

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas, doc.

_____ T. Šimkevičius

04 06

SAUSŲ GALIOS TRANSFORMATORIŲ PANAUDOJIMO
GALIMYBIŲ TYRIMAS
MAGISTRO DARBAS

Vadovas

_____ Z. Turauskas

04 06 07

Recenzentas, doc.

_____ T. Šimkevičius

04 06

Magistrantas EM – 2 gr. stud.

_____ T. Blėdis

04 06 04

ŠIAULIAI 2004

SANTRAUKA

**T. Blėdis sausų galios transformatorių panaudojimo tyrimas. Magistro darbas./ Vadovas
Z.Turauskas, - Šiauliai, ŠU, 2004 - 46 lapai**

Šiame darbe pateikiama informacija apie sausos galios transformatorius, jų sandarą, charakteristikos, tipus, parametrus ir t.t., bei tyrimas palyginant sausus galios transformatorius su alyviniais transformatoriais.

Pateikiamos išvados apie galimus jų taupymo potencialus bei siūlymai į ką reikia atkreipti dėmesį renkantis transformatorių.

SUMMARY

T. Blėdis dry power transformers in practice use assay. Master theses/Supervisor – associated Z.Turauskas, - Šiauliai, ŠU, 2004 - 46 pages.

In this paper is present information about dry power transformers mechanical design, common electrical characteristics, and electrical characteristics. There compare oil transformers and dry power transformers.

There are given conclusions about possible in practice use dry transformers and some to offer a suggestion how to pick and choose transformers.

TURINYS

1. Turinys	4 psl.
2. Įžanga	6 psl.
3. Sausos galios transformatorių pasirinkimo priežastis	9 psl.
4. SGT apžvalga	10 psl.
4.1. Charakteristikos	10 psl.
4.2. SGT tipai	11 psl.
5. Sausos galios transformatorių sandara	12 psl.
5.1. Pirminės ir antrinės apvijos	12 psl.
5.2. Apvijų kapsulės	12 psl.
5.3. Šerdis	12 psl.
5.4. Šerdies ir apvijos surinkimas	13 psl.
5.5. Šyna	14 psl.
6. SGT apsauga nuo šiluminių perkrovų	15 psl.
6.1. Z apsauga nuo šiluminių perkrovų	15 psl.
6.2. T apsauga nuo šiluminių perkrovų	16 psl.
6.3. Forsuota apsauga (Z ir T) nuo šiluminių perkrovų	16 psl.
7. Eksploatacijos reikalavimai	17 psl.
7.1. Normatyviniai reikalavimai įrengiant sausos galios transformatorius	17 psl.
7.2. SGT minimalus atstumai įrengiant patalpose	18 psl.
8. SGT patalpų vėdinimo parinkimas	20 psl.
9. SGT ir ALT palyginimas	21 psl.
10. Transformatorių pakeitimo priežastys	23 psl.
10.1. Transformatorių pakeitimo priežasčių paskirstymas	24 psl.
10.2. Transformatoriaus pakeitimo ekonominės priežastys	24 psl.
10.3. Transformatoriaus tarnavimo laiko įvertinimas	25 psl.
11. Problemos formuluotė ir tyrimo eiga	27 psl.
11.1 Problemos formuluotė	27 psl.
11.2 Tyrimo eiga	27 psl.
12. Įvertinimo studijos	28 psl.
12.1. Taupymo potencialas	28 psl.

13. Detalus tyrimai	29 psl.
13.1. Metodika	23 psl.
13.2. Tyrimas ALT ir SGT galimybių panaudojimas rajone	31 psl.
13.2.1 Esamo kaimo padėties aprašymas	31 psl.
13.2.2 Tiriamo gyvenamo rajono elektros vartotojų charakteristika	31 psl.
13.2.3. Pastočių vieta	34 psl.
13.2.4. Gatvių apšvietimas	34 psl.
13.2.5. Galimybės ALT	35 psl.
13.2.6. SGT panaudojimo galimybių tyrimo rajone išvada	39 psl.
13.3. Tyrimas ALT ir SGT galimybių panaudojimas mieste	40 psl.
13.3.1. Tiriamo darbo elektros energijos vartotojų (pastatų) išsidėstymo planas	41 psl.
13.3.2. SGT panaudojimo galimybių tyrimo mieste išvada	43 psl.
14. SGT panaudojimo galimybių tyrimo išvados	44 psl.
15. Siūlymai	45 psl.
16. Literatūra	46 psl.

2. IŽANGA

Elektros energija gaminama elektrinėse: šiluminėse, atominėse, hidroelektrinėse, vėjo, geoterminėse, saulės ir kt.

Iš elektrinių elektros energija tiekama vartotojams elektros perdavimo linijomis. Naudojama vienfazė ir trifazė sistemos. Elektros energijos tiekimui centralizuotai naudojama trifazė sistema. Vienfazė sistema yra trifazės sistemos dalis. Trifazė sistema susideda iš trifazio generatoriaus, tinklų ir imtuvų. Imtuvai gali būti ir vienfaziai.

Todėl prieš perduodant elektros energiją generatorių įtampa aukštinama transformatoriais.

Tačiau vartoti aukštosios įtampos elektros energiją ir nesaugu, ir neekonomiška - dėl būtinės izoliacijos elektros prietaisai ir mašinos yra brangesni. Dėl to netoli vartotojų rengiami žeminamieji transformatoriai.

Elektros energija keičiama ir skirstoma elektros pastotėse. Pastotę sudaro transformatoriai arba kitokie elektros energijos keitikliai ir elektros skirstyklos. Elektros skirstyklose elektros energija skirstoma paskiriems vartotojams ar jų grupėms. Skirstyklos gali būti ir atskirai, ne pastotėse.

Siekiant patikimiau ir ekonomiškiau tiekti elektros energiją vartotojams, elektrinės, perdavimo linijos ir pastotės jungiamos į sistemas. Elektros sistema yra dalis energetikos sistemos (be šilumos tinklų). Elektros tinklą sudaro pastotės, atskiros skirstyklos ir elektros perdavimo linijos.

Vardinė įtampa. Elektros generatorių, transformatorių ir imtuvų vardinė įtampa vadinama tokia įtampa, kuriai esant jie normaliai dirba. Ji nurodoma ant įrenginio esančioje lentelėje ir pase, kartu su kitais techniniais duomenimis. Dėl įtampos kritimo linijos laiduose elektros perdavimo linijos gale įtampa būna žemesnė negu jų pradžioje. Kad vartotojo įrengimai gautų vardinę įtampą, linijos pradžioje ji turi būti šiek tiek aukštesnė negu elektros vartotojų vardinė įtampa. Vardinė tinklo ir vartotojų įtampa yra vienoda; generatorių vardinė įtampa yra 5 % aukštesnė už tinklo vardinę įtampą.

Elektros įrenginiai gamina, keičia, skirsto ir vartoja energiją. Elektros energiją gamina generatoriai, keičia transformatoriai, lygintuvai, dažnio keitikliai. Elektros energija

skirstoma skirstomaisiais įrenginiais ir perdavimo linijomis. Elektros energiją vartoja elektros imtuvai.

Elektros įrenginiai pagal įtampą skirstomi į dvi grupes: iki 1000 V (žemosios įtampos) ir aukštesnės kaip 1000 V (aukštosios įtampos). Elektros įrenginiai, pagal jų konstrukciją, būna lauko ir patalpų.

Elektros energijos vartotoju vadinama elektros imtuvas arba vienam technologiniam procesui priklausančių ir tam tikroje teritorijoje esančių elektros imtuvų grupė. Instaliuotoji galia (P_{ins}) yra visų vartotojo imtuvų vardinių galių suma. Bet kuriuo momentu vartotojo imtuvų imamoji galia vadinama apkrova. Ji beveik visada mažesnė už instaliuotąją galią ir kinta, bėgant laikui. Šis apkrovos kitimas vadinamas vartotojo imtuvų darbo režimu. Pagal darbo režimą, elektros vartotojai skirstomi į šias grupes:

- komunaliniai - daugiausia elektros energijos vartojantys apšvietimui (butų, įstaigų, ligoninių, teatrų, gatvių);
- pramoniniai - daugiausia elektros energijos vartojantys gamybai (elektros varikliams, krosnimis ir kitiems gamyklų įrengimams);
- transporto - elektrifikuotasis transportas;
- žemės ūkio.

Komunalinių vartotojų apkrova dienos metu būna nedidelė, vakare padidėja, naktį sumažėja, o rytą vėl padidėja. Ji kinta ir metų laikais. Pramoninių vartotojų paros apkrovos grafikai lygesni, transporto - priklauso nuo transporto intensyvumo, o žemės ūkio - nuo darbų sezoniškumo. Vartotojų apkrovos kitimas bėgant laikui vaizduojamas apkrovos grafikai. Jie sudaromi parai, savaitei, sezonui (vasaros, rudens), metams. Iš apkrovos paros grafiko galima rasti maksimalią vartotojo apkrovą P_{max} ir apskaičiuoti vidutinę paros apkrovą iš paros apkrovos grafiko apskaičiuotas elektros energijos suvartojimas, kilovatvalandėmis.

Plačiausiai energetikoje naudojami – trifaziai alyviniai transformatoriai. Alyviniai transformatoriai dažniausiai aprūpina reikiama įtampa : gyvenamuosius rajonus, įmonės t.y. energetikos plačiausią vartotojų grupę, tenkina jų energetinius poreikius.

Viena didžiausių energetikos grupių sudaro miestų elektros tinklai. Čia turi svarbią reikšmę kapitalinių investicijų efektyvumas, nes inžinerinių komunikacijų statybai reikalinga apie trečdalis (kai kuriais atvejais ir daugiau) lėšų, skiriamų miestų statybai ir rekonstrukcijai.

Dideliuose miestuose, greta esamų kvartalų rekonstrukcijos, plėtojama ir gyvenamųjų namų statyba, jai tenka skirti didelius žemės plotus naujose teritorijose. Užstatant naujas teritorijas svarbu teisingai ir kompleksiškai įvertinti visas technologines, ekologines ir technines

ekonomines prielaidas, nustatyti gyvenamųjų mikrorajonų dydį ir jų plėtrą.

Todėl kasmet yra analizuojama ir ieškoma naujų sprendimų gerinti ir tobulinti elektros tinklus. Vienas iš naujų galimų sprendimų yra šis tiriamasis darbas, kuris parodys kaip ir kokiuose vietose galima pagerinti elektros tinklo ir elektros energijos tiekimą panaudojant sausos galios transformatorius.

3. SAUSOS GALIOS TRANSFORMATORIŲ PASIRINKIMO PRIEŽASTIS

Sausi galios transformatoriai (SGT) pirmi buvo panaudoti ABB firmoje. Pradžioje buvo pradėta gaminti nuo 36 iki 145 kV įtampos, o galios išaugo iki 150 MVA. Naujos kartos transformatorius yra be alyvos, todėl jie yra ekologiški, nekelia pavojus gamtai. Taip pat jie yra nesproguos. Tokie SGT privalumai leidžia transformatorių instaliuoti gyvenamuose pastatuose arba arti pastatų bei padidinti pavojingumo aplinkose. Be to mažesnis atstumas leidžia sumažinti elektros tinklų linijos nuostolius.

Šio tiriamojo darbo dėmesys skiriamas į SGT naudojimo galimybes Lietuvos energetikos sistemoje, kur yra galimybė pakeičiant instaliuotų alyvinių transformatorių tipą į sausos galios transformatorių. Svarumo faktoriai yra: paprastumas, praktiškumas, ekologiškumas ir taupumas.

Transformatoriaus pakeitimo procesas visuomet reikalauja detalaus išlaidų įvertinimo. Šiuose įvertinimuose turi būti priimti ne tik techniniai bet ir strateginiai, ekonominiai ir kiti faktoriai.

Pagrindinis faktorius renkantis galios transformatorius yra ekonominis. Čia sudaro: transformatoriaus, elektros linijos, eksploatacijos kaina bei kitos išlaidos ar apribojimai (aplinkosauga, saugumas, įrengimas ir t.t.).

Šiuo metu Lietuvos elektros tinkluose naudojami alyviniai transformatoriai (ALT), kurių didžiausia problema yra transformatorinė alyva. Transformatoriuose alyva reikia nuolat kontroliuoti, kad ji būtų su tinkama charakteristika, nuolat prižiūrėti ir palaikyti alyvos lygį transformatoriuose. Transformatorinė alyva yra laki, todėl ji lengvai gali patekti į gamtą ir ją teršti. Be to alyviniai transformatoriai gali sprogti, kad išvengtų mažesnių nuostolių jie yra įrenginėjami saugiu atstumu nuo elektros energijos vartotojų. Tokie alyvinių transformatorių charakteristikos neleidžia pilnai išnaudoti elektros energijos tiekimo kokybiškumo (atstumas didina elektros tinklo sąnaudas, alyva teršia gamtą, eksploatacinė priežiūra brangiai kainuoja, atsarginių dalių kaina didelė bei atliekamų remonto darbų laikas ilgas).

4. SGT APŽVALGA

4.1. Charakteristikos:

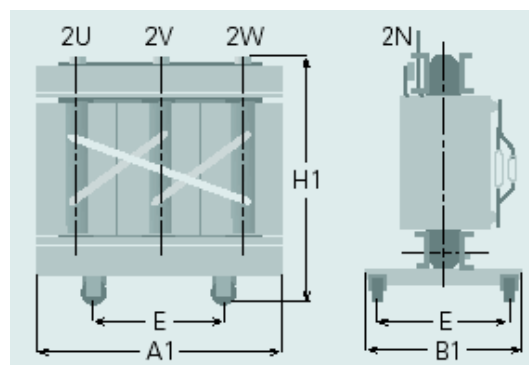
SGT charakteristikos skiriasi tuo, kad jų darbo temperatūra yra aukštesnė nei ALT. SGT nuo ALT visi skirtumai charakteristikos yra dėl temperatūros, todėl SGT sąnaudos yra didesnės nei ALT. Pagrindiniai žeminančio SGT duomenys (tiriamam darbui atlikti) pateikti 4.1. lentelėje, o matmenys kurie pateikti lentelėje žiūrėti į 4.1. paveikslėlį.

4.1. lentelė

S_n (kVA)	U_n (kV)	U_2 (%)	P_0 (W)	$P_k 75^*$ (W)	$P_k 120^{**}$ (W)	M (kg)	A_1 (mm)	B_1 (mm)	H_1 (mm)	E (mm)
100	10	4	440	1600	1900	630	1210	705	835	Be ratukų
160	10	4	610	2300	2600	770	1220	710	1040	520
630	10	4	1500	6400	7300	1830	1510	840	1345	670

* kai darbinė temperatūra 75°C

** kai darbinė temperatūra 120°C



4.1. pav.

SGT galios diapazonas: nuo 0,5 KVA iki 150 MVA galios.

Parametrai:

Sausi galios transformatoriai yra skirstomi į tris kategorijas, kurios išskiriamos pagal laukiamos transformatoriaus paviršiaus temperatūros dydį. Pagal konstrukciją transformatoriaus paviršius turi būti aušinamas oru. Suskirstyti modeliai yra: 80... C⁰ arba 115... C⁰ tipiniai ir kitas gamybai efektyvus modelis, kuris viršija 150... C⁰. Dauguma transformatorių yra pagal standartą 150... C⁰ temperatūros modelių.

Izoliacija užtikrina transformatorių normalų darbą iki 220 C⁰;

SGT atitinka IEC 76-1 ir 76-5, IEC 726(1982) ir CENELEC (European Committee for Electrotechnical standardization) standartus.

4.2. SGT tipai:

1. Non-Linear (K-rated) – transformatoriai skirti harmonikų slopinimui;

Tokie transformatoriai skirti filtruoti įtampos harmonikas. Jie naudojami ten, kur įtampos svyravimai sudarytų gamybai nuostolių arba didintų įrenginių gedimus.

2. DIT - Izoliaciniai transformatoriai;

Izoliaciniai transformatoriai yra skirti atskirti du ar kelis tinklus vienas nuo kito. Jie naudojami durpnyuose, šachtose, padidintos rizikos aplinkoje tiekti elektros energija.

3. Pramoniniai transformatoriai (Industrial control transformers) skirti aprūpinti elektros energija stakles, įrenginius, kuriuose yra (puslaidininkinė) valdymo sistema.;

Šia transformatoriai skirti tiristoriams ar diodinams operacijoms vykdyti.

4. Įtampos aukštinimo transformatoriai (Buck boost transformers): Transformatoriai skirti įtampai aukštinti. Jie būna nuo 95 iki 500VA galios - trifaziai, vienfaziai iki 10kVA galios;

5. Transformatoriai pritaikyti dideliems paleidimo apkrovimams (ventiliatoriams, siurbliams ir t.t.);

6. Žemos įtampos apšvietimo transformatoriai 120, 12 arba 24V įtampos nuo 100 iki 1500W galios.

7. Įtampą žeminantys transformatoriai. Jie skirti elektros tinkluose įtampą sužeminti iki vartotojui reikiamos įtampos dydžio.

6. SAUSOS GALIOS TRANSFORMATORIUS SANDARA

6.1. Pirminės ir antrinės apvijos

Aukštos ir žemos įtampos apvijos padarytos iš pagerinto laidumą turinčio vario ir suvyniojamos į atskiras formas. Aliuminio laidininko apvijos čia nenaudojamos. Apvijos suvyniojamos tokiais oro tarpeliais, kad oras galėtų laisvai judėti ir aušinti varines apvijas (laidininką). Aušinimas paskirstomas taip, kad izoliacija, tekanti elektros srovė, instaliavus įrenginį dirbtų ir būtų apsaugota nuo trumpųjų jungimų tarp apvijų.

6.2. Apvijų kapsulės

Apvijų kapsulės sudarytos iš apvijos ir epoksidinių klijų masės, kuri išliejus įgauna cilindro formą. Tarp apvijų tarpeliai ir epoksidinių klijų masė yra užliejama tolygiu sluoksniu. Liejimo metu kompiuteris kruopščiai kontroliuoja apvijų kapsulių gamybos eigą. Visos apvijos, kurios skirtos 1200 voltų ir daugiau yra papildomai testuojamos impulsų pagalba, taip yra papildomai patikrinamas izoliacijos storis.

Kitokie alternatyvūs metodai gaminti apvijų kapsules nėra taikomi.

Epoksidine medžiaga naudojama tam, kad išgauti geras šilumines ir izoliacines charakteristikas. Šie klijai sukieta puikiai perduoda šilumą, nebijo didelio karščio. Lengvai užpildo tarp apvijų ir vėdinimo angų esamus tarpelius, taip po gi šiluminis plėtimosi koeficientas tolygus laidininko šiluminiam plėtimosi koeficientui. Kitokios medžiagos apvijoms užpildyti nenaudojamos. Epoksidiniai klijai yra papildomai sustiprinami smulkiai stiklo porcelianu paklotu ir smulkių akmenėlių pluoštu. Tokia epoksidine derva atlaiko 200 C⁰ karščio.

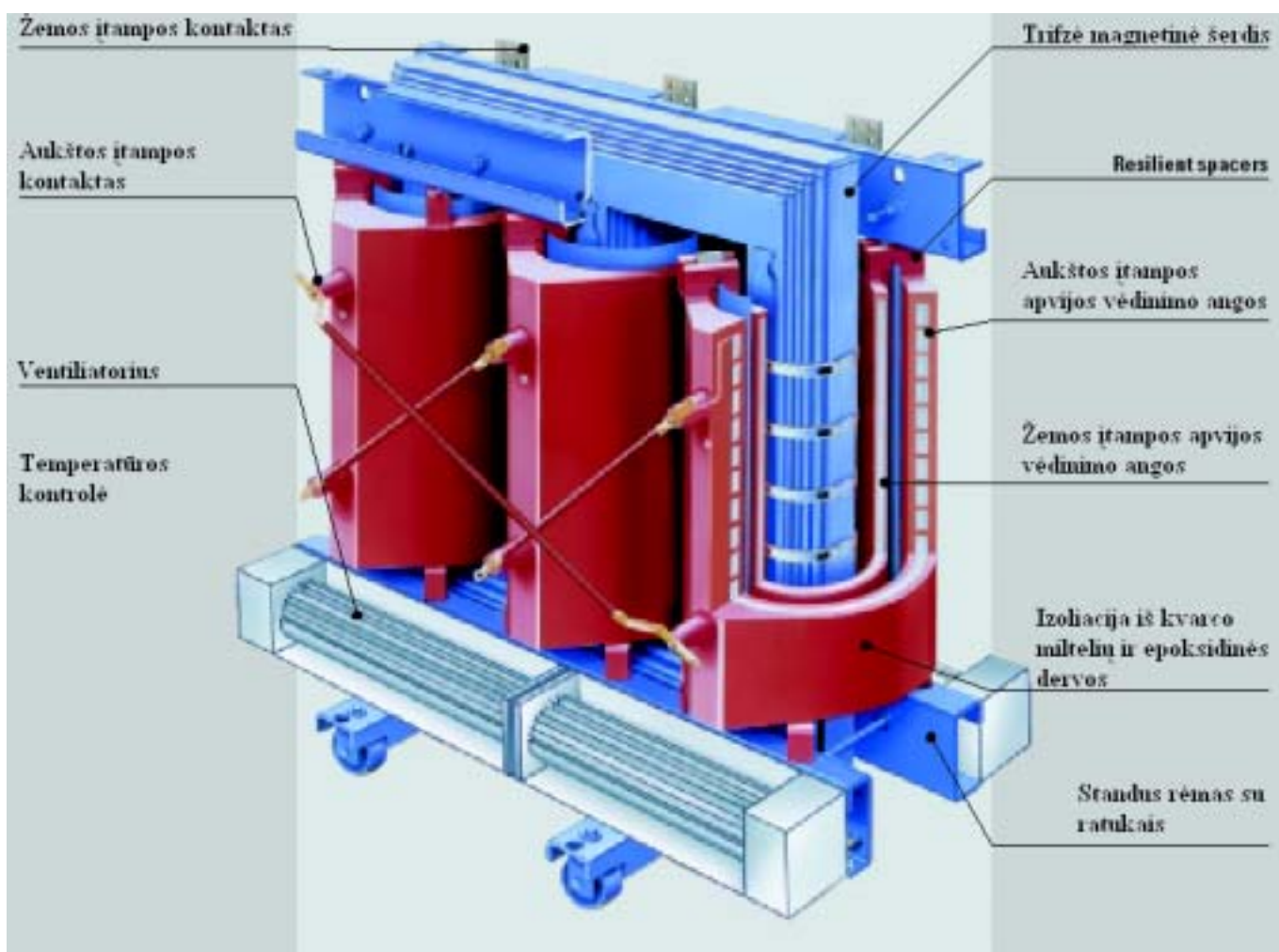
6.3. Šerdis

Transformatoriaus šerdis susideda iš atskirų plokštelių su aukštu magnetiniu laidumu, kuris padarytas iš elektrotechninio plieno. Plokštelių sujungimai taip išdėstomi, kad plieno plokštelių skerspjūvis būtų išdėstytas su vienodais sujungimu tarpeliais, kad sudarytų tolygesnio plieno figūrą. Šerdis yra apsaugota nuo korozijos su 185 C⁰ arba padidinto nuo rūdijimo padengtu sluoksniu.

6.4. Šerdies ir apvijų surinkimas

Transformatoriaus konstrukcija susideda iš aukštos ir žemos įtampos apvijų kiekvienai fazei. Ji surenkama ant bendros šerdies su aukštos / žemos įtampos oro erdve, kurios yra skirtos skirtingiems įtampos potencialams. Viršuje ir apačioje ant galų yra uždėtos minkštos apsaugos, kurios naudojamos epoksidiniams blokams saugoti. Tokiais blokais surinktas įrenginys testuojamas jo elektrinis kontūras pagal ANSI standartus C57.12.01 ir C57.12.91.

SGT SUJUNGIMO KONTAKTAI IR AUŠINIMO ANGOS



9.1. pav. Sausas galios transformatorius

6.5. Šyna

Visų šynų konstrukcija daroma taip, kad atlaikytų maksimalaus trumpo jungimo grandinės srovės esant nominaliai įtampai, kai ji sujungta su 750 MVA nominalią galią turinčia simetrine sistema. Testuojama tol kol girdimas ar matomas vainikas:

- a. Žemos įtampos šyna yra iš vario. Sujungimai apvijų ir šynų yra sulituoti vario ir cinko lydiniu. Šynos sujungimų kontaktai padengti sidabro plokštelėmis. Porceliano elementas yra pagamintas pagal standartą, tai leidžia maksimaliai užtikrinti gaminio aukštą kokybę. Tai yra suderinta elemento temperatūrine charakteristika.
- b. Aukštos įtampos šyna yra su specifinio laidumo variu. Sujungimo vietose yra alavo arba sidabrinės plokštelės kontaktai. Šyna laiko stiklo porceliano izoliatoriai.
- c. Įžeminimo šyna $\frac{1}{4} * 2$ vario šyna arba tinkliniu aptvaru per visa dydį, kuris užtikrina įrenginio įžeminimą.

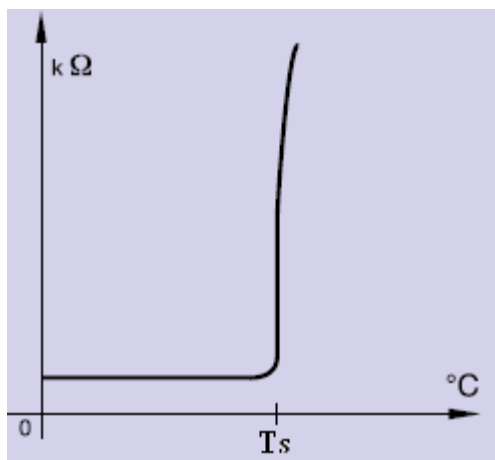
6. SGT APSAUGA NUO ŠILUMINIŲ PERKROVŲ

Šie įrenginiai skirti stebėti SGT transformatoriaus temperatūrinius pokyčius įvairiose transformatoriuje įrengtose vietose. Užtikrina transformatoriaus darbą jam skirtose temperatūriniuose ribose. Yra trys SGT apsaugos sistemos nuo šiluminių perkrovų:

- Z apsauga;
- T apsauga;
- Forsuota (padidinto aušinimo) apsauga.

6.1. Z apsauga nuo šiluminių perkrovų

Standartiškai su Z apsauga turintis SGT yra aušinamas natūraliai ir jo apsaugos sistema susideda iš temperatūrinio sensoriaus PTC, kuris yra nustatytas ant dviejų temperatūros dydžio 140 ir 150°C.



6.1. Pav. Z tipo PTC sensoriaus darbo charakteristika

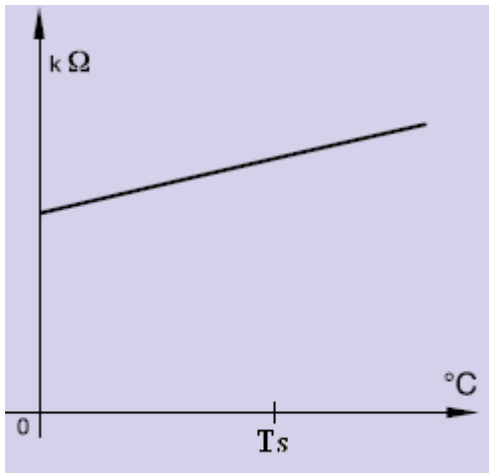


6.2. PTC sensoriaus įrengimo vieta

Temperatūros kontrolės sensorius yra įrengiamas virš SGT, nes karštas kylantis oras geriausiai pasiekia sensorių (6.2. pav.). Sensoriaus darbo charakteristika parodyta 6.1. paveikslėlyje. Šis temperatūros kontrolės sensorius apsaugo SGT nuo šiluminės perkrovos taip apsaugodamas transformatorių nuo perkaitimo ar sudegimo.

6.2. T apsauga nuo šiluminių perkrovų

T apsauga nuo šiluminių perkrovų kontroliuoja ventiliatoriaus apsukų greitį nuo temperatūros dydžio. Ši apsauga labai gerai tinka kai vartotojų apkrova laiko atžvilgiu smarkiai kinta, nėra pastovi. Šis sensorius PT100 kontroliuoja temperatūra ribose nuo 0 iki 200°C.



6.3. pav. T tipo PT100 sensoriaus darbo charakteristika



6.4. PT100 sensoriaus įrengimo vieta

6.3. Forsuota apsauga (Z ir T) nuo šiluminių perkrovų

Ši apsauga susideda iš jau minėtų Z ir T apsaugų. SGT įrengti yra PTC ir PT100 sensoriai, kurie atlieka temperatūrinės kontrolės funkcija.

7. EKSPLOTACIJOS REKALAVIMAI

7.1. Normatyviniai reikalavimai įrengiant sausos galios transformatorius

Laidų kabelių tvirtinimas:

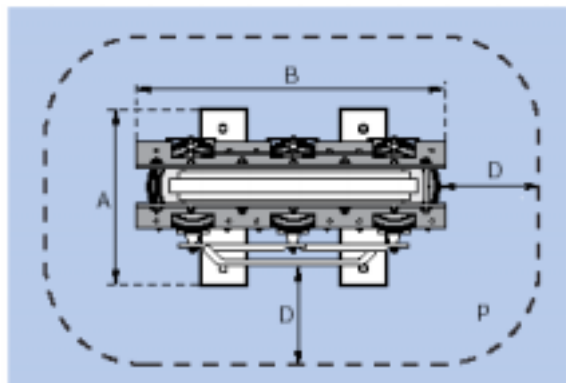
Žemos įtampos (LV) pusėje pritvirtinami kabeliai, bet gali būti pritvirtinta patikimai šynomis (7.4., 7.5. pav.). Aukštos įtampos (HV) pusėje sujungimo kontaktai turi būti sujungti aukščiau nei Tr. aukštos įtampos kontaktai, o žemos įtampos sujungimas turi būti virš SGT (7.4., 7.5. pav.).

Atstumas tarp aukštos įtampos laidų ir apvijų paviršius turėtų būti ne mažiau kaip 120mm (7 pav.), išskyrus aukštos įtampos pusėje (6.6. pav.), kur minimalus leistinas atstumas bus aukštos įtampos gnybtų išdėstytas.

Plastikinė SGT danga neapsaugos nuo tiesioginės transformatoriaus srovės prisilėtimo, bet transformatorius neprivalo būti išjungtas kada jis aptarnaujamas.

Instaliacijos vietoje yra supaprastinta iki minimumo kiek galima, kiekviena įranga lengvai įdiegiama, surenkama ir išardoma: prijungimas ir atjungimas atima daugiausiai laiko, dėl šios priežasties ilgai užtrukdavo aprūpinti vartotojus nepertraukiama elektros energija.

SGT saugumo zona priklauso nuo transformatoriaus galios



$$P = 2 (A+B+D)$$

$D = 1$ m trifaziams transformatoriams IP00;

$D = 0,3$ m trifaziam transformatoriams su aptvaru;

7.1. pav.

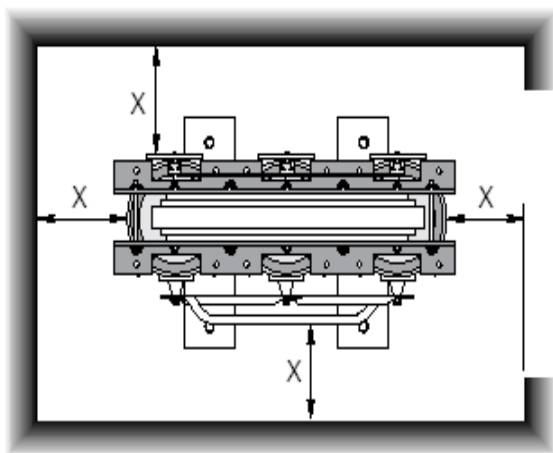
SGT transformatorius neturi skystų dielektrinių medžiagų ir kitų degių medžiagų, todėl įrenginėjant juos negalima naudoti tokių medžiagų, kurios galėtų sukelti gaisro židinius:

- Transformatoriai negali būti įrengtas ant šlapio pagrindo arba drėgnoje aplinkoje;
- Altitudė negali būti aukštesnė kaip 1000 m;
- Aplinkos temperatūra neturi viršyti nustatytų apribojimų:
 - minimumas: -25°C ;
 - maksimumas: $+40^{\circ}\text{C}$
- Standartiškai transformatoriai įrengti pagal standartą IEC76 aplinkos darbo temperatūra yra:
 - maksimumas: $+40^{\circ}\text{C}$;
 - vidutine darbinė: $+30^{\circ}\text{C}$;
 - vidutinė metinė: $+20^{\circ}\text{C}$;
- Oras, kuriuo aušinamas transformatorius, turi būti švarus, rekomenduoja išfiltruoti, kad neapdulkėtų, neužsikistų SGT apvijų vėdinimo angos;

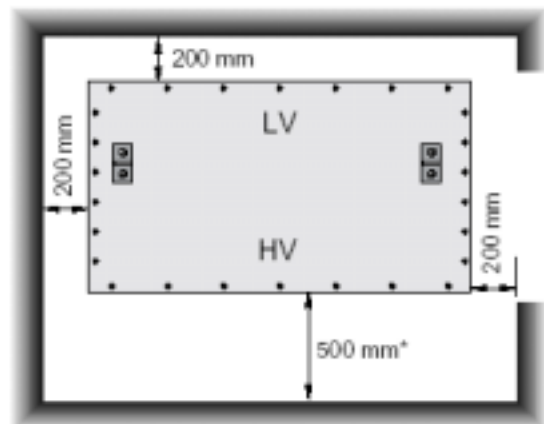
7.2. SGT minimalus atstumai įrengiant patalpose

SGT įrengimas patalpose:

SGT minimalus narvelio atstumas iki sienų patalpoje (6.3. pav.) ir SGT atstumas narvelyje (6.2. pav.). Atstumai įrengiant SGT pateikti lentelėje, kur įrengimo atstumas priklauso nuo transformatorių įtampos dydžio.



7.2. pav.

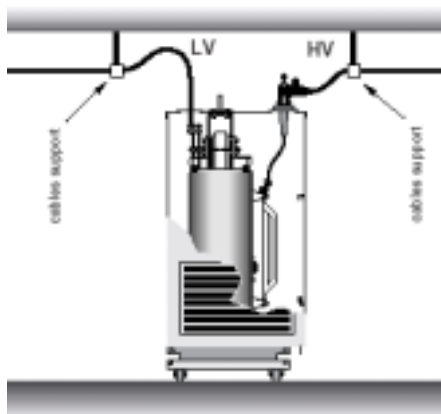


7.3. pav.

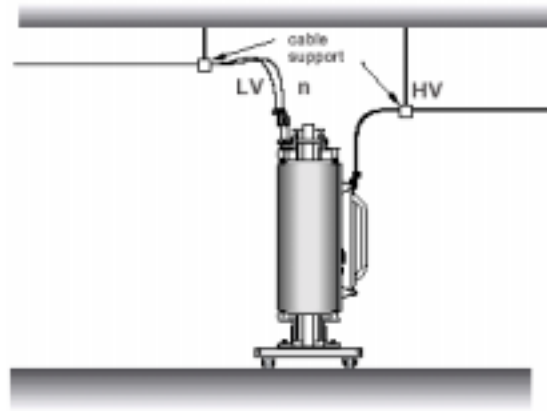
7.1. lentelē pateikti minimalūs saugūs atstumai no sausos galios transformatorius iki patalpos sienu, kurie priklauso nuo transformatoriaus įtamos dydžių.

7.1. lentelė

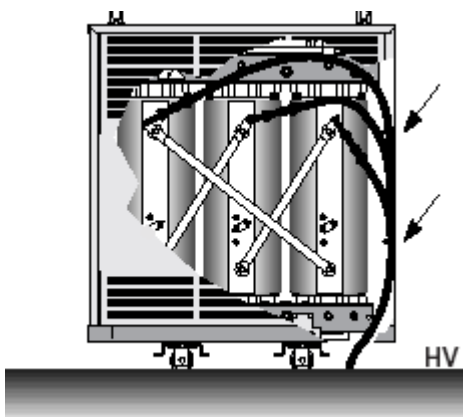
Įtampa (kV)	Atstumas X (mm)	
	Iki sienos	Iki vėdinimo (traukos) grotelių
7,2	90	300
10	120	300
17,5	160	300
24	220	300
36	320	400



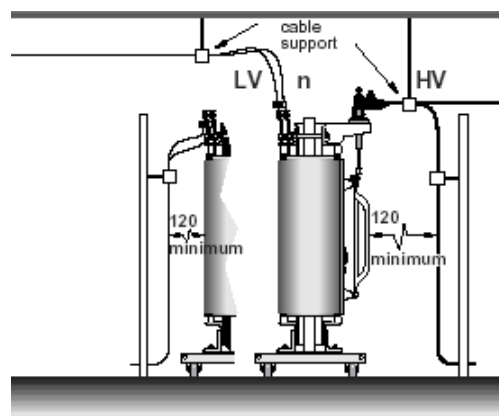
7.4. pav.



7.5. pav.



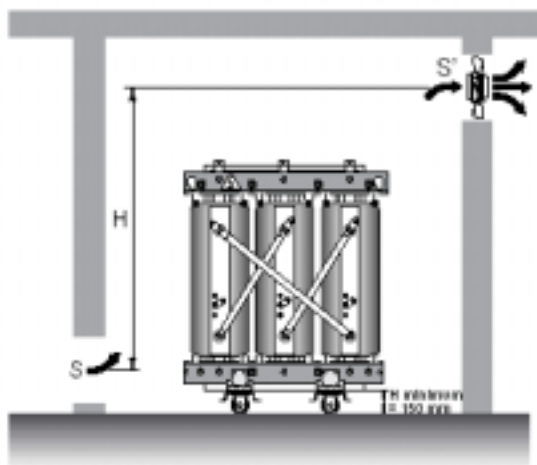
7.6. pav.



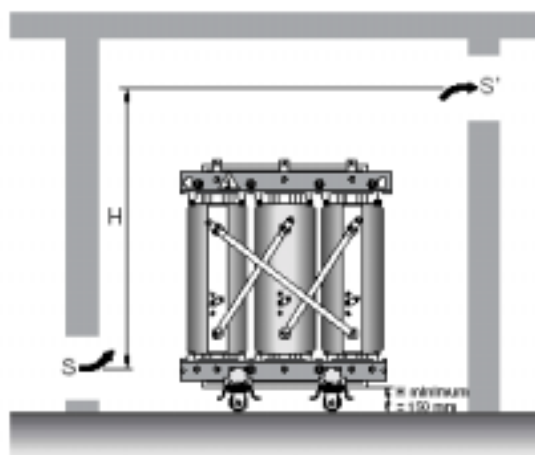
7.7. pav.

8. SGT PATALPŲ VĖDINIMO PARINKIMAS

Labai svarbu SGT įrenginėjant tinkamai parinkti patalpas, kuriuose transformatorius dirbs. Tokiose patalpose labai svarbu yra tinkamas patalpos vėdinimas, kad patalpos oras per daug nesusiltų, o ypač vasaros metu, kai oro temperatūra būna aukščiausia. Šie transformatoriai yra skirti dirbti prie aukštos darbo temperatūros, bet ir jie turi savo temperatūrinės darbo ribas. Tinkamai parinktos patalpos SGT sudarys palankias sąlygas dirbti prie maksimalių apkrovų, o tai leis išnaudoti transformatoriaus optimalias scharakteristiklas.



8.1. pav.



8.2. pav.

Oro srauto įėjimo ir išėjimo formulė (tinka iki 1000 kVA):

$$S = \frac{0,18P}{\sqrt{H}} \quad \text{ir} \quad S' = 1,10 \cdot S$$

P – transformatoriaus galia (kW) prie 120⁰C;

S – apatinis oro ventiliacijos įėjimo angos plotas (m²);

S' - viršutinis oro ventiliacijos išėjimo angos plotas (m²);

H – aukštis tarp apatinės ir viršutinės angos (m);

9. SGT IR ALT PALYGINIMAS

Pagal tai, kaip galima eksploatuoti SGT ir ALT 9.1. lentelėje surašyti teigiami ir neigiami vieno ir kito transformatorių bruožai.

9.1. lentelė

Alyviniai transformatoriai	
Pigesni nei SGT	Reikalinga pastovi priežiūra (dėl alyvos, ji ne tik dielektrikas, bet ir atlieka aušinimo funkcija)
Turime nemažą patirtį su jais dirbti	Sprogus (dėl alyvos, ji yra degi)
Surinkta kelių dešimčių metų informacija apie juos	Kenksmingi aplinkai (dėl alyvos skverbimosi iš transformatoriaus korpuso)
	Reikalingas atskiras pastatas (todėl, kad jie sprogs ir neekologiškai dėl alyvos)
	Dideli gabaritai (papildomi įrenginiai skirti alyvai prižiūrėti)
	Didelis gedimų procentas (dėl alyvos: senėjimas, alyvos ir joje susikaupusios drėgmės kontrolė)
Sausi galios transformatoriai	
Mažesni gabaritai nei ALT	Brangesni nei alyviniai transformatoriai
Lengva eksploatuoti (nera alyvos, tai visos problemos kurios kyla dėl jos atkrita)	Lietuvoje neišbandyti produktas, mums yra dar naujas neištirtas įrenginys, t.y. apie juos neturim darbo patirties. Nežinome gedimų dažnumą eksploatuojant juos
Saugus (nesprogus, nėra degių medžiagų)	Sąnaudos didesnes (aušinimui naudojama elektros energija, darbas aukštesnėse temperatūrose prie 75-120 ⁰ C)
Taupymo galimybė per nuostolius (galimybė Tr. priartinti maksimaliai prie apkrovos)	Reikalinga sudaryti palankias darbo sąlygas dėl SGT vėdinimo.
Švarios medžiagos (ekologiškas, nėra skystų medžiagų, kurios galėtų patekti į gamtą)	
Paprasta stebėti jų darbą (tai užtikrina temperatūros kontrolė)	

Vaizdinis 1000 kVA transformatorių palyginimas 9.1. pav. Apling ALT korpūsą yra apkrauta papildomų įrengimų, kurie transformatorių aušina bei prižiūri transformatorinę alyvą, kad ji kvėpuotų ir sukauptą drėgmę išgarintų į aplinką.

Kaip matome apling SGT korpūsą nera jokių didelių įmantrių papildomų įrengimų. Mažiau papildomos įrangos, mažesnės problemos ir laikas skirtas joms šalinti.

Alyvinis
transformatorius



SGT (be alyvos
transformatorius)



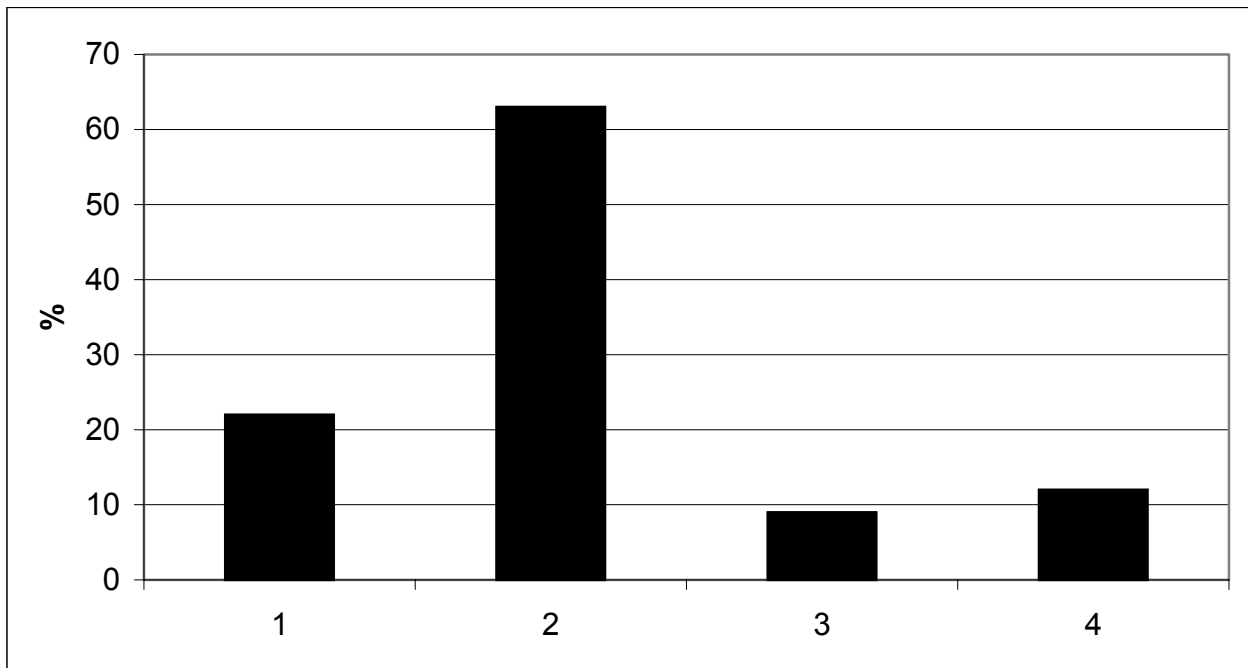
9.1. pav. ALT ir SGT 1000 kVA

Techninė žemosios įtampos oro linijų būklė gyvenvietėse ir linijų maitinančių ūkininkų sodybas yra bloga. Daug 0,4 kV įtampos oro linijų yra sumontuotos naudojant palengvintos konstrukcijos gelžbetonio atramas ir skerspjūvių laidus, todėl jas jau šiandien būtina rekonstruoti – keisti atramas bei laidus arba statyti iš vis naujas oro arba kitokios konstrukcijos linijas. Didelė dalis tokių linijų, esančių buvusių ūkių gamybiniuose centruose, iš vis yra nereikalingos. Dažnai jos naudojamos tik tam, kad būtų galima maitinti prie buvusių gamybinių centrų prijungtas pavienes sodybas. Rekonstruojant 0,4 kV tinklus daug kur reikia keisti linijų trasas bei maitinimo schemas. Tinklai turi būti pastatyti taip, kad vartotojai būtų maitinami kuo trumpiausiu keliu. Augantiems kaimo vartotojų poreikiams patenkinti Lietuvoje kiekvienais metais valstybės lėšomis yra pastatoma daugiau kaip po 50km 10 kV ir 0,4 kV oro linijų ir įrengiama po 100 ir daugiau naujų 10/0,4 kV pažeminančiųjų transformatorinių. Faktiniai naujų linijų ir transformatorinių poreikiai yra keletą kartų didesni, bet dėl lėšų stokos jie yra netenkinami.

Šiuo metu naujų 10kV įtampos oro linijų ir naujų 10/0,4 kV įtampos transformatorinių statyba vykdoma neįvertinant tolimesnės tinklų plėtros strategijos. Dėl šios priežasties plečiant tinklus priimami netinkami sprendimai ir šiam tikslui skirtos didelės lėšos naudojamos ne visuomet racionaliai. Padidėjus žemės ūkio gamybos apimčiai gamybinės ir buitinės apkrovos žemės ūkyje išaugs. Todėl perspektyvoje turės būti didinamas kaimą aptarnaujančių žemosios įtampos tinklų pralaidumas. Įrengti iš karto 0,4 kV įtampos tinklus, kurie galėtų patenkinti vartotojų poreikius laikotarpiui iki pagrindinių linijų ir transformatorinių elementų susidėvėjimo ekonomiškai yra netikslinga. Todėl kaimo vietovėse tinklai, augant apkrovoms, laipsniškai turi būti plečiami. Pagrindinėmis priemonėmis jų pralaidumui didinti yra skerspjūvių didinimas ir tinklų trumpinimas statant naujas maitinančias pastotes. Kadangi seni aliumininiai oro linijų laidai keičiant juos naujais, negali būti panaudoti, linijų pralaidumą didinti galima tik ant tų pat atramų nutiesiant naujas grandis. Techniškai lengviausiai naujas grandis nutiesti naudojant oro kabelius, jeigu tik tai priimtina pagal atramų mechanines apkrovas. Tačiau pagrindine priemone žemosios įtampos tinklų pralaidumui padidinti turėtų būti tinklų trumpinimas įrengiant naujas maitinančias transformatorines. Jeigu pradinio tinklo linijų trasos ir laido skerspjūviai bei transformatorinių vietos pasirinkta tinkamai, šiuo būdu didinti žemosios įtampos tinklo pralaidumą yra ekonomiškiausia.

10.1. Transformatorių pakeitimo priežasčių paskirstymas:

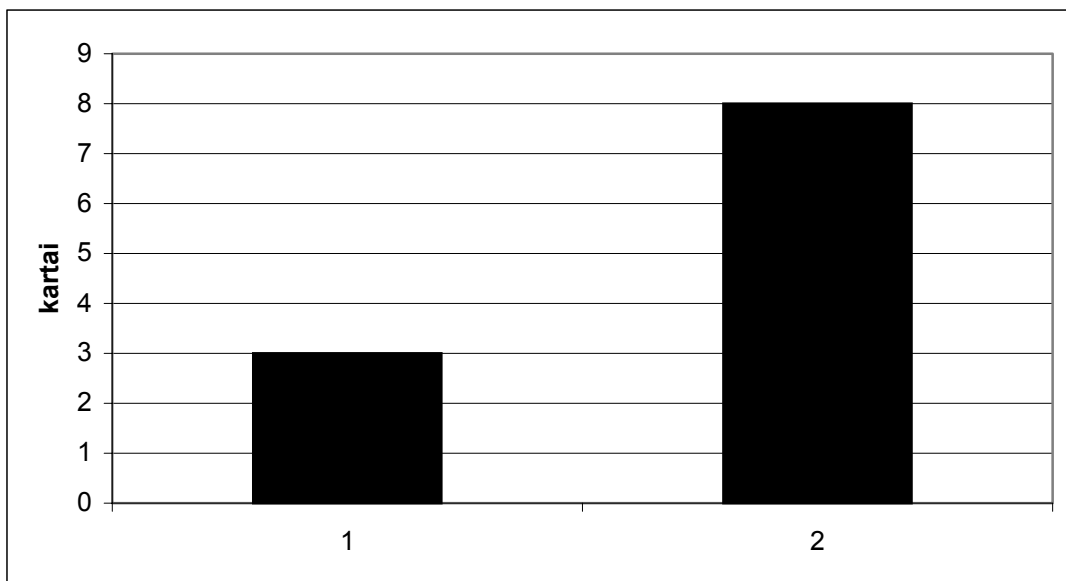
Iš paveikslėlio matyti, kad 62 proc. transformatorių buvo pakeista dėl strateginių priežasčių ir tik 21 proc. pakeista dėl techninių priežasčių. Didelis skirtumas tarp strateginių ir techninių priežasčių rodo klasikinės senėjimo teorijos netinkamumą. Galime teigti, kad techninės priežastys priimant sprendimą apie transformatorių pakeitimą turi nežymų poveikį. Tuo labiau dabartinė senėjimo formulė nepilnai įvertina realias sąlygas.



10.1. grafikas. Priežastys: 1-Techninis, 2-Strateginis,
3-Ekonominis, 4-kitos

10.2. Transformatoriaus pakeitimo ekonominės priežastys:

Buvo manoma, kad išlaidos nuostoliams yra labai svarbios priimant sprendimą apie skirstomųjų transformatorių atnaujinimą, tačiau apklausa parodė, kad tebuvo tik trys atvejai, kai savininkų sprendimas pakeisti transformatorių buvo dėl per ne lyg didelių nuostolių senuose transformatoriuose. Tai parodo, kad transformatorius apsimoka keisti tik tada, kai reikia keisti nauju.



10.2. grafikas. Priežastys: 1-Dideli nuostoliai; 2-Brangios atsarginės dalys.

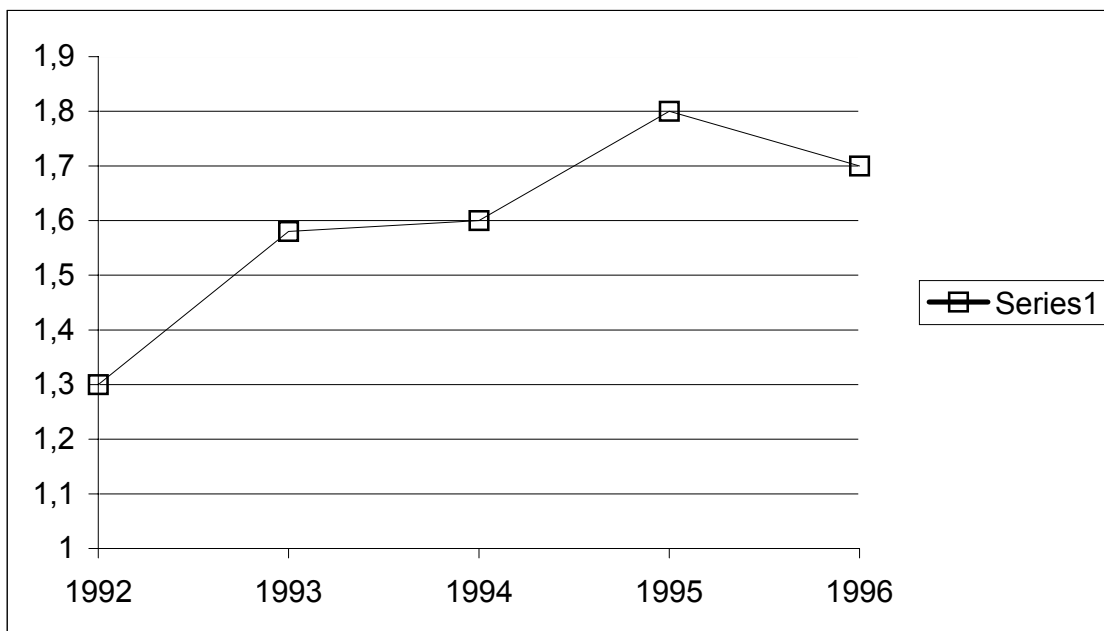
10.3. Transformatoriaus tarnavimo laiko įvertinimas

Transformatorių senėjimas ir senėjimo normos yra aprašytos standartais (IEC 354, ANSI C57.92, IEEE std 756). Pagal šiuos standartus pagrindinis faktorius įtakojantis senėjimą ir tarnavimo laiką – šiluminiai stresai.

Transformatoriaus pakeitimo procesas visuomet reikalauja detalaus išlaidų įvertinimo. Šiuose įvertinimuose turi būti priimti ne tik techniniai bet ir strateginiai, ekonominiai ir kiti faktoriai. Tarnavimo laiko pabaiga gali būti nustatyta keliai skirtingais būdais:

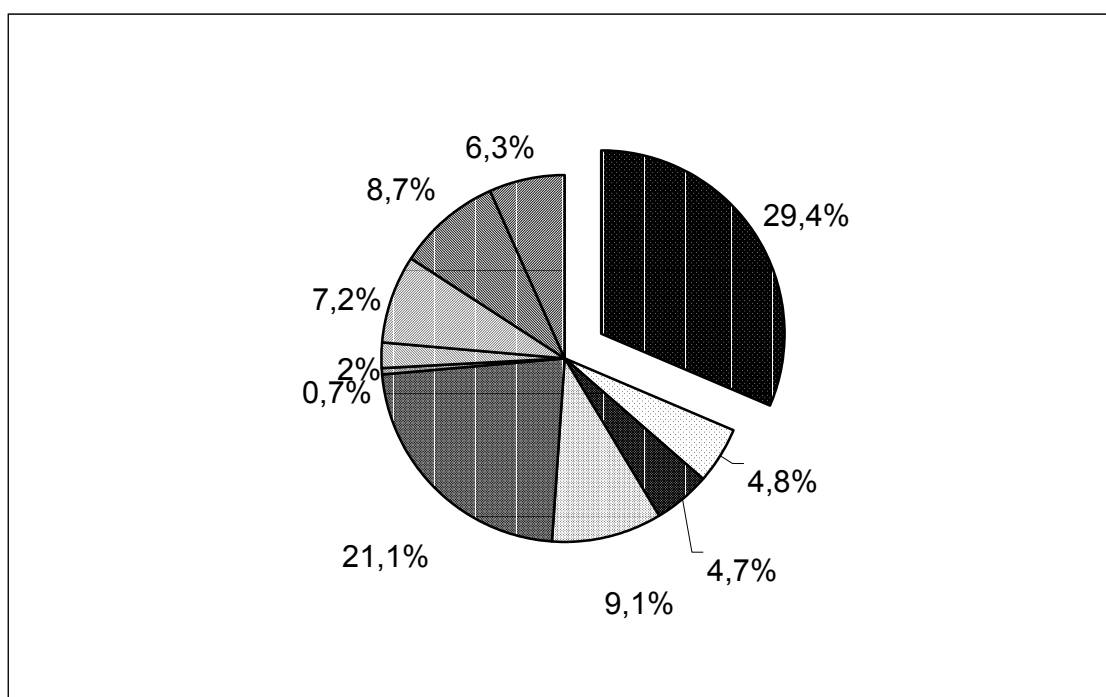
- Techninio tarnavimo laiko pabaiga – kai transformatorius naudojimui netinkamas dėl techninių priežasčių: transformatorius rūksta, turi daug drėgmės, patyrė neleistina didelį trumpųjų jungimų skaičių, buvo labai perkrautas;
- Strateginio tarnavimo laiko pabaiga – kai transformatorius galia yra per maža;
- Ekonominio tarnavimo laiko pabaiga – kai transformatorius reikalauja per ne lyg daug išlaidų;
- Išplėstinio tarnavimo laiko pabaiga – kai transformatorius pakeičiamas dėl praktinių faktorių: techninė, strateginė, ekonominė.

Kaip parodė Lietuvos skirstomųjų elektros tinklų darbuotojų apklausos duomenys, pagrindinės eksploatacinių problemų priežastys susiję su elektros tinklų darbo patikimumu, yra bloga elektros įrenginių kokybė net 43 proc.



10.3. grafikas. Gedimai 10/0,4kV įtampų transformatorinėse 1992-1996m.

10.3 grafikas rodo, kad 100 alyvinių transformatorių sugedo 1,8 pastotė, t.y. 8,3 proc. visų atsirandančių gedimų 10 kV tinkluose.



10.4. grafikas. Gedimų 10/0,4kV transformatorinėse struktūra 1996m.

10.4. grafike matome, kad gedimų dažnumas pasiskirstė taip: 29,4% galios transformatoriuose, 4,8% jungtuvuose, 4,7% skyrikliuose, 9,1% dėl saugiklių, 21,1% dėl viršįtampių ribotuvų, 0,7% įtampų transformatoriuose, 2% srovės transformatoriuose, 7,2% šonuose, 8,7% įvaduose, 6,3% kituose energetikos elementuose.

11. PROBLEMOS FORMULUOTĖ IR TYRIMO EIGA

11.1. Problemos formuluotė

Šis magistro tiriamasis darbas buvo pradėtas siekiant ištirti sausų galios transformatorių galimybę Lietuvos energetikoje naudojimą. Pas mus SGT buvo labai mažai naudojami dėl didelės jų kainos ir mažos informacijos apie juos. Buvo žinoma, kad tai toks įrenginys, kurį lengva įdiegti elektros tinklų sistemose, bei lengva eksploatacija, mažai reikalaujanti priežiūros. Dabar yra teigiama, kad SGT yra aukštos kokybės ir turintys komercinį patrauklumą, nes tokie transformatoriai yra paprasti ir efektyvūs. Tokie transformatoriai gali būti instaliuojami pavojingiausiose sąlygose, be to yra informacijos apie taupymo potencialą. Reklamose nemažai skelbiama apie SGT privalumus, bet apie juos pačius specialistams bei suinteresuotiems žmonėms informacija yra padirka, išmėtyta arba iš vis jos nepateikiama.

Šis darbas skirtas surinkti informacija apie SGT į vieną darbą ir atlikti SGT efektyvumo palyginimą prieš įprastus ALT. Tyrėtajame darbe padarytos išvados gali pakeisti sampratą apie sausos galios transformatorius ir jų panaudojimą Lietuvos elektros tinkluose.

11.2. Tyrimo eiga:

1. Esamo tinklo analizė (transformatoriaus ir tinklo sąnaudos);
2. Tinklas su SGT paskaičiavimas (transformatoriaus ir tinklo sąnaudos);
3. Palyginimas dviejų tinklo sistemų;
4. Tinklų pinigine išraiška;
5. Tyrimo išvados

12. ĮVERTINIMO STUDIJOS

Energijos suvartojimas lyginant sausus transformatorius ir alyvinius transformatorius palyginimas 12.1. lentelėje.

12.1. lentelė

Alyvinio/skysto tipo (trifazis)				Sauso tipo			
KVA	neapkrautas (W)	Pilnai apkrautas (W)	Iš viso (W)	KVA	neapkrautas (W)	Pilnai apkrautas (W)	Iš viso (W)
500	1330	3600	4930	500	2400	7600	11400
750	1760	6140	7900	750	3000	12000	16700
1000	2020	6700	8720	1000	3400	13000	19400
1500	2810	11070	13880	1500	3500	18000	23000
2000	3390	12920	16310	2000	5400	21000	29400

Palyginkime pinigine išraiška:

2000 kVA alyvinio tipo transformatorius (iš lentelės) matome, kad pilnai apkrautas jis sunaudoja 16,310 kW elektros energijos, o 2000 KVA sauso tipo transformatorius sunaudoja 29,400 kW elektros energijos. Tai gauname, kad $29,400 - 16,310 = 13.09 \text{ kW}$ elektros energijos sąnaudoms pasiima sauso tipo transformatorius. Ta energija sunaudojama transformatoriaus aušinimui. Per metus susidaro, kad $8760 \text{ valandos/metai} * 13,09 \text{ kW} * 0.07 \text{ Lt (pelno kaina) 1 kW/valanda} = \mathbf{8026 \text{ Lt}}$ nuostolių, kuriuos reikia padengti.

12.1 Taupymo potencialas:

- SGT reikalinga minimali priežiūra (nėra alyvos);
- įrengiant SGT išnaudojamos maksimaliai patalpos (nenaudojamuose patalpose galima įrengti transformatorinę);
- elektros energija taupoma per linijos nuostolius (tarp maitinimo šaltinio ir apkrovos atstumas suminimizuotas);
- aptarnaujant (SGT detalių bagažas minimalus, nėra alyvos).

13. DETALUS TYRIMAI

Elektros tinklai turi būti projektuojami ne trumpesnei kaip 10 metų laikotarpiui. Parenkant linijų trasas, transformatorinių pastatų pastatymo vietas, skaičiuojant kitus tinklo parametrus būtina įvertinti tinklo išplėtimo galimybes visam tinklo eksploatacijos laikotarpiui.

Skirstomuosiuose tinkluose, kaip taisyklė, rekomenduojamos vieno transformatoriaus transformatorinės. Dviejų transformatorių transformatorinės įrengiamos tik pagrindus tai ekonominiai skaičiavimais, arba atsižvelgiant į vartotojų pareikštus papildomus elektros energijos tiekimui patikimumo reikalavimus. Kaimo vietovėse paprastai rekomenduojamo supaprastinto tipo stulpinės transformatorinės.

13.1. Metodika

1. Galios skaičiuojamosios taško vertė:

$$\Delta P_{\text{lin}} = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_1^2} r_{\text{lin}};$$

ΔP_{lin} - Skaičiuojamos linijos (nuostoliai) sąnaudos;

P_1 - Linijos aktyvi galia;

Q_1 - Linijos reaktyvi galia;

U_1 - Linijos įtampa;

r_{lin} - Linijos varža;

2. Kapitalo kaina:

$$C_c = \frac{C_p r}{100} \cdot \left[\frac{\text{kaina}}{\text{metai}} \right]$$

C_p – pirkimo kaina;

p - Materialinio susidomėjimo reitingas procentais;

q – Nuvertėjimas per metus.

3. Nuvertėjimas faktorius:

$$r = \frac{pq^n}{q^n - 1};$$

4. Materialinio susidomėjimo faktorius:

$$q = \frac{p}{100} + 1;$$

5. Kaina be transformatoriaus sąnaudų:

$$C_{p0} = C_e 8760 \text{ val./metai } P_0; \left[\frac{\text{kaina}}{\text{metai}} \right]$$

$$C_e - \text{elektros energijos kaina} \left[\frac{\text{kaina}}{\text{kWh}} \right];$$

$$P_0 - \text{Tr. galia [kW];}$$

6. Kaina įvertinant transformatoriaus sąnaudas:

$$C_{pk} = C_e 8760 \text{ h/metais } \alpha^2 P_k; \left[\frac{\text{kaina}}{\text{metai}} \right]$$

$$\alpha - \text{konstanta};$$

$$P_k - \text{vario nuostoliai [kW];}$$

7. Eksploatacijos kaina:

$$C_D = C_d (P_0 + P_k); \left[\frac{\text{kaina}}{\text{metai}} \right]$$

$$C_d - \text{remonto kaina} \left[\frac{\text{kaina}}{\text{kW metai}} \right];$$

13.2. Tyrimas ALT ir SGT galimybių panaudojimas rajone

- 0,4kV tinklo rekonstrukcija vienoje iš rajono gyvenviečių.
- Esamos 10kV OL L-200.
- Elektros energijos vartotojams priskirti po 5 kW galios, bendra galia 200 kW.
- Transformatorius - 160kVA.

13.2.1. Esamo kaimo padėties aprašymas

Tiriamo darbo rajone problemos: laidų skersmuo per mažas dabartiniam elektros energijos poreikiams, įrengti senos kartos elektros įrenginiai, kabeliai, laidai. Dėl prastos elektros dažnai neveikiai – genda sudėtingesni elektroniniai prietaisai, mirga apšvietimo lemputės.

Pakeitus esamą tinklo sistemą smarkiai sumažėtų eksploatacinės išlaidos tinklo remontui. Gyventojai gaus kokybišką elektros energiją. Turės patikimą elektros energijos tinklą: galės jungti kompiuterius, įvairių technologinio proceso naudojamą gyvulininkystėje – pienininkystėje valdymo įrangą. Pagerės žmonių gyvenimo lygis. Elektros tinklą aptarnaujantis personalas lengviau atliks tinklo priežiūrą, žymiai sumažės gedimų dėl pasenusių įrenginių.

13.2.2. Tiriamo gyvenamo rajono elektros vartotojų charakteristika

Didžioji dauguma tai eiliniai kaimo gyventojai. Jie neturi įmantrių, daug galios vartojančių prietaisų. Šildosi kietu kuru. Elektros energija jiems reikalinga apšvietimui, šaldytuvui, pašaro ruošimo kombainams ir keliems buitiniams prietaisams.

Parduotuvės ir kelios didelės pažangios sodybos naudoja daugiau elektros energijos. Parduotuvėje nuolat dirba 3-5 šaldytuvai 600-1000W galios. Du kartus per dieną būna įjungiami elektrinė duonos kepimo krosnis (iš ryto ir per pietus) 4kW galios. Didelėms sodyboms užsiimančioms intensyvia gyvulininkyste – pienininkyste reikia daugiau galios: Apšvietimas (vidus 2kW, laukas 0.5kW), siloso kombainas 2kW, mėšlo šalinimo įrenginys 3kW, šaldytuvai 3kW, ventiliacija 0.5kW, ūkinio pastato įrenginiai 1kW. Valdiška įstaiga – seniūnija turinti savo darbo valandas 7:00 – 18:00 vartoja elektros energiją tomis valandomis. Čia veikia daugiausia būtinieji prietaisai, apšvietimas.

Kiekviena elektros vartotojų grupė vartoja ~1kW įvairiems nedidelės galios elektriniams aparatams.

Metinis tiriamo gyvenamo rajono apkrovų grafikas pavaizduotas 13.1.pav.

Pastotis buvo suprojektuota pagal ALT reikalavimus kaip galima arčiau apkrovos centro. Buvo galima arčiau centro įrengti pastotį, bet ten aplink yra privati žemė ir savininkai nepageidauja įsileisti kad ir nedidelį, bet papildomą statinį į savo žemę.

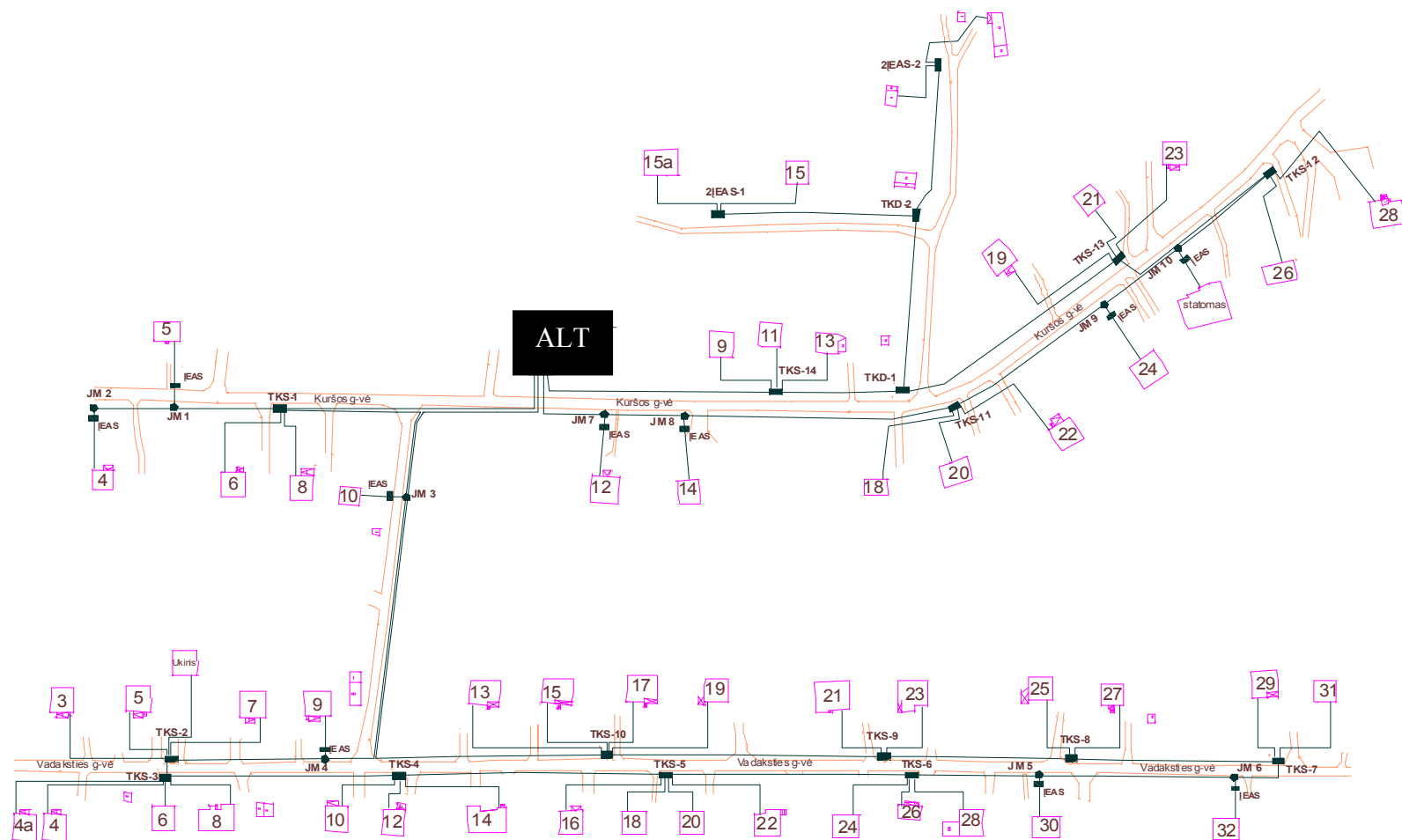
(EĖT 1.2.5.) Kraštovaizdžio, aplinkosaugos ir ūkinės veiklos gerinimo sumetimais pirmenybė turi būti teikiama 0.38-10kV įtampos požeminėms kabelių linijoms.

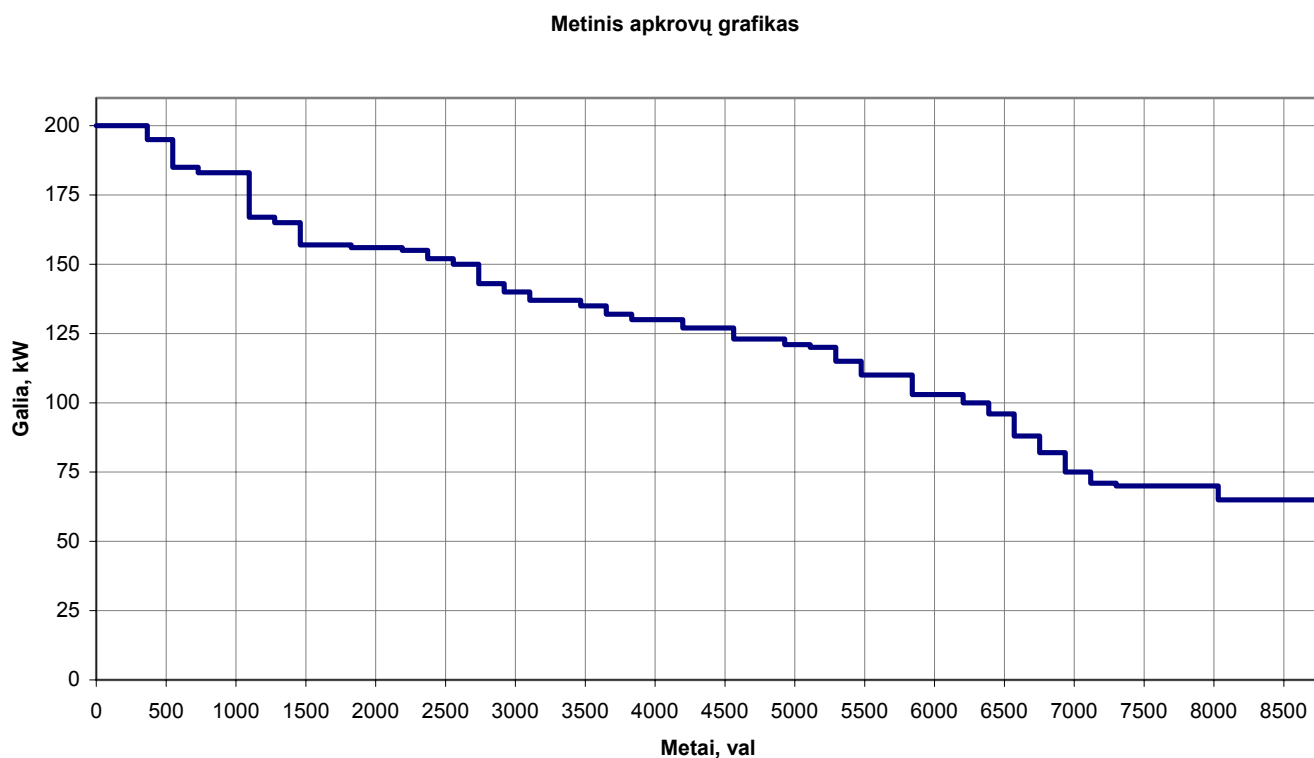
0,4kV skirstomasis tinklas suprojektuotas kaip kabelinis tranzitinis tinklas su TKS, kuri turi galimybę atjungti vieną ar kitą kabelį (EĖT 1.2.2.). Taip pat tokios pat spintos pagalba tinklas bus žieduojamas. Žiedavimui vieta parinkta tokia, kurioje įtampos kritimai iš vienos pusės ir iš kitos yra lygūs. Kabelio klojimui buvo iškastos tranšėjos. Susikirtimuose su kitomis komunikacijomis kabelis pervertas į vamzdį. Nuo kitų organizacijų paklotų kabelių (telekomas) yra išlaikyti minimalūs 0,5m atstumai. Priartėjus arčiau kaip 2m prie medžių kabeliai įverti į vamzdžius.

Tranšėja iškastos 0,7 – 0,8m gylyje ir yra uždengtos keraminėmis gaubėmis ir signaline juosta. Kertant gatves ir įvažiavimus kabeliai pakloti 1m gylyje, bei įverti į vamzdį.

Gatvės apšvietimo šviestuvų požeminiai kabeliai pakloti tose pačiose tranšėjose.

Tiriamo rajono su ALT planas





13.1. grafikas. Metinis apkrovų grafikas tiriamo darbo rajone

13.2.3. Pastočių vieta

Dabartinė pastotis stovi apkrovos centre, Valstybinėje žemėje. Galima būtų pastatyti arčiau gyvenvietės centro, bet ten aplink yra privati žemė ir savininkai nepageidauja įsileisti, kad ir nedidelį, bet papildomą statinį į savo žemę.

Transformatorius yra 160 kVA galios. Žiemą kai apkrovimas transformatoriaus didžiausias, bet aplinkos temperatūra žema transformatorių galima apkrauti iki 140% t.y. iki 224 kVA.

13.2.4. Gatvių apšvietimas

Metaliniai stulpai su šviestuvais pastatyti vienoje gatvės pusėje kas 20m.

Šviestuvą maitinti atvestas aliuminis $4 \times 16 \text{ mm}^2$ kabelis. Pastotyje įrengtas šviestuvų valdymo blokas (VB), kuriame yra laikrodis ir foto elementas. Foto elementas reguliuoja šviestuvų įsijungimo laiką pagal apšvietumą, o laikrodžio pagalba reguliuojasi degančių šviestuvų kiekis paros bėgyje.

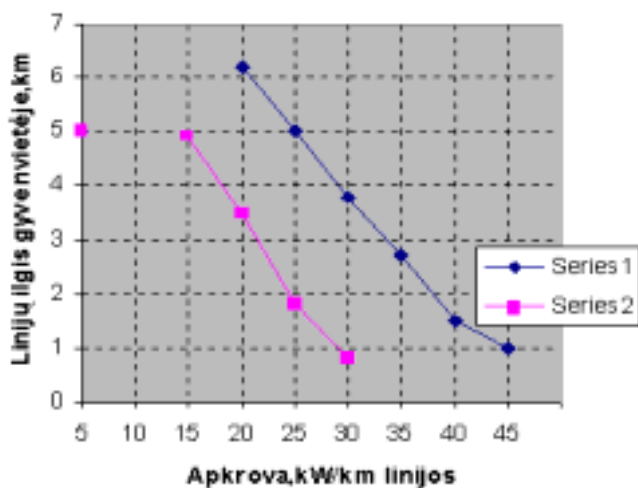
Pagrindinė apkrovos charakteristika ieškant optimalaus transformatorinių skaičiaus ir jų galimumo gyvenvietėse tikslinga priimti lyginamąją apkrovą tenkančią linijos ilgio vienetui – vienam km linijos.

13.2.5. Galimybės ALT

Stulpinių mažos galios transformatorių panaudojimo galimybės kaimo gyvenvietėse yra labai ribotos. Pagrindinė to priežastis yra ta, kad, esant dideliame gyvenviečių užstatymo tankiui, linijose reikia įrengti daug tokių transformatorių. Netgi panaudojant 10 kV linijose praeinančiose gyvenviečių ribose didžiausius Lietuvoje leidžiamus tarp atramius lygius 100 m, 1 km ilgio linijos ruože reikia įrengti 10 stulpinių transformatorių. Įvertinus tai, kad kiekviena transformatorinė turi pastovią, nuo galios nepriklausančią kainos dedamąją, o taip pat ir tai, kad bendroji transformatorių galia, dėl padidėjusio vartotojų dalyvavimo transformatorinės maksimume koeficientu, esant mažos galios transformatoriams daug padidėja, išlaidos įrengti stulpines transformatorines gyvenvietėse labai išauga. Kad sumažinti išlaidas transformatorinėms, jos turi būti naudojamos labai suprastintos konstrukcijos, kuriose transformatoriai montuojami betarpiškai ant 10 kV oro linijos atramų ir kuriose atsisakoma žemos įtampos skirstomosios spintos. Naudojant tokios konstrukcijos transformatorinėse hermetinius transformatorius jų eksploatacija labai suprastėja, o tai įgalina sumažinti transformatorių eksploatacines išlaidas ir amortizacinius atskaitymus iki 5–6% per metus.

12.1. Pav. pateikta kreivės skiriančios zonas kuriose, miesteliuose ir stambesnėse gyvenvietėse, tikslinga įrengti 1, 2 ir 3 transformatorines. Zonas skiriančios kreivės paskaičiuotos pagal išlaidų lygybes sąlyga

$$Z_1 = Z_2 \text{ ir } Z_2 = Z_3$$



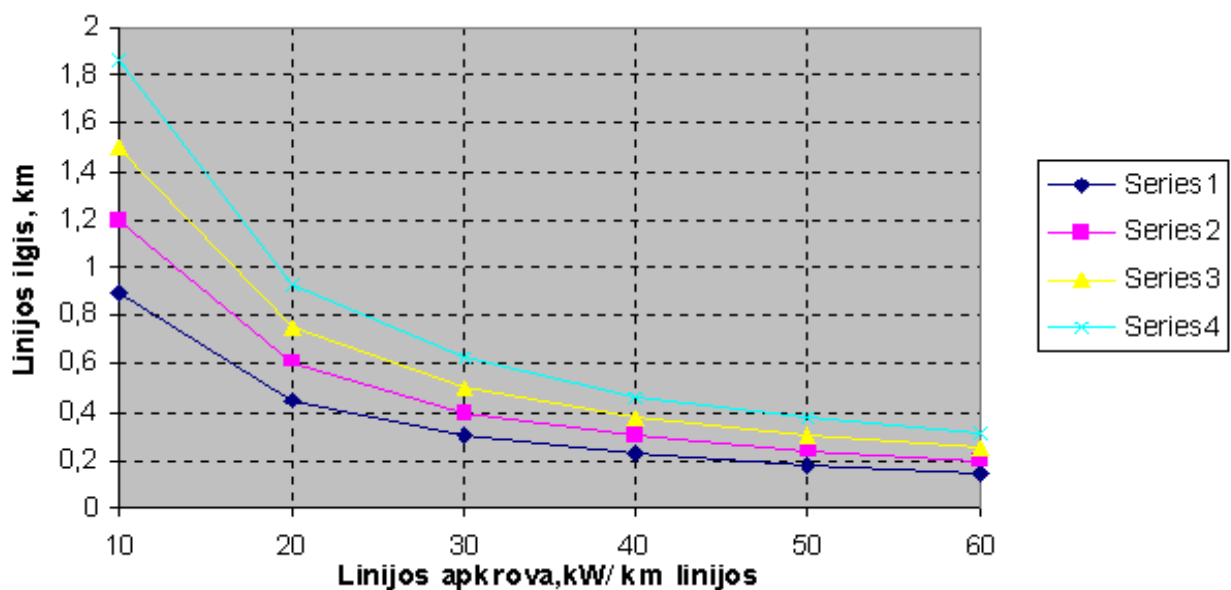
12.1.pav. Transformatorinių naudojimo zonos kaimo gyvenvietėse

Kaip matyti iš pateiktų kreivių, vidutinio dydžio gyvenvietę ($L_z=3$ km) maitinti iš vieno transformatoriaus tikslinga kol lyginamoji apkrova yra ne didesnė kaip $p_0=23$ kW/km ir maitinti iš trijų transformatorių – kai apkrova $p_0 \leq 35$ kW/km. Didelėse gyvenvietėse ($L_z=5,0$ km) jau esant apkrovai $p_0=15$ kW/km tikslinga naudoti dvi transformatorines ir esant apkrovai $p_0=27$ kW/km – tris transformatorines. Mažose gyvenvietėse ($L_z=1,2$ km) viena transformatorinė ekonomiškai, kol apkrova $p_0 \leq 27$ kW/km ir trys transformatorinės, kol apkrova $p_0=42$ kW/km.

Optimali transformatorinės galia nagrinėta gyvenviečių dydžio kitimo ribose kinta nedaug ir vidutiniškai ją galima priimti lygią 63 kVA.

Pradiniam statybos etape 0,4 kV linijų laidų skerspjūvį riboja arba įtampos nuostolių dydis, arba kilpos “fazė–nulis” varža (tik naudojant 35 ir mažesnio skerspjūvio laidus). Vėliau išaugus apkrovoms naujos transformatorinės statomos ekonomijos sumetimais. Optimalus 0,4 kV linijų magistralinių ruožų skerspjūvis kaimo gyvenvietėse yra 50 arba 70 (didelėse gyvenvietėse) mm².

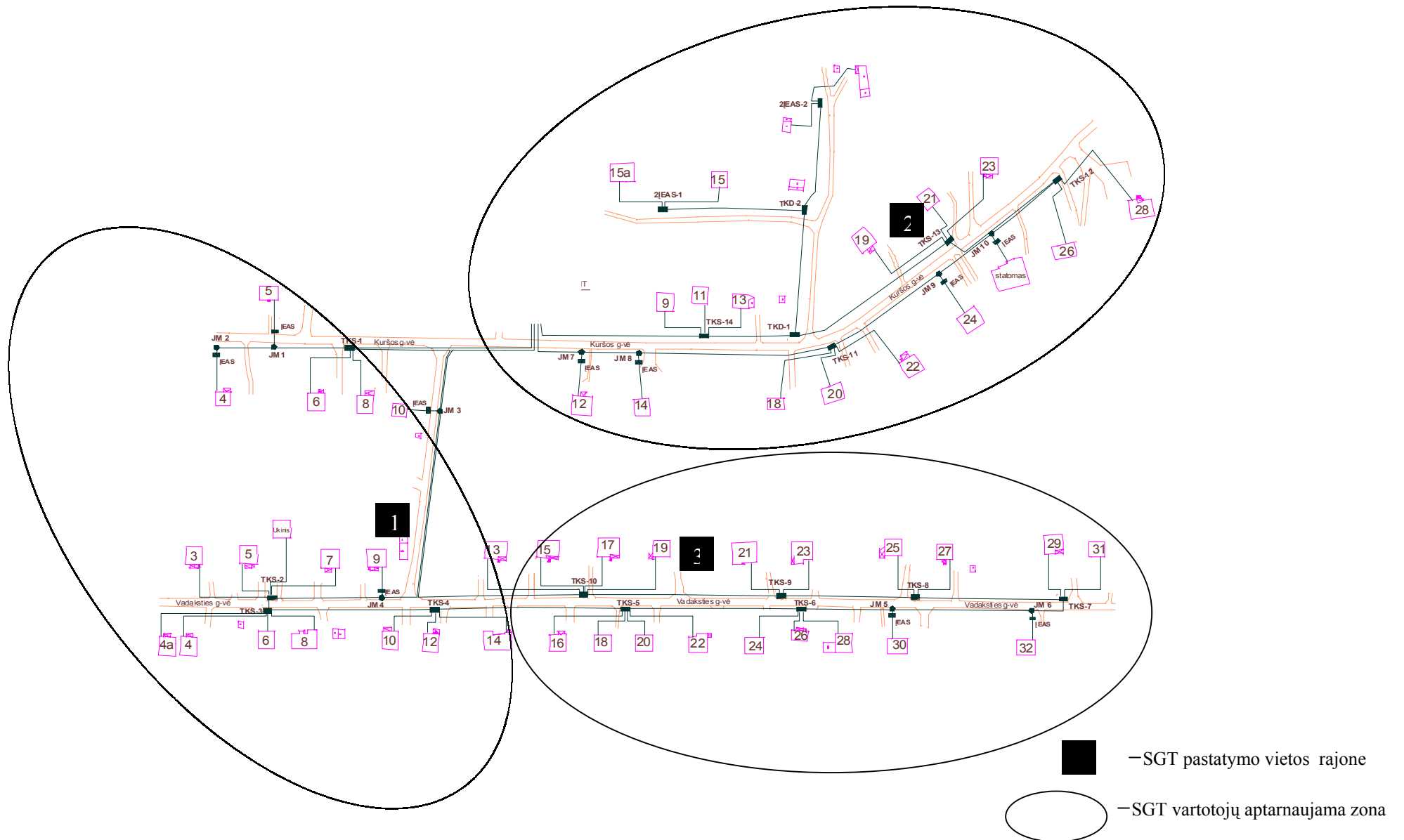
13.2. Paveiksle yra pateiktos kreivės, rodančios maksimalų 0,4 kV įtampos linijos ilgį renkant aliumininius laidus pagal leistinus įtampos nuostolius, lygius 5% vardinės įtampos, priėmus, kad apkrova linijoje yra tolygiai paskirstyta.



13.2. pav. Maksimalaus 0,4 kV linijų ilgio priklausomybė nuo tolygiai paskirstytos apkrovos dydžio, kai įtampos nuostoliai 5%

Visa turima informacija mus verčia ieškoti optimaliausių variantų. Tai bandome atlikti su naujos kartos SGT gyvenamame rajone. Gyvenamo rajono transformatorinių pastočių vietų išdėstymas parodytas rajono tyrimo su SGT plane.

Rajono tyrimas su SGT planas



Nuo TP vietos mikrorajone priklauso žemosios įtampos 0,38/0,22 kV linijų ilgis, tuo pačiu ir statybos išlaidos bei energijos nuostoliai skirstomuosiuose tinkluose. Optimali TP vieta parenkama pagal elektros apkrovų kartogramą. Elektros apkrovų kartograma -tai elektros energijos vartotojų teritorinis išdėstymo planas. Dažniausiai elektros apkrovų kartograma vaizduojama apskritimais. Apskritimo centras sutapdinamas su vartotojo elektros apkrovos centru (pastatų apkrovos centras - įvadinio įrenginio vieta).

Tiriamo gyvenamo rajono tyrimo gauti rezultatai 13.1. lentelėje .

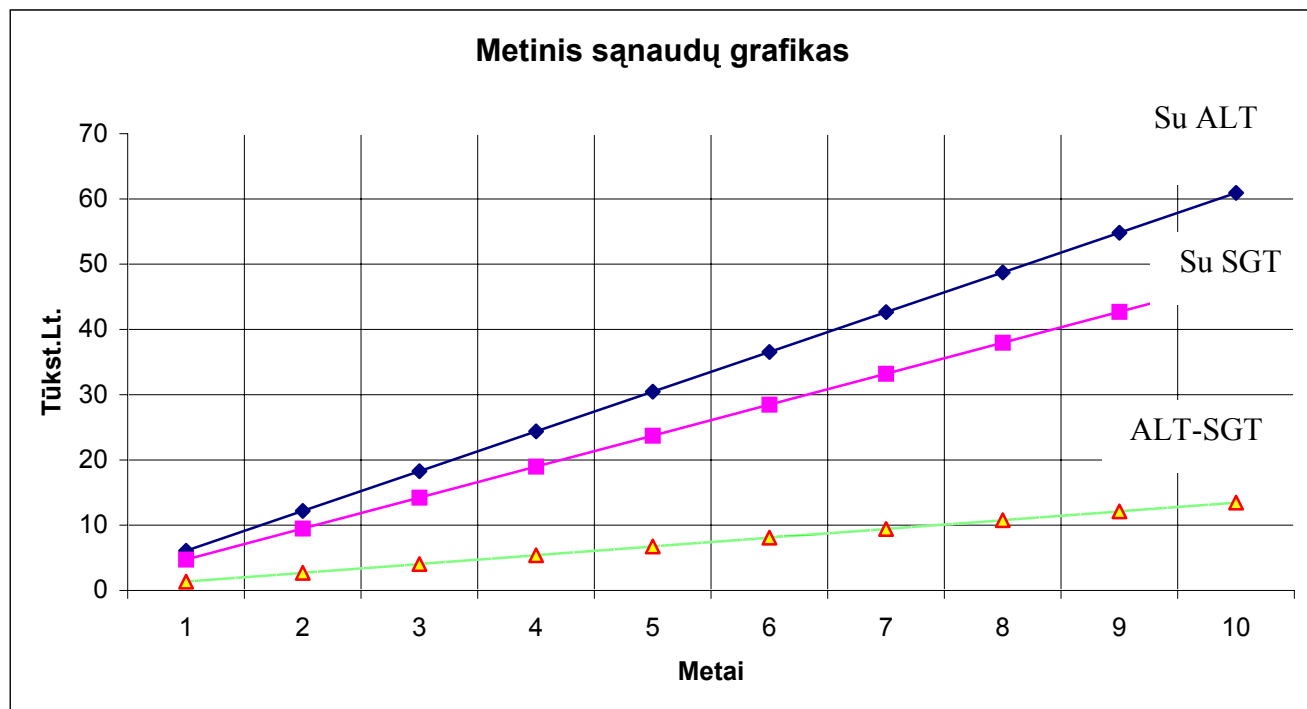
13.1. lentelė

ALT		SGT	
Galia	200 kW	Galia	200 kW
Sąnaudos per metus (tinkluose be Tr.)	4989 Lt	Sąnaudos per metus (tinkluose be Tr.)	2722 Lt
Tr. Sąnaudos per metus	1103 Lt	Tr. Sąnaudos per metus	2023 Lt
Iš viso sąnaudų	6092 Lt	Iš viso sąnaudų	4745 Lt
Tr. Kaina (160/10)	8845 Lt	Tr. Kaina (100/10)	11043 Lt – 1 vnt. 33130 Lt – 3 vnt.
0,4 kV kabelio paklojimo darbų kaina	1728 Lt	0,4 kV kabelio paklojimo darbų kaina	943
10 kV kabelio paklojimo darbų kaina	50 Lt	10 kV kabelio paklojimo darbų kaina	120 Lt
Tr. įrengimas	196 Lt	Tr. įrengimas	196 Lt – 1 Tr. 588 Lt – 3 Tr.
Iš viso tinklo įrengimui	10819 Lt	Iš viso tinklo įrengimui	34781 Lt.

PASTABA: Paskaičiavimai lentelėje atlikti, kai transformatorius yra pilnai apkrautas. Čia nėra įvertinta TP statybą, transformatorių eksploatacija. Alyvos kaina litras- 3 litai, bet jos priežiūros išlaidos pasižymi tik virš 1000kVA transformatorių galios. Mažesnės galios transformatorinė alyva yra papildama iki reikiamo transformatoriuje lygio tokiu atveju kai jos trūksta (praleidžia tarpines, bėga prakiurus transformatorių korpusui ar kai alyva yra pavagiama). Tiriamajame darbe žemė yra privati ir priimti transformatorių į savo kiemą savininkas nenorės.

Tiriant rajono gyvenamą kvartalą su SGT rezultatas rodo, kad per metus galima sutaupyti apie 1 tūkst.Lt. Gauti rezultatai rodo, kad su dabartiniu ALT smarkiai konkuruoti negali SGT, nors ir per nuostolius linijose yra sutaupoma per metus iki 1000 Lt su SGT, bet nepakankamai, kad atsvertu esančio

ALT dabartinę finansinę būklę. Kaip matome rajone yra paskaičiuoti trys SGT, kurie susumavus keturis kartus yra brangesni nei vienas ALT. SGT atsipirkimo laikas yra ilgesnis nei 10 metų, tai per ilgas laikas, kad pateisintų jų naudojimą šiame rajone (13.1. pav).



13.1. pav. Metinis sąnaudų grafikas SGT ir ALT tirtame rajone

13.2.6. SGT PANAUDOJIMO GALIMYBIŲ TYRIMO RAJONE IŠVADA

Tyrimas rodo, kad atlikus tyrimą rajone, rezultatai rodo, kad keisti dabartinius transformatorius nereikia, nes SGT atsipirkimo laikas per ilgas. Rezultatas būtų geras, jei atstumai ar galios poreikis elektros energijos vartotojų būtų didesnis. ALT galima keisti šiuo atveju neapsimoka, bet jei juos projektuojant įdiegti naujuose ūkiuose, t.y. stambiems vartotojams maksimaliai priartinant transformatorius prie vartotojų. Be to transformatoriaus patalpas integruojant jau esamose pastatuose arba naujai projektuojamuose pastatuose. Taupymo efektas būtų žymiai didesnis.

Manytume, jei nėra alyvos, tai visos problemos su alyvos priežiūra atkrinta. Šiam atvejui alyvos priežiūra didelių išlaidų eksploatuojant alyvinius transformatorius nesudaro dėl transformatoriaus konstrukcijos patikimumo.

13.3. Tyrimas ALT ir SGT galimybių panaudojimas mieste

Šiaulių miesto viena iš pastočių transformatorius aptarnauja 12 elektros energijos vartotojų:

- Bendras jų galingumas 1320 kW;
- Transformatoriaus tipas TM-630/10;
- Atstumas nuo TP iki vartotojų - iki 400 metrų.

Elektros tiekimo sistema vadinama įvairių lygių įtampų elektros įrenginių, skirtų aprūpinti vartotojus elektros energija, visuma. Pagal miesto dydį, jo pramonės potencialą ir plėtros perspektyvas, miestų elektros tiekimo sistemos gali būti įvairios, tačiau yra keletas bendrų principų, kurių būtina laikytis projektuojant kiekvieno miesto elektros tiekimą.

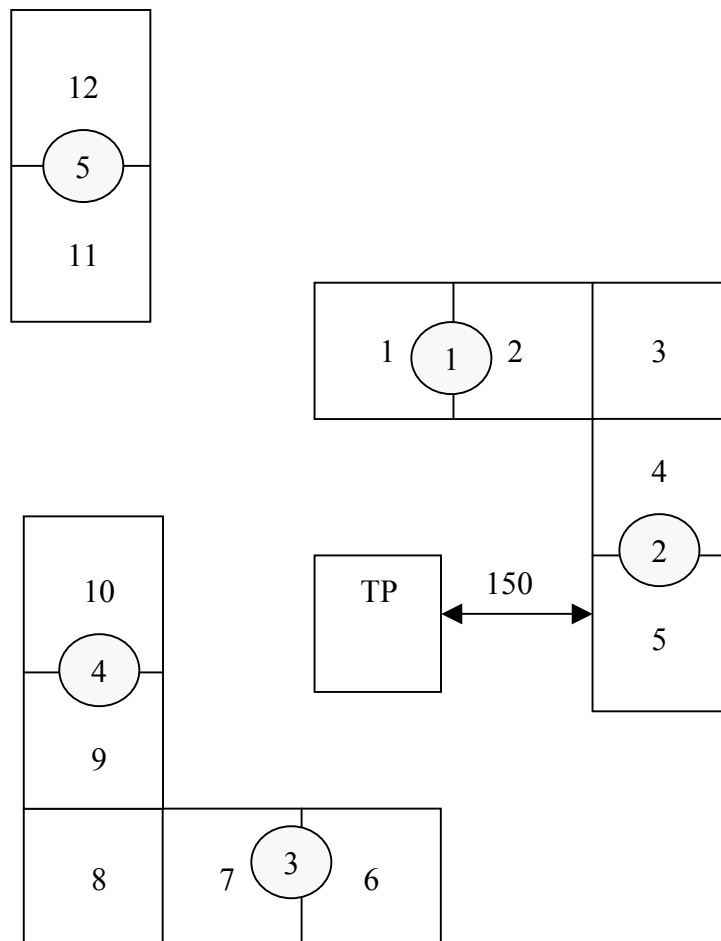
Pradinė sąlyga sudarant elektros tiekimo schemą yra vartotojų galia ir jų esami maitinimo šaltiniai. Pagal elektros energijos vartotojų charakteristikas nustatomi elektros tiekimo patikimumo, rezervavimo dydžio, automatikos naudojimo reikalavimai. Stambūs vartotojai ir jų išdėstymas teritorijoje sąlygoja elektros tinklų konfigūraciją, giliųjų įvadų naudojimą.

Miesto elektros tiekimo šaltiniais laikoma tiek krašto energetikos sistema, tiek ir miesto įmonių nuosavos elektrinės. Pagal juos parenkami miesto elektros tiekimo sistemos įtampų lygiai ir transformacijų skaičius. Sudarant miesto elektros tiekimo sistemą taip pat turi būti atsižvelgiama į įtampos reguliavimo galimybę, patikimumą dirbant remonto, avariniu ir poavariniu režimais.

Miestuose daugiausia naudojamos oro ir kabelinės elektros perdavimo linijos. Kabelinės linijos naudojamos daugiaaukščių namų mikrorajonuose, oro linijos - individualių namų mikrorajonuose ir smulkiose gyvenvietėse. Tačiau oro linijos draudžiamos mokyklų, stadionų ir pan. teritorijose. Šiame kvartale yra daugiabučiai gyvenamieji namai ir parduotuvė su kavine. Elektros energija vartotojams tiekiamas požemine kabeline elektros linija.

Daugiaaukščių gyvenamųjų namų mikrorajonuose buvo praktikuojama kloti inžinerinius tinklus pusiau arba pereinamuosiuose kanaluose, pastatų rūsiuose arba šalia pastatų. Mažos įtampos elektros kabelius kloja atskirose tranšėjose.

13.3.1. Tiriamo darbo elektros energijos vartotojų (pastatų) išsidėstymo planas



TP – Transformatorinė pastotos su ALT TM-630/10;

1...12 – vartotojai, kurių bendra galia 1320 kW;

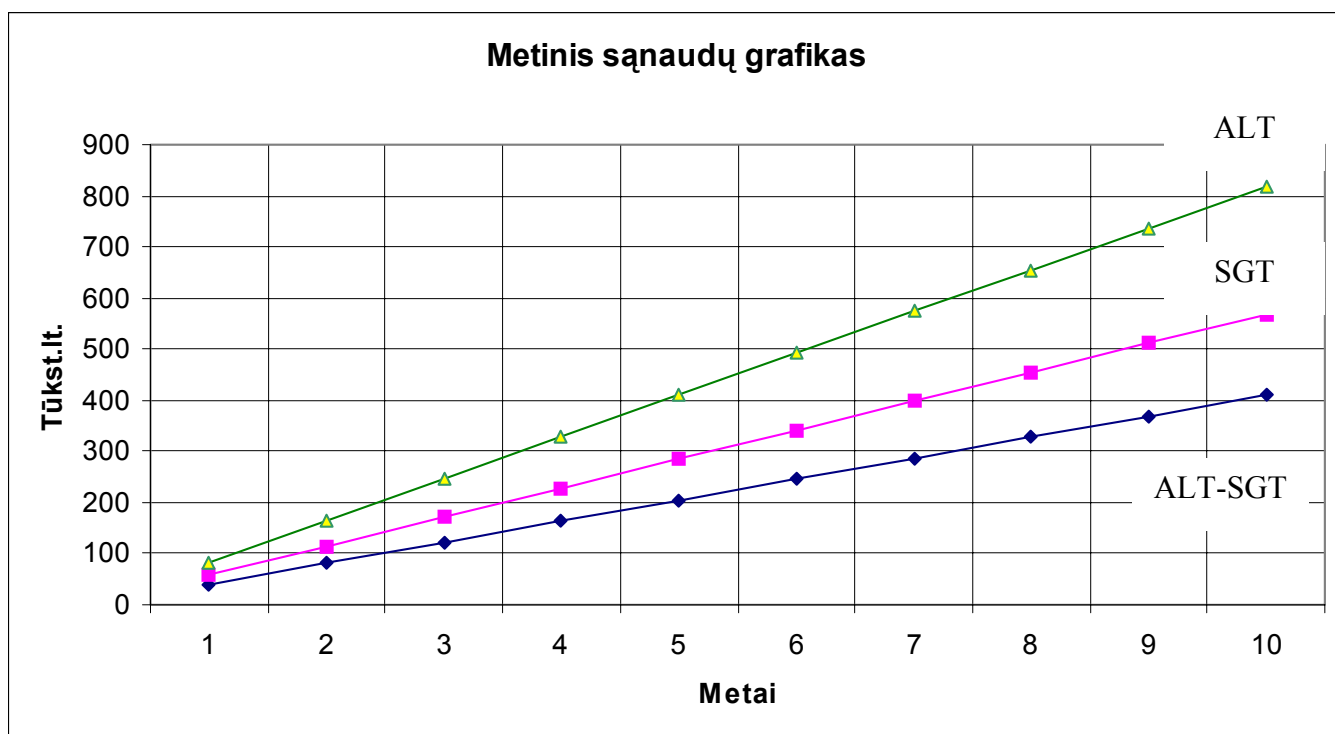
SGT - SGT parinktos vietos.

Tiriamą miesto gyvenamą kvartalą gautų rezultatų rezultatai pateikti 13.2. lentelėje.

12.2. lentelė

ALT		SGT	
Galia	1320 kW	Galia	1320 kW
Sąnaudos per metus (tinkluose be Tr.)	37086 Lt	Sąnaudos per metus (tinkluose be Tr.)	8167 Lt
Tr. Sąnaudos per metus	3863 Lt	Tr. Sąnaudos per metus (5 vnt. Tr. suma)	7665 Lt
Iš viso sąnaudų	40949 Lt	Iš viso sąnaudų	15832 Lt
Tr. Kaina (630/10)	17495 Lt	Tr. Kaina (160/10)	11498Lt – 1 vnt. 57492 Lt – 5 vnt.
0,4 kV kabelio paklojimo darbų kaina	1530 Lt	0,4 kV kabelio paklojimo darbų kaina	346 Lt
10 kV kabelio paklojimo darbų kaina	514 Lt	10 kV kabelio paklojimo darbų kaina	616 Lt
Tr. įrengimas	196 Lt	Tr. įrengimas	196 Lt – 1 Tr. 980 Lt – 5 Tr.
Iš viso tinklo įrengimui	19735 Lt	Iš viso tinklo įrengimui	59434 Lt.

PASTABA: Paskaičiavimai lentelėje atlikti, kai transformatorius yra pilnai apkrautas. Nėra įvertinta TP statybų, eksploatacija (nėra alyvos, visos problemos priežiūra su alyva atkrinta).



13.2. pav. Metinis sąnaudų grafikas SGT ir ALT tirtame miesto kvartale

12.3.2. SGT PANAUDOJIMO GALIMYBIŲ TYRIMO MIESTE IŠVADA

Gauti rezultatai rodo, kad su SGT per sąnaudas linijose galima sutaupyti per metus iki 25 tūkst. Lt. SGT sąnaudos didesnės nei ALT, bet per linijos sąnaudas yra sutaupoma žymiai daugiau nei SGT sąnaudos, todėl vertėtų į tai atkreipti dėmesį. SGT šiame darbe buvo paskaičiuoti penki ir jie atsipirktų per 3-5 metus priklausomai nuo apkrovos. Tai tikrai geras rezultatas.

Tyrimas rodo, kad tiriamam miesto kvartale keisti dabartinius transformatorius reikia. Rezultatai rodo, kad jie yra efektyvus. Su SGT galima sumažinti elektros linijos atstumus iki kelių kartų, todėl elektros linijų sąnaudos sumažėja kelis kartus. Be to šie transformatoriai yra nesprogūs, ekologiški bei įrengimo vieta yra nematoma miesto aplinkoje. Taip galima mieste atsisakyti papildomų statinių kurie gadina, užima mieste esančią brangią žemę.

14. SGT PANAUDOJIMO GALIMYBIŲ TYRIMO IŠVADOS

1. Lietuva nėra didelė valstybė, o joje sukurta sistema buvo tenkinti didele valstybe, todėl ir per daug nesistengiant Lietuvai užtenka Elektros energijos vidiniams poreikiams tenkinti bei elektros tinklas išvystytas ne pagal mūsų apkrovas. Dabar tik reikia stengtis modernizuoti, rekonstruoti elektros tinkle, kad išlaidos būtų kuo mažesnės remontui, aptarnavimui, nuostoliams.

Energetika yra pelningas verslas, buvo visais laikais ir ateityje tokia ir išliks. Dabartinis pasaulis be elektros energijos neišsivaizduojamas.

2. SGT yra naujos kartos transformatoriai, todėl jie sudaro galimybę ne tik sutaupyti elektros energiją per nuostolius, bet ir turi papildomai daug teigiamų savybių. Aptarnaujamus transformatorius lengviau galima užtikrinti jų priežiūra bei kontroliuoti jų būklę. Tokie transformatoriai nepakeičiami naudojant juos aukštuose gyvenamuosiuose ir administraciniuose pastatuose, ligoninėse, prekybos centruose ir požeminiuose metro – visur, kur reikia užtikrinti, kad elektros įrenginiai nesukels gaisro.

Tai naujos kartos įrenginys, kuris tinka šio amžiaus energetikos sistemai - saugumo, aplinkosaugos bei strateginiu požiūriu naudoti juos vietoj įprastų senų alyvinių transformatorių.

3. Kiekvienam atvejui yra skirtingas gaunamas rezultatas, todėl projektuojant reikia paskaičiuoti kiekvienam atvejui atskirai. Nes duomenys kiekvienu atveju skiriasi (aplinką).

4. Tyrimo rezultatai parodė, kad esant dideliams energijos suvartojimams yra didelis taupymo potencialas. Didelę įtaką turi atstumas tarp maitinimo šaltinio ir vartotojo 0,4 kV tinkluose. Skubėti ir griauti esamus tinklo sistemą neverta, ją reikia keisti nuosekliai pradedant nuo atitarnavusių bei naujai statomų transformatorių. Efektyviausiai yra juos naudoti naujuose statomose kvartaluose, t.y. projektuose numatant jų įrengimo vietas skiriant statomose patalpose, taip sutrumpinant atstumą nuo transformatorių iki vartotojų. Be to taip apjungiant kelis vartotojus.

5. Gedimo likvidavimui 10 kV įtampos tinkluose gedimo vietos suradimui ir pažeisto tinklo ruožo lokalizavimui tenka 30% viso gedimo likvidavimo laiko, todėl pasirinkę geresnius įrenginius mes sutaupome laiko juos aptarnaujant, pinigėlių gedimui pašalinti ir tuo pačiu turime patikimą elektros energijos tinklą. Tai realiai galima atlikti naudojant Lietuvos elektros tinkluose SGT, kur atstumai ilgi ir apkrovos didelės.

Norint efektyviai išnaudoti SGT darant projektą reikia įvertinti ne tik keliuose variantuose apskaičiuotus transformatoriaus kaštus, bet ir jo naudojimo vietą (aplinką, apkrovos pasiskirstymą, galias, atstumus ir patalpą transformatoriaus). SGT transformatoriaus sąnaudos yra didesnės lyginant su ALT, bet jų eksploatavimas, saugumas, tarša yra maža. Tai įvertinus galimą maksimaliai išnaudoti SGT turimus privalumus nuo alyvinių tipo transformatorių.

Esant didelės galios poreikiams, kur transformatoriai yra 1000kVA galios ir daugiau reikia įskaičiuoti tai, kad alyvinių transformatorių transformatorinės alyvos priežiūra yra pastovi, o tai sudaro papildomas išlaidas.

Siūlau atsižvelgti pasirenkant SGT į kainą ir atsipirkimo laiką, nes apklausos rodo (PHARE duomenys), kad transformatoriai keičiami ne dėl gedimų, o dėl strateginių paskatų.

Sausos galios transformatoriai yra dabarties ir ateities įrenginys. Jo kaina dabar yra aukštesnė 30-50 proc. už alyvinius transformatorius, bet juos naudojant toliau, praktiškai įvertinant jų privalumus, padidėjus jų gamybai, SGT kaina susilygins ar net bus mažesnė nei alyvinių transformatorių.

16. LITERATŪRA

1. Elektros įrenginių įrengimo taisyklės Vilnius 2000m.
2. Kaimo elektriko žinynas. Vilnius "Mokslas" 1989m.
3. "Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети". Москва: энергия, 1980.
4. "Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования". Москва: энергоатомиздат, 1991.
5. "Справочник по электроснабжению и электрооборудованию" Москва: энергоатомиздат, 1987.
6. Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. 384 с. Кузнецов В.С. Электроснабжение и электроосвещение городов. Минск: Высшая школа, 1989. 136 с.
7. Алексеев М.И. и др. Городские инженерные сети и коллекторы: Учеб. для вузов. Л.:
8. "Instaliacijos įrenginių katalogas"
9. Siemens Power Engineering Guide Transmission and Distribution 4th Edition
10. A. Bačauskas "Skirstomojo elektros tinklo vystymo ir valdymo strategija" 1997 m.
11. "Typical specification for epoxy cast coil dry-type transformers" Dynapower corporation
12. "Moisture assessment, ranking, and optimal dry-out of power transformers" EPRI (electric power research institute)
13. "New device for a dry type transformer protection and monitoring system" P.Werle, H.Borsi, E.Gockenbach Schering-Institute of high voltage technique and engineering University of Honnover, Germany
14. "Metered load factor for low-voltage, dry-type transformers in commercial, industrial, and public buildings" The Cadmus group, Inc.
15. "HV/LV distribution transformers" TRIHAL transformers, France transfo (group schneder);
16. "Acme dry type distribution and control transformers"
17. "Dry type transformers" DeLapp & Associates, Inc.
18. "Dry former a new type of oil-free power transformer with low environmental impact" ABB 98 year.
19. "1999 m. gamybos galios transformatoriai" D. Butauto firma "Simekla", Panevėžys
20. <http://www.amesimpex.com>
21. <http://www.atlaselectricinc.com/drytransinv.html>
22. www.ev.siemens.de
23. webmaster@alfatransformer.com