leidžiantis naudoti nepertraukiamą šynų sistemą, o didelėse skirstyklose sumažinti sujungimų skaičių. Jungiamųjų šynų skyriuje tvirtinamos plokščios varinės šynos. Šynas laiko išardomi šynų laikikliai arba tvirtinimo varžtai, o jos sujungiamos specialiais gnybtais. Jų dalys tarp sujungimų gali būti padengtos izoliuojančia medžiaga. Kiekvieno narvelio magistralinių šynų skyriaus viršutinis skydas gali būti nuimtas. Šiame skyde taip pat įrengti dangčiai, susidariusių didelio slėgio dujų išėjimui iš magistralinių šynų, jungtuvo ir kabelių skyrių. Sumontavus visus narvelius, kraštiniai narveliai uždengiami šoniniais skydais. Norint išplėsti skirstyklą, šie skydai nuimami ir tvirtinami ant naujai pastatyto kraštinio narvelio šono. Kabelių skyriuje, priklausomai nuo elektrinės schemos, sumontuoti du arba trys srovės transformatoriai, vienas arba keli apsaugos nuo įžemėjimo (nulinės sekos) transformatoriai, trys viršįtampių ribotuvai, bei stacionarus įžemiklis. Įžemiklis valdomas neatidarius jungtuvo

skyriaus durų ir jis turi mechaninę blokuotę. Įžemiklio perjungimo greitis nepriklauso nuo valdymo rankenos sukimo greičio, kadangi patį perjungimo veiksmą atlieka spyruoklė. Automatikos skyriuje sumontuotos mikroprocesorinės apsaugų relės, matavimo prietaisai, gnybtynai, valdymo mygtukai bei kiti aparatai [13].



4.1 pav.

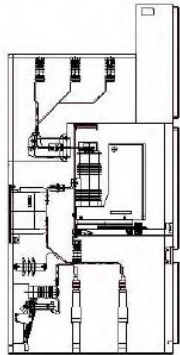
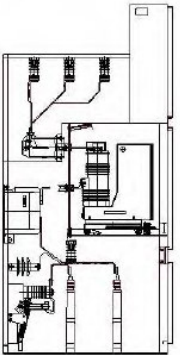
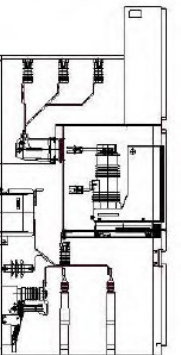
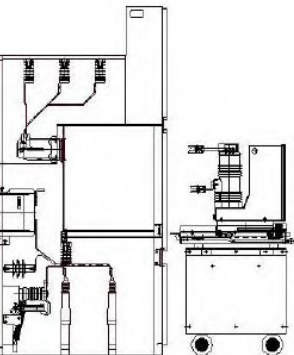
4.1a pav.

4.1b pav.

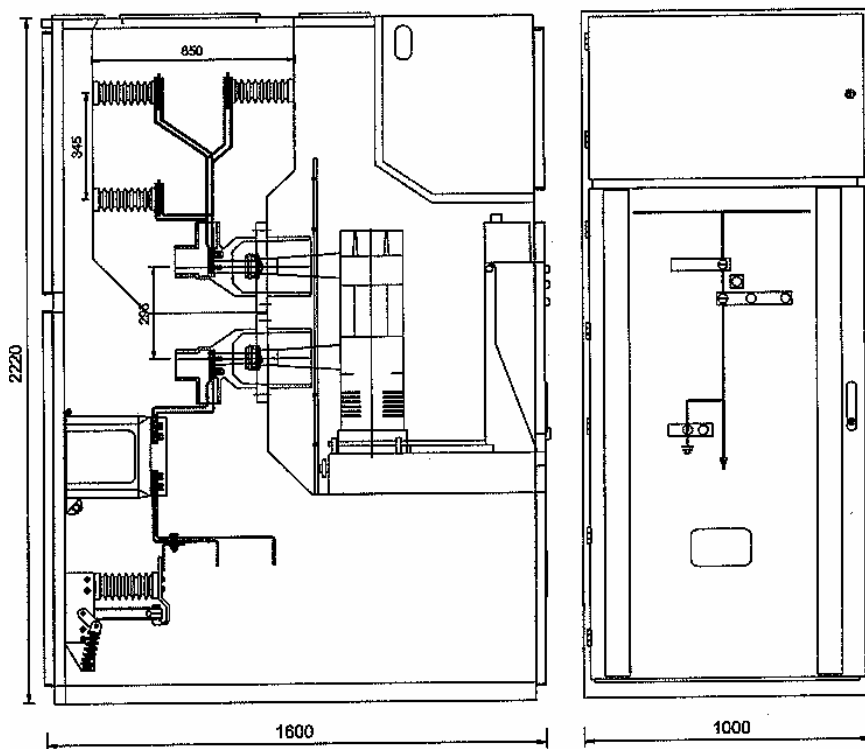
4.1 pav. USN-10TMV bendro vaizdo brėžinys

4.1a pav. Vaizdas iš kairės (Nulinės sekos transformatorius narvelio kabelių skyriuje)

4.1b pav. Vaizdas iš kairės (Nulinės sekos transformatorius kabelių kanale po narveliais)

Darbinė padėtis	Tarpinė padėtis	Izoliuota padėtis	Aptarnavimo padėtis
			

4.2 pav. Vežimėlio jungtuvo padėtys



4.3 pav. Uždaros metalo konstrukcijos skirstomasis įrenginys

Bandymai bus atliekami visiems naujos konstrukcijos, bei komplektacijos vidutinės įtampos skirstymo ir valdymo elektros įrenginiams.

4.2. TEMPERATŪROS KĒLIMO BANDYMAS

Normatyviniai dokumentai

LST EN 60694	2002-06
IEC 62271-200	2003-11

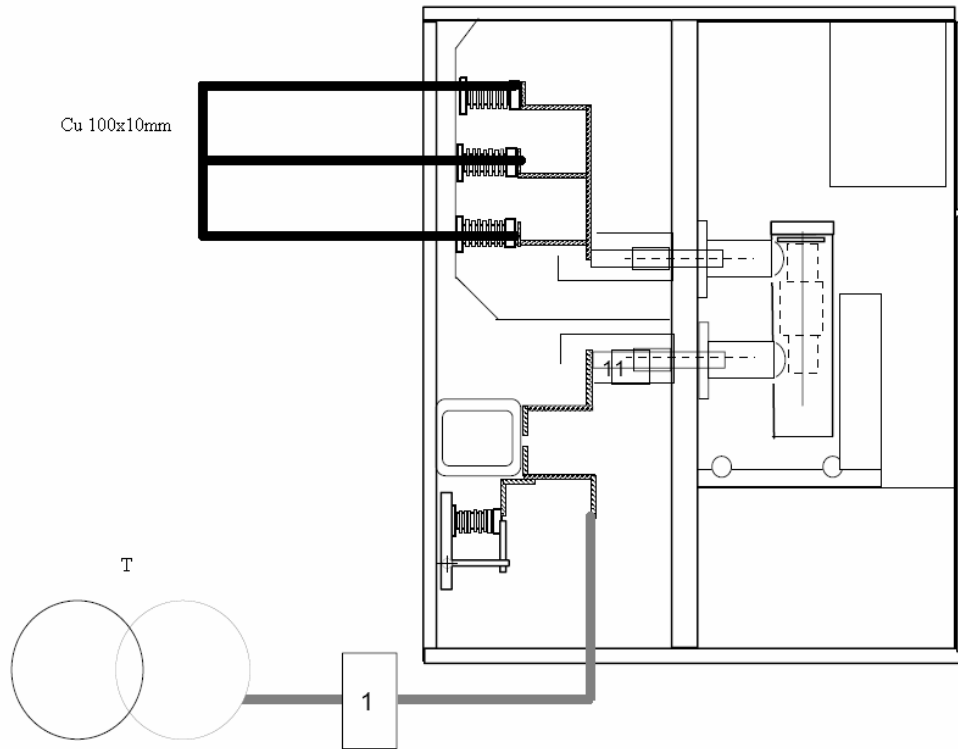
Reikalingi bandymų parametrai

Bandymo srovė 800A/50Hz, trifazė.

Bandymo eiga

Bandomo uždaros metalo konstrukcijos 12-24kV skirstomo ir valdymo elektros įrenginio šoninės sienelės termiškai izoliuojamos 50mm storio polistirolio plokštėmis. Simuliuojamas sublokuotų narvelių išdėstymas. Skirstomasis ir valdymo elektros įrenginys turi dugną ir yra pastatytas ant 100mm stovo. Maitinimas kiekvienam poliui tiekiamas 240mm² skerspjūvio variniais guma izoliuotais kabeliais. Trumpai sujungta grandinė bus išorėje 3 metrų atstumu nuo bandomo objekto. Trumpinimas atliekamas 100x10mm juodai dažyta varine šyna.

Pasirengimas bandymui

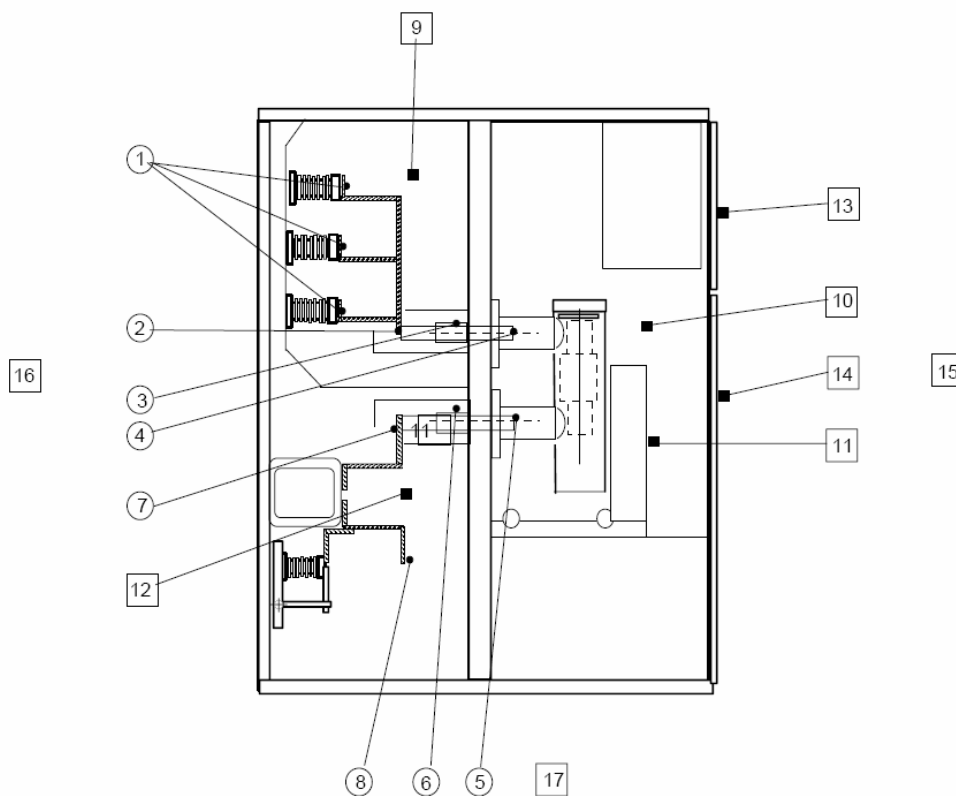


4.4 pav. Bandymo schemos montažinis brėžinys

T – maitinimo šaltinis.

MATAVIMO TAŠKAS	MATUOJAMAS PARAMETRAS	MATAVIMO PRIETAISAI	TECNINIAI PARAMETRAI
1	Srovė	Srovės transformatorius su skaitmeniniu ampermetru	Sr. Transformatorius 3000/5A

Temperatūros matavimo taškai



4.5 pav. Matavimo taškų išdėstymas

MATAVIMO TAŠKAI	MATUOJAMAS PARAMETRAS	MATAVIMO PRIETAISAI	TECNINIAI PARAMETRAI
1 – 17	Temperatūra	Therm 5500-3 Fe/konstantano termoporos	Matavimų paklaida $\pm 1\%$ matavimų reikšmės $\pm 0,3K$

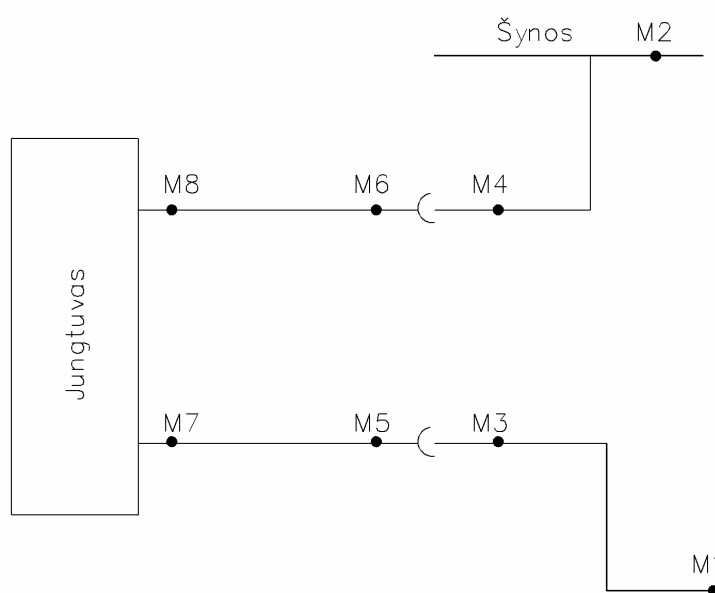
Atlikto bandymo rezultatų įvertinimas

Patikrinama ar bandymo metu išmatuotos temperatūros neviršija leistinų temperatūrų pateiktų LST EN 60694: 1996-05 standarte. Jei gautos temperatūros neviršijo leistinų laikoma, jog bandomas elektros įrenginys išlaikė bandymą.

Pagrindinės grandinės varžos matavimas

Siekiant nustatyti bandomo elektros įrenginio pilnąją pagrindinės grandinės varžą yra atliekamas trumpojo jungimo bandymas (srovės dydis $\approx 100-200A$). Išmatuojama grandine tekanti srovė, bei įtampa.

Matavimai atliekami prieš ir po temperatūros kėlimo bandymą. Atliekami varžos skaičiavimai. Matavimo taškai pavaizduoti 4.4 pav.



4.6 pav. Bandomo įrenginio pagrindinės grandinės varžos matavimo taškai

Naudojantis bandymo metu gautais rezultatais nustatoma pilnoji varža:

$$Z = \frac{U}{I}; \quad (4.1)$$

Žemiau, pateikiamas NVL81BD-1208-210A NOEL firmos jungtuvo išmatuotų parametrų lentelių pildymo, bei skaičiavimo pavyzdys. [4]

4.2. lentelė

Varžos matavimai prieš temperatūros kėlimo bandymą

	M1 - M2 Visa pagrindinė grandinė			M3 - M4 Jungtuvas kartu su izoliaciniais kontaktais			M5 - M6 Jungtuvas kartu su izoliaciniais kontaktais			M7 - M8 Jungtuvas		
	U mV	I A	Z μΩ	U mV	I A	Z μΩ	U mV	I A	Z μΩ	U mV	I A	Z μΩ
Fazė 1	29.46	165.3	17.82	13.98	165.5	8.45	9.96	165.5	6.02	5.63	165.5	3.40
Fazė 2	28.79	163.6	17.60	13.92	165.9	8.39	9.9	165.8	5.97	5.67	163.2	3.47
Fazė 3	28.62	165.1	17.33	13.02	165.3	7.88	9.91	165.1	6.00	5.76	164.5	3.50

Varžos matavimai po temperatūros kėlimo bandymo

	M1 - M2 Visa pagrindinė grandinė			M3 - M4 Jungtuvas kartu su izoliaciniais kontaktais			M5 - M6 Jungtuvas kartu su izoliaciniais kontaktais			M7 - M8 Jungtuvas		
	U mV	I A	Z μΩ	U mV	I A	Z μΩ	U mV	I A	Z μΩ	U mV	I A	Z μΩ
Fazė 1	30.46	165.3	18.43	14.4	165.5	8.70	10.5	165.5	6.32	5.73	165.5	3.46
Fazė 2	29.85	163.6	18.25	14.56	165.9	8.78	10.2	165.8	6.17	5.84	163.2	3.58
Fazė 3	30.12	165.1	18.24	14.7	165.3	8.89	10.1	165.1	6.12	5.87	164.5	3.57

4.4. lentelė

Varžos pokytis %.

	M1 / M2 %	M3 / M4 %	M5 / M6 %	M7 / M8 %
Fazė 1	3.3	2.9	4.8	1.8
Fazė 2	3.5	4.4	3.2	3.0
Fazė 3	5.0	11.4	2.0	1.8

$$\Delta Z \frac{0}{0} (M1/M2) = \frac{100 \cdot 0,61}{18,43} = 0,33 \frac{0}{0}. \quad (4.2)$$

Varžos pokyčio reikšmės negali viršyti 20 % [1]. Jei viršijama ši reikšmė, tai nereiškia jog blogi kontaktai ar sujungimai, siekiant įsitikinti reikia atlikti papildomus bandymus bandymo srovę nustatant artimesnę vardinei.

4.3. ATSPARUMO TRUMPALAIKIAM (TERMINIAM), DINAMINIAM TRUMPOJO JUNGIMO SROVĖS POVEIKIUI BANDYMAS

Bandymų laboratorija

Bandymų laboratorijos vaizdas pateiktas priede Nr.1

Normatyviniai dokumentai

LST EN 60694	2002-06
IEC 62271-200	2003-11

Aplinkos temperatūra

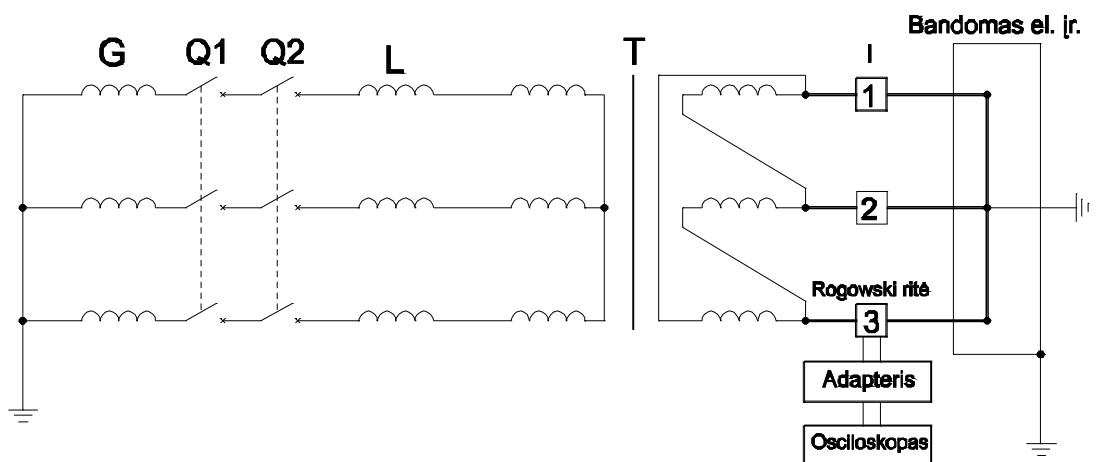
20°C

Reikalingi bandymų parametrai

- Pagrindinių grandinių atsparumo trumpalaikiam (terminiam), dinaminiam trumpojo jungimo srovės poveikiui bandymas.
- Įžeminimo grandinių atsparumo trumpalaikiam (terminiam), dinaminiam trumpojo jungimo srovės poveikiui bandymas. Imituojant dvifazį įžemėjimą tiesiogiai įžemintos neutralės tinkle.

Trumpalaikė (terminė) trumpojo jungimo srovė	25	kA
Dinaminė trumpojo jungimo srovė	63	kA
Trumpojo jungimo trukmė	3	s

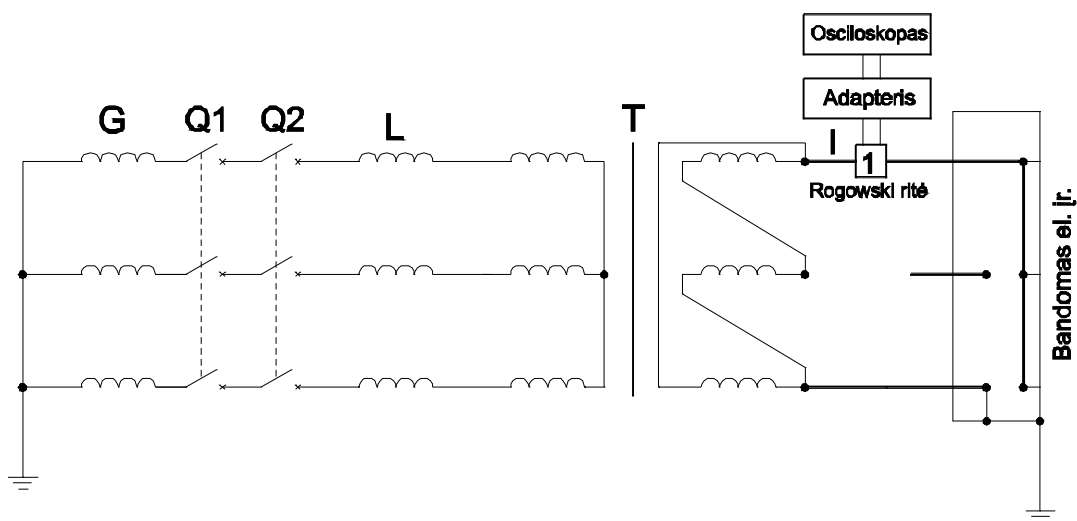
Bandomas el. įrenginys su bandymo schema sujungiamas šynomis. Esant skirtingam bandomo el. įrenginio šynų išdėstymui naudojami įvairūs anksčiau paruošti šynų prijungimo ruošiniai.



4.7 pav. pagrindinės grandinės bandymų schema

Bandomos pagrindinės grandinės techniniai duomenys

REIKALAVIMAI BANDYMUUI		TRUMPALAIKIO (TERMINIO), DINAMINIO SROVĖS ATSPARUMO BANDYMAS IŽEMINIMO GRANDINĖMS
Oscilograma Nr.		...
Fazių skaičius (Bandymo grandinės)		3
Polių/fazių skaičius (Bandomo elektros įrenginio)		3
Dažnis Hz		50
Galios koeficientas $\cos \varphi$		< 0,15
Ižeminimas	Tinklo	neįžeminta
	Transformatoriaus T	neįžeminta
	Trumpo jungimo taškas	įžeminta
Transformatorius skirtas trumpo jungimo bandymams		Y / Δ
Srovės matavimas		Srovės matavimo sistema



4.8 pav. Ižeminimo grandinės bandymų schema

Bandomos įžeminimo grandinės techniniai duomenys

REIKALAVIMAI BANDYMUI		TRUMPALAIKIO (TERMINIO), DINAMINIO SROVĖS ATSPARUMO BANDYMAS ĮŽEMINIMO GRANDINĖMS
Oscilograma Nr.		...
Fazių skaičius (Bandymo grandinės)		2
Polių/fazių skaičius (Bandomo el. įrenginio)		2
Dažnis Hz		50
Galios koeficientas $\cos \varphi$		< 0,15
Įžeminimas	Tinklo	neįžeminta
	Transformatoriaus T	neįžeminta
	Trumpo jungimo taškas	įžeminta
Transformatorius skirtas trumpo jungimo bandymams		Y / Δ
Srovės matavimas		Srovės matavimo sistema

Po bandymo tikrinama bandomojo objekto būseną:

- Tikrinama ar pagrindinės ir įžeminimo grandinės išlaikė terminį bei dinaminį trumpojo jungimo srovės poveikį.
- Mechaninės dalies patikra.
- Komutavimo aparatas normaliai mechaniškai valdomi ir gali būti užfiksuota jo padėtis.
- Apžiūrima ar nėra jokių bandomo elektros įrenginio dalių poslinkių, mechaninių pažeidimų, konstrukcijos iškraipymų.
- Apžiūrima ar nepažeisti izoliatoriai.

Bandymo rezultatų įvertinimas

- Nustatoma bandomojo objekto geba išlaikyti nustatyto trumpojo jungimo srovės dydį, nurodytą laiką.
- Apžiūrima ar neatsirado pakitimų bandomo elektros įrenginio konstrukcijoje.
- Izoliatorių ir atstumų tarp srovinių dalių įvertinimas.

5. VIDUTINĖS ĮTAMPOS SKIRSTYMO IR VALDYMO EL. ĮRENGINIO TRUMPOJO JUNGIMO (IKI 63kA) BANDYMO SCHEMOS NAUDOJIMO INSTRUKCIJA

5.1 PASKIRTIS

Bandymo laboratorija skirta UAB „ELGA“ išleidžiamų vidutinės įtampos valdymo ir skirstymo elektros įrenginių bandymui iki 25kA terminė, trumpojo jungimo trukmė 3s, bei 63kA dinamine dydžio srove. Atliekant naujai pagamintų įmonės gaminių kvalifikacinius, taip pat priimamuosius – perduodamuosius bandymus, pagal galiojančias normas, siekiant juos pripažinti tinkamais eksploatuoti.

5.2 TECHNINIS APRAŠYMAS

Laboratorija susideda (žiūrėti 3 skyrių):

- Blokuočių el. Schema, skirta bandymo operatoriaus saugumui užtikrinti. Šioje schemoje yra galiniai jungikliai prie laboratorijos aptvaro, taip pat prie laboratorijos patalpos durų. Pabandžius atidaryti bet kurias iš paminėtų durų, šie galiniai jungikliai, automatiškai išjungia maitinimą į bandomąjį elektros įrenginį.

5.3 BANDYMŲ VYKDYMO TVARKA

- Bandomas elektros įrenginys turi būti pastatytas laboratorijos aptvare, priešais bandymo laboratorijos standžias šynas taip, kad būtų patogus priėjimas prijungimui prie šynų. Reikia užtikrinti kad bandomas elektros įrenginys turi stovėti tvirtai, stabiliai ir negalėtų bandymo metu nukristi ant šono ir pan.;
- Aptvaro durys užrakinamos ir ant durų iš išorinės pusės kabinamas įspėjamasis plakatas: **„BANDYMAI! PAVOJINGA GYVYBEI“**
- Bandomas elektros įrenginys (korpusas) patikimai įžeminamas nuo aptvaro ribose esančio įžeminimo kontūro magistralės, inventoriniu įžemikliu;
- Prieš bandant trumpojo jungimo srove, atliekamas temperatūros kėlimo bandymas, kurio pagalba patikrinama bandomojo įrenginio srovinių dalių (šynų) izoliacijos varžos, kurių dydžiai turi atitikti galiojančių taisyklių reikalavimus. Priešingu atveju bandymas negali būti pradėtas, kol nepašalintas normų neatitinkantis izoliacijos židinis;
- Bandomas elektros įrenginys sujungiamas pagal 4.7 pav. (4.8pav.) Pavaizduotą schemą;

- Pereinama į laboratorijos patalpą prie bandymo įrenginio valdymo pulto. Laboratorijos patalpos durys uždaromos. Jos turi būti uždarytos per visą trumpojo jungimo bandymo laiką. Elektros schema vienam bandymui – paruošta.

5.4 SAUGOS REIKALAVIMAI

- Stacionarioje elektrotechninėje laboratorijoje bandymus atlikti leidžiama ne žemesnės kaip VK kvalifikacijos tam specialiai parengtiems ir atestuotiems darbuotojam. Be to darbų vykdytojas praktiniams įgūdžiams įgyti, turi 1 mėnesį stažuotis, kontroliuojamas patyrusio darbuotojo.
- Bandymo metu būtina laikytis priešgaisrinės saugos taisyklių.

6. IŠVADOS

1. Magistriniame darbe nagrinėjama laboratorija skirta atlikti atsparumo dinaminio ir terminio trumpojo jungimo srovių poveikiui UAB „ELGA“ gaminamiems vidutinės įtampos valdymo ir skirstymo elektros įrenginiams.
2. Apžvelgti Lietuvos LST EN 60694, LST EN45001:1993, LST EN45002:1993, LST EN45003:1996 ir tarptautiniame IEC 62271-200 standarte keliami reikalavimai laboratorijoms atliekančioms trumpojo jungimo bandymus vidutinės įtampos skirstymo ir valdymo elektros įrenginiams.
3. Teorinėje dalyje nustatėme bandymų laboratoriją sudarančių elementų parametrus. Apskaičiavome jos elementų gebą išlaikyti užduoto dydžio trumpo jungimo sroves.
4. Paskaičiuota bandymų laboratorija gebės nesugesdama atlikti 63kA 300ms trukmės dinaminio ir 25kA 3s trukmės terminio poveikio trumpojo jungimo sroves.
5. Parengti temperatūros kėlimo, pagrindinės grandinės varžos matavimo, pagrindinių bei įžeminimo grandinių bandymų dinaminio ir terminio poveikio trumpojo jungimo srove aprašymas, jų atlikimo seka, keliami reikalavimai bandymo schemai bei aplinkos sąlygoms.
6. Pateikti bandymo laboratoriją sudarančių elementų vardiniai duomenys.

7. LITERATŪRA

1. LST EN 60694 „Aukštosios įtampos perjungimo ir valdymo įrenginių standartų bendrieji reikalavimai“ (IEC 60694:1996+A1:2001+A2:2001); 2002-06 – p. 67, 71, 139, 145 – 147;
2. IEC 62271-200 High voltage switchgear and control gear – Part 200: AC metal enclosed switchgear and control gear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV. 2003-11 – p. 71, 73, 75;
3. ĮST 14474977-01 Uždarųjų skirstyklų narveliai USN-10 (ĮST 4474977-01:1996), Šiauliai 1996;
4. Vandymo protokolas No. 1623.295.8.810 Berlynas, Vokietija;
5. Н.П. ПОСТНИКОВ, Г.М. РУБАШОВ Электроснабжение промышленных предприятий – Ленинград стройиздатель ленинградское отделение, 1980 – p. 163, 166,
6. Л. Д. РОЖКОВА, В.С. КОЗУЛИН „Электрооборудование станций и подстанций” – Москва ⟨ЭНЕРГИЯ⟩, 1980. – p. 141, 192 – 195, 211, 231 – 233;
7. M. KACMANAS Elektros mašinos ir transformatoriai – Vilnius „MINTIS“, 1969. – p. 233 – 238;
8. Л.А. РОДШТЕЙН ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ – Ленинград: энергоиздатель, 1981. – p. 29 – 31;
9. R. P. DEKSNYS Elektrinės ir pastotys 1 – KTU elektros sistemų katedra, - p. 33 – 34;
10. R. Gaidys Sinchroninio generatoriaus automatinis žadinimo reguliavimas, baigiamasis magistro darbas – Vilnius VGTU;
11. LST EN 45001 Bendrieji bandymų laboratorijoms keliami reikalavimai – 1993 -12;
12. Elektros įrenginių eksploatavimo saugos taisyklės – Vilnius 2004;
13. Vidutinės įtampos uždarųjų skirstyklų narveliai USN-10TMV, naudojimo instrukcija USN-10TMV-NI-07 – Šiauliai UAB „ELGA“ 2007.